Giulia Enders



DARM MIT CHARME

Alles über ein
unterschätztes Organ



ullstein

Giulia Enders



DARM MIT CHARME

Alles über ein
unterschätztes Organ



ullstein

Das Buch

Unser Darm ist ein fabelhaftes Wesen voller Sensibilität, Verantwortung und Leistungsbereitschaft. Wenn man ihn gut behandelt, bedankt er sich dafür. Das tut jedem gut: Der Darm trainiert zwei Drittel unseres Immunsystems. Aus Brötchen oder Tofu-Wurst beschafft er unserem Körper die Energie zum Leben. Und er hat das größte Nervensystem nach dem Gehirn. Allergien, unser Gewicht und eben auch unsere Gefühlswelt sind eng mit unserm Bauch verknüpft. In diesem Buch erklärt die junge Wissenschaftlerin Giulia Enders in charmantem Ton, was die medizinische Forschung Neues bietet und wie wir mit diesem Wissen unseren Alltag besser machen können.

Die Autorin

Giulia Enders (Jahrgang 1990) forscht für ihre Doktorarbeit am Institut für Mikrobiologie und Krankenhaushygiene in Frankfurt am Main. Sie ist zweifache Stipendiatin der Wilhelm-und-Else-Heraeus-Stiftung. 2012 gewann sie mit ihrem Vortrag Darm mit Charme den 1. Preis des Science Slam in Freiburg, Berlin und Karlsruhe, der zum YouTube-Hit wurde. Giulia Enders wohnt in Mannheim und Frankfurt.

Giulia Enders

DARM MIT CHARME

Alles über ein
unterschätztes Organ

Mit Illustrationen von Jill Enders



Ullstein

Die Ratschläge in diesem Buch sind von der Autorin und vom Verlag sorgfältig erwogen und geprüft worden. Sie bieten jedoch keinen Ersatz für kompetenten medizinischen Rat. Alle Angaben in diesem Buch erfolgen daher ohne jegliche Gewährleistung oder Garantie seitens des Verlags oder der Autorin. Eine Haftung der Autorin bzw. des Verlags und seiner Beauftragten für Personen-, Sach- und Vermögensschäden ist ebenfalls ausgeschlossen.

Beschen Sie uns im Internet:
www.ullstein-buchverlage.de



Wir wählen unsere Bücher sorgfältig aus, lektorieren sie gründlich mit Autoren und Übersetzern und produzieren sie in bester Qualität.

Hinweis zu Urheberrechten

Sämtliche Inhalte dieses E-Books sind urheberrechtlich geschützt. Der Käufer erwirbt lediglich eine Lizenz für den persönlichen Gebrauch auf eigenen Endgeräten.
Urheberrechtsverstöße schaden den Autoren und ihren Werken, deshalb ist die Weiterverbreitung, Vervielfältigung oder öffentliche Widergabe ausdrücklich untersagt und kann zivil- und/oder strafrechtliche Folgen haben.
In diesem Buch befinden sich Verlinkungen zu Webseiten Dritter. Bitte haben Sie Verständnis dafür, dass sich die Ullstein Buchverlage GmbH die Inhalte Dritter nicht zu eigen macht, für die Inhalte nicht verantwortlich ist und keine Haftung übernimmt.

ISBN 978-3-8437-0711-4

© 2014 by Ullstein Buchverlage GmbH, Berlin
Umschlaggestaltung: Jill Enders
Umschlagfoto: Jill Enders

E-Book (NA A01): Pinkuin Satz und Datentechnik, Berlin

Alle Rechte vorbehalten.

Für alle alleinerziehenden Eltern, die so viel Energie und Liebe für ihre Kinder aufbringen wie unsere Mutter für meine Schwester und mich.

Und für Hedi.

Inhalt

Vorwort

1 Darm mit Charme

Wie geht kacken? – … und warum das eine Frage wert ist
- Sitze ich richtig auf dem Klo?

Die Eingangshalle zum Darmrohr

Der Aufbau des Darms
- Die »gargelige« Speiseröhre
- Das schiefe Magenbeutelchen
- Der umherschlängelnde Dünndarm
- Der unnötige Blinddarm und der pummelige Dickdarm

Was wir wirklich essen

Allergien, Unverträglichkeiten und Intoleranzen
- Zöliakie und Glutensensitivität
- Laktose- und Fruktose-Intoleranz

Eine kleine Lektüre zum Kot

2 Das Nervensystem des Darms

Wie unsere Organe das Essen transportieren
- Augen
- Nase
- Mund
- Rachen

Speiseröhre
Magen
Dünndarm
Dickdarm

Sauer aufstoßen

Erbrechen
Warum wir erbrechen und was wir dagegen tun können

Verstopfung
Abführmittel
Die Drei-Tage-Regel

Gehirn und Darm
Wie der Darm das Hirn beeinflusst
Von gereizten Därmen, Stress und Depressionen
Wo das Ich entsteht

3 Die Welt der Mikroben

Der Mensch als Ökosystem

Das Immunsystem und unsere Bakterien

Die Entwicklung der Darmflora

Die Darmbewohner eines Erwachsenen
Die Gene unserer Bakterien
Die drei Darmtypen

Die Rolle der Darmflora
Wie können Bakterien dick machen? Drei Hypothesen
Cholesterin und Darmbakterien

Übeltäter – schlechte Bakterien und Parasiten

Salmonellen mit Hüten
Helicobacter – das älteste »Haustier« der Menschheit
Toxoplasmen – angstlose Katzenpassagiere
Madenwürmer

Von Sauberkeit und guten Bakterien
Sauberkeit im Alltag
Antibiotika
Probiotika
Präbiotika

Kleines Vorwort zur Aktualisierung

Neues zur Darm-Hirn-Achse

Stimmung

Stress

Depression

Anmerkung zum Kapitel

Kluge Lust auf Sauer

Zu Hause Gemüse mit Bakterien fermentieren aka Sauerkraut machen

Dank

Wichtigste Quellen

Feedback an den Verlag

Empfehlungen

Vorwort

Ich wurde per Kaiserschnitt geboren und konnte nicht gestillt werden. Das macht mich zum perfekten Vorzeigekind der Darmwelt im 21. Jahrhundert. Hätte ich damals schon mehr über den Darm gewusst, hätte ich Wetten abschließen können, welche Krankheiten ich mal so bekommen würde. Zuerst war ich laktoseintolerant. Ich wunderte mich nie, warum ich nach meinem fünften Lebensjahr plötzlich wieder Milch trinken konnte, irgendwann wurde ich dick, dann wieder dünn. Dann ging es mir lange gut, und dann kam »die Wunde«.

Als ich siebzehn Jahre alt war, bekam ich grundlos eine kleine Wunde auf meinem rechten Bein. Sie heilte einfach nicht, und nach einem Monat ging ich zum Arzt. Die Ärztin wusste nicht wirklich, was es war, und verschrieb mir eine Salbe. Drei Wochen später war mein ganzes Bein voller Wunden. Bald beide Beine, die Arme und mein Rücken. Manchmal auch mein Gesicht. Zum Glück war es Winter, und alle dachten, ich hätte Herpes und eine Schürfwunde auf der Stirn.

Kein Arzt konnte mir helfen – es war wohl irgendwie Neurodermitis. Ich wurde gefragt, ob ich sehr gestresst sei oder ob es mir seelisch nicht gut gehe. Cortison funktionierte ein bisschen, aber sobald ich es absetzte, kam einfach alles zurück. Ein Jahr lang zog ich im Sommer wie Winter Strumpfhosen an, damit meine Wunden nicht durch die Hose nässten. Irgendwann raffte ich mich auf und begann, mich selbst schlauzumachen. Durch Zufall stieß ich auf einen Bericht über eine sehr ähnliche Hauterkrankung. Ein Mann hatte sie nach der Einnahme von Antibiotika bekommen, und auch ich hatte ein paar Wochen vor der ersten Wunde Antibiotika nehmen müssen.

Von diesem Moment an behandelte ich meine Haut nicht mehr wie die Haut eines Hautkranken, sondern wie die eines Darmkranken. Ich aß keine Milchprodukte mehr, kaum noch Gluten, nahm verschiedene Bakterien zu mir und ernährte mich insgesamt

gesünder. In dieser Zeit machte ich einige verrückte Experimente … hätte ich damals schon Medizin studiert, hätte ich mich nur ungefähr die Hälfte davon getraut. Einmal überdosierte ich mich mehrere Wochen lang mit Zink und hatte danach monatelang einen erheblich gesteigerten Geruchssinn.

Mit ein paar Kniffen bekam ich meine Krankheit letztlich gut in den Griff. Es war ein Erfolgserlebnis, und ich spürte am eigenen Körper, dass Wissen Macht sein kann. Ich fing an, Medizin zu studieren.

Im ersten Semester saß ich während einer Party neben einem Jungen, der den stärksten Mundgeruch hatte, den ich jemals gerochen habe. Es war ein ganz untypischer Geruch – nicht diese kratzigen Wasserstoffaromen von älteren, gestressten Herren oder die süßlich-fauligen Gerüche von zu viel Zucker essenden Tanten. Nach einer Weile setzte ich mich weg. Am nächsten Tag war er tot. Er hatte sich umgebracht. Ich musste immer wieder daran denken. Könnte es sein, dass ein sehr kranker Darm so übel riecht und dass so eine Erkrankung auch die Stimmung beeinflusst?

Nach einer Woche traute ich mich, mit einer guten Freundin über meine Vermutungen zu reden. Ein paar Monate später bekam diese Freundin eine heftige Magen-Darm-Grippe. Sie fühlte sich sehr elend. Als wir uns das nächste Mal sahen, meinte sie, an meiner These könnte schon etwas dran sein, denn so schlecht hatte sie sich auch psychisch schon lange nicht mehr gefühlt. Das gab mir den Anstoß, mich stärker mit dieser Thematik zu beschäftigen. Dabei entdeckte ich einen kompletten Forschungszweig, dessen Gegenstand die Verbindung von Darm und Hirn ist. Es ist ein rapide wachsendes Gebiet. Vor etwa zehn Jahren gab es nur wenige Publikationen dazu, mittlerweile sind es schon mehrere hundert wissenschaftliche Artikel. Wie der Darm Gesundheit und Wohlbefinden beeinflusst, ist eine *der* neuen Forschungsrichtungen unserer Zeit! Der renommierte amerikanische Biochemiker Rob Knight sagte in der Zeitung *Nature*, sie sei mindestens so vielversprechend wie die Stammzellforschung. Ich war in einen Bereich hineingerudert, den ich immer faszinierender fand.

Während meines Studiums merkte ich, wie stiefmütterlich dieses Gebiet in der Medizin behandelt wird. Dabei ist der Darm ein völliges Ausnahme-Organ. Er bildet zwei Drittel des Immunsystems aus, holt Energie aus Brötchen oder Tofu-Wurst und produziert mehr als zwanzig eigene Hormone. Viele Ärzte lernen in ihrer Ausbildung darüber sehr wenig. Als ich im Mai 2013 den Kongress »Microbiome and Health« (Darmbakterien und Gesundheit) in Lissabon besuchte, war die Runde überschaubar. Etwa die Hälfte kam aus Institutionen, die es sich finanziell leisten können, bei »den Ersten« dabei zu sein, wie aus Harvard, Yale, Oxford oder dem EMBL Heidelberg.

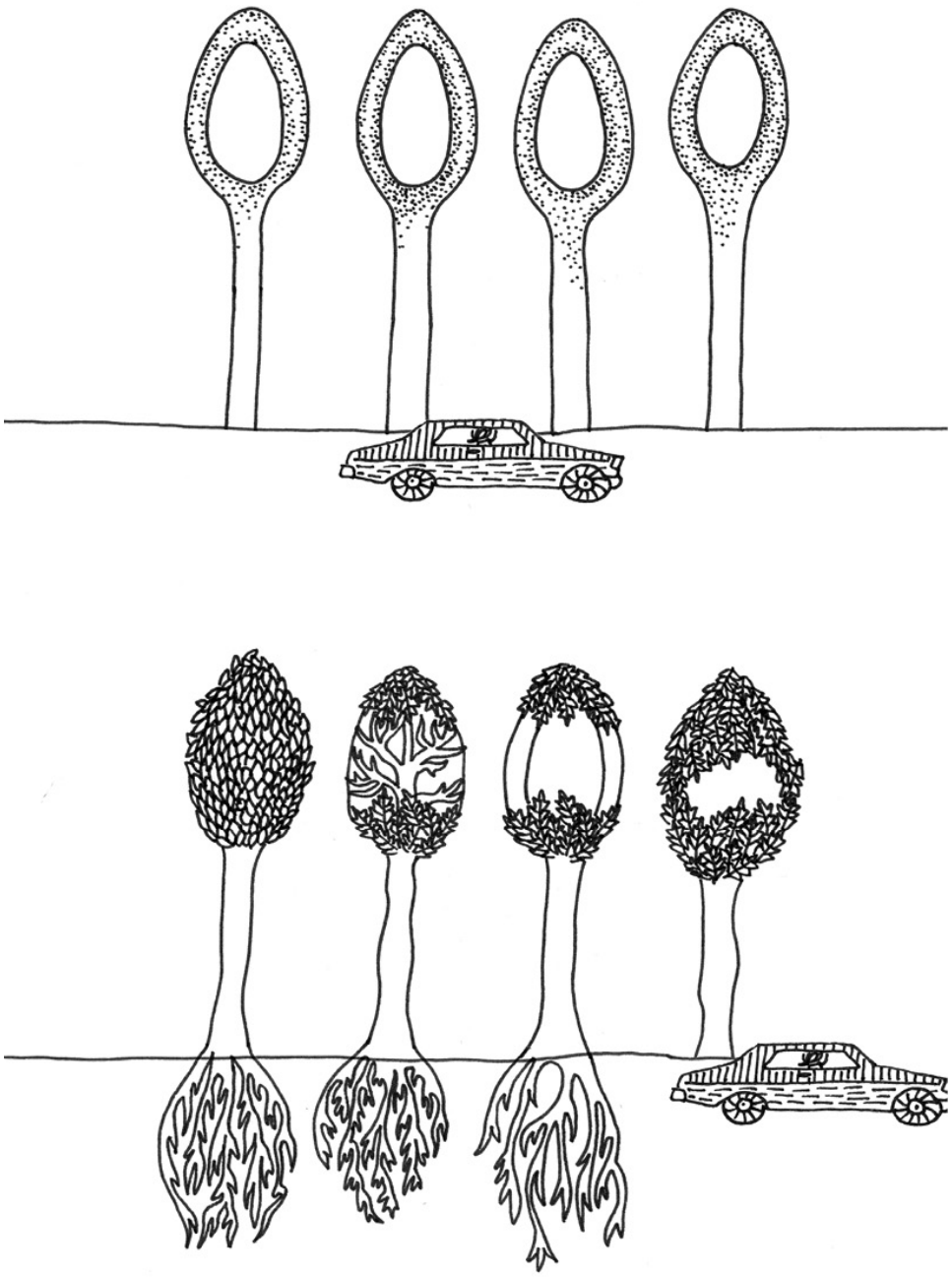
Manchmal erschreckt es mich, wenn Wissenschaftler hinter geschlossenen Türen über wichtige Erkenntnisse diskutieren – ohne dass die Öffentlichkeit darüber informiert wird. Oft ist wissenschaftliche Vorsicht besser als eine vorschnelle Behauptung. Aber Angst kann auch wichtige Chancen kaputtmachen. Es gilt in der Wissenschaftswelt mittlerweile als anerkannt, dass Menschen mit bestimmten Verdauungsproblemen häufig Nervenstörungen im Darm haben. Ihr Darm sendet dann Signale an einen Bereich im Gehirn, der unangenehme Gefühle verarbeitet, obwohl sie gar nichts Schlimmes getan haben. Die Betreffenden fühlen sich unwohl und wissen nicht, warum das so ist. Wenn ihr Arzt sie dann als irrationale Psychofälle behandelt, ist das sehr kontraproduktiv! Das ist nur eines der Beispiele dafür, dass manches Forschungswissen schneller verbreitet werden sollte!

Dies ist mein Ziel mit diesem Buch: Ich will Wissen greifbarer machen und dabei auch das verbreiten, was Wissenschaftler in ihren Forschungsarbeiten schreiben oder hinter Kongresstüren bereden – während viele Menschen nach Antworten suchen. Ich verstehe, dass viele Patienten, die unangenehme Krankheiten haben, enttäuscht sind von der Medizin. Ich kann keine Wundermittel verkaufen, und auch ein gesunder Darm wird nicht jede Krankheit heilen. Was ich allerdings kann, ist, in charmantem Ton erklären, wie es so läuft im Darm, was die Forschung Neues bietet und wie wir mit diesem Wissen unseren Alltag besser machen können.

Mein Medizinstudium und meine Doktorarbeit am Institut für Medizinische Mikrobiologie helfen mir dabei, Ergebnisse zu bewerten und einzusortieren. Meine persönliche Erfahrung hilft mir dabei, Menschen das Wissen näherzubringen. Meine Schwester hilft mir dabei, nicht abzudriften, denn dann schaut sie mich beim Vorlesen an und sagt grinsend: »Das machst du noch mal.«

1

DARM MIT CHARME



Die Welt sieht viel lustiger aus, wenn wir nicht nur das sehen, was man sehen kann – sondern auch noch all den Rest. Ein Baum ist dann kein Löffel. Das ist grob vereinfacht nur die Form, die wir mit

den Augen wahrnehmen: ein gerader Stamm mit einer runden Krone. Auge sagt uns zur Form: »Löffel.« Unter der Erde sind allerdings mindestens so viele Wurzeln wie oben Äste in der Luft. Hirn müsste dann eigentlich so etwas wie »Hantel« sagen, tut es aber nicht. Den meisten Input kriegt das Hirn von den Augen und höchst selten mal von einer Abbildung im Buch, die einen Baum vollständig zeigt. Also kommentiert es brav die vorbeirauschende Waldlandschaft mit: »Löffel, Löffel, Löffel, Löffel.«

Während wir so »löffelmäßig« durchs Leben laufen, verpassen wir großartige Dinge. Unter unserer Haut ist dauernd etwas los: Wir fließen, pumpen, saugen, quetschen, zerplatzen, reparieren und bauen neu auf. Eine ganze Belegschaft ausgeklügelter Organe arbeitet so perfekt und effizient zusammen, dass ein erwachsener Mensch pro Stunde etwa so viel Energie benötigt wie eine 100-Watt-Glühbirne. Jede Sekunde filtern Nieren unser Blut akribisch sauber – wesentlich genauer als Kaffeefilter – , und meist halten sie dabei auch noch ein Leben lang. Unsere Lunge ist so clever entworfen, dass wir eigentlich nur beim Einatmen Energie verbrauchen. Das Ausatmen passiert ganz von selbst. Wären wir durchsichtig, könnten wir sehen, wie schön sie aussieht: wie ein Aufziehauto in Groß und weich und lungig. Während manchmal einer von uns dasitzt und denkt: »Keiner mag mich«, legt sein Herz gerade die siebzehntausendste 24-Stundenschicht für ihn ein – und hätte jedes Recht, sich bei solchen Gedanken ein bisschen außen vor gelassen zu fühlen.

Würden wir mehr sehen als das, was sichtbar ist, könnten wir auch dabei zuschauen, wie Zellklumpen in Bäuchen zu Menschen werden. Wir würden auf einmal verstehen, dass wir uns grob aus drei »Schläuchen« entwickeln. Der erste Schlauch durchzieht uns und verknotet sich in der Mitte. Das ist unser Blutgefäßsystem, aus dem unser Herz als zentraler Gefäßknoten entsteht. Der zweite Schlauch bildet sich fast parallel auf unserem Rücken, formt eine Blase, die an das oberste Ende des Körpers wandert und dort bleibt. Das ist unser Nervensystem im Rückenmark, aus dem sich das Gehirn entwickelt und aus dem Nerven überall in den Körper

sprießen. Der dritte Schlauch durchzieht uns einmal von oben nach unten. Das ist das Darmrohr.

Das Darmrohr richtet unsere Innenwelt ein. Es bildet Knospen, die sich nach rechts und links immer weiter ausbuchten. Diese Knospen werden unsere Lungen. Ein Stückchen weiter unten stülpt sich das Darmrohr aus und bildet unsere Leber. Es formt auch die Gallenblase und die Bauchspeicheldrüse. Vor allem aber beginnt der Schlauch selbst immer trickreicher zu werden. Er ist bei den aufwendigen Mundbauarbeiten beteiligt, formt eine Speiseröhre, die »breakdancen« kann, und bildet einen kleinen Magenbeutel, damit wir Essen ein paar Stunden speichern können. Zu guter Letzt kreiert das Darmrohr sein Meisterwerk, nach dem es letztendlich benannt wurde: den Darm.

Die beiden »Meisterwerke« der anderen Schläuche – Herz und Hirn – genießen hohes Ansehen. Das Herz gilt als lebenswichtig, weil es Blut durch den Körper pumpt, das Hirn wird bewundert, weil es sich jede Sekunde erstaunliche Gedankengebilde ausdenkt. Der Darm aber, so glauben die meisten, geht währenddessen höchstens mal aufs Klo. Sonst hängt er wahrscheinlich lässig im Bauch rum oder pupst ab und zu. Besondere Fähigkeiten kennt man von ihm eigentlich keine. Man könnte sagen, wir unterschätzen das ein wenig – ehrlich gesagt, unterschätzen wir es nicht nur, wir schämen uns sogar oft für unser Darmrohr. Darm mit Scham!

Daran soll dieses Buch etwas ändern. Wir versuchen mal, was man mit Büchern so wunderbar kann – der sichtbaren Welt wahrhaft Konkurrenz zu machen: Bäume sind keine Löffel! Und der Darm hat eine Menge Charme!

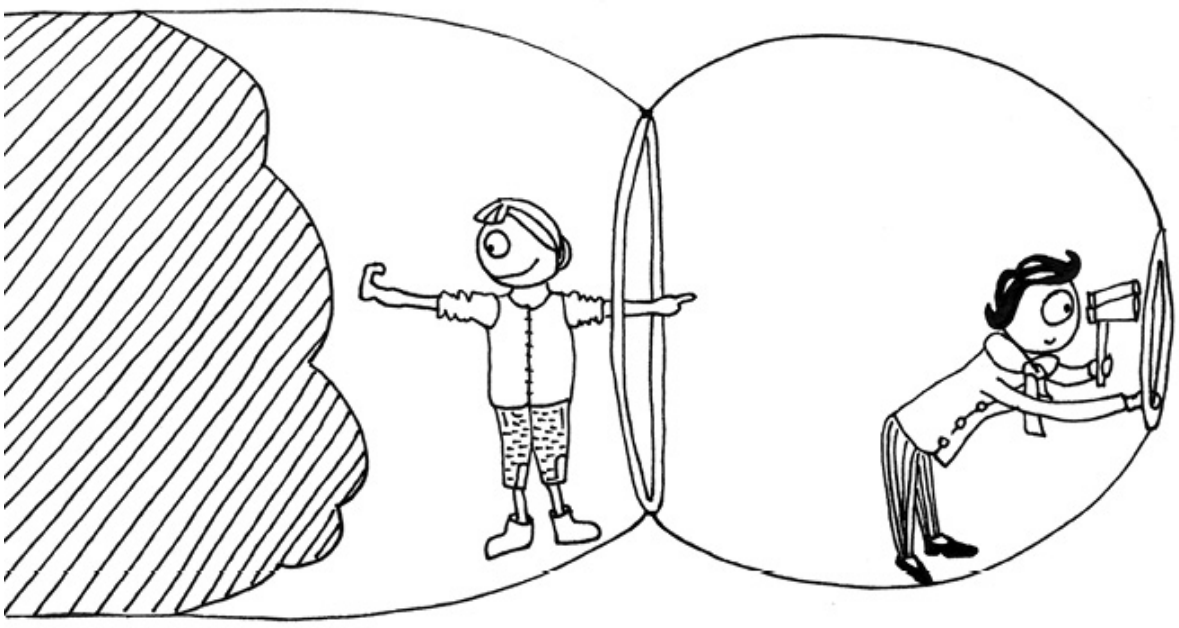
Wie geht kacken? – … und warum das eine Frage wert ist

Mein Mitbewohner kam in die Küche und meinte: »Giulia, du studierst doch Medizin – wie geht kacken?« Es wäre sicher keine gute Idee, mit diesem Satz meine Memoiren zu beginnen, aber diese Frage hat sehr viel für mich verändert. Ich ging in mein Zimmer, setzte mich auf den Boden und wälzte drei verschiedene Bücher. Als ich die Antwort fand, war ich völlig baff. Etwas so Alltägliches war viel klüger und beeindruckender, als ich jemals gedacht hätte.

Unser Klogang ist eine Meisterleistung – zwei Nervensysteme arbeiten gewissenhaft zusammen, um unseren Müll so diskret und hygienisch wie möglich zu entsorgen. Kaum ein anderes Tier erledigt dieses Geschäft so vorbildlich und ordentlich wie wir. Unser Körper hat dafür allerlei Vorrichtungen und Tricks entwickelt. Es fängt schon damit an, wie ausgetüftelt unsere Schließmechanismen sind. Fast jeder kennt immer nur den äußeren Schließmuskel, den man gezielt auf- und zubewegen kann. Es gibt einen ganz ähnlichen Schließmuskel, wenige Zentimeter entfernt – nur können wir ihn nicht bewusst steuern.

Jeder der beiden Schließmuskeln vertritt die Interessen eines anderen Nervensystems. Der äußere Schließmuskel ist treuer Mitarbeiter unseres Bewusstseins. Wenn unser Gehirn es unpassend findet, jetzt auf die Toilette zu gehen, dann hört der äußere Schließmuskel auf das Bewusstsein und hält so dicht, wie er eben kann. Der innere Schließmuskel ist der Vertreter unserer unbewussten Innenwelt. Ob Tante Berta Pupse mag oder nicht, interessiert ihn nicht. Ihn interessiert einzig und allein, ob es uns im Inneren gut geht. Drückt ein Pups? Der innere Schließmuskel will uns alles Unangenehme vom Leib halten. Ginge es nach ihm, könnte auch Tante Berta öfter pupsen. Hauptsache, im Innenleben ist alles gemütlich, und es zwickt nichts.

Diese beiden Schließmuskeln müssen zusammenarbeiten. Wenn unsere Verdauungsreste beim inneren Schließmuskel ankommen, macht dieser reflexartig auf. Er lässt allerdings nicht einfach alles auf den äußeren Schließmuskelkollegen los, sondern erst einmal nur einen Testhappen. In dem Raum zwischen innerem und äußerem Schließmuskel sitzen viele Sensorzellen. Diese analysieren das angelieferte Produkt darauf, ob es fest oder gasförmig ist, und schicken ihre Information hoch an das Gehirn. In diesem Moment merkt das Gehirn: Ich muss aufs Klo!, … oder vielleicht auch nur pupsen. Es macht dann, was es mit seinem »bewussten Bewusstsein« so gut kann: Es stellt uns auf unsere Umwelt ein. Dazu nimmt es Informationen von Augen und Ohren und zieht seinen Erfahrungsschatz hinzu. In Sekundenschnelle entsteht so eine erste Einschätzung, die das Gehirn zurück an den äußeren Schließmuskel funkt: »Ich habe geguckt, wir sind gerade bei Tante Berta im Wohnzimmer – Pupse gehen vielleicht noch, wenn du sie ganz leise raustwitschen lässt. Fest eher ungut.«



Der äußere Schließmuskel versteht und verschließt sich voller Loyalität noch fester als zuvor. Dieses Signal bemerkt dann auch

der innere Schließmuskel und respektiert erst mal die Entscheidung seines Kollegen. Die beiden verbünden sich und schieben den Testhappen in eine Warteschleife. Raus muss es irgendwann, nur eben nicht hier und jetzt auch nicht. Einige Zeit später wird es der innere Schließmuskel einfach noch mal mit einem Testhappen probieren. Sitzen wir mittlerweile gemütlich zu Hause auf dem Sofa: freie Fahrt!

Unser innerer Schließmuskel ist ein solides Kerlchen. Sein Motto ist: Was raus muss, muss raus. Und da gibt es auch nicht besonders viel zu interpretieren. Der äußere Schließmuskel muss sich immer mit der komplizierten Welt beschäftigen: Theoretisch könnte man ja schon die fremde Toilette benutzen, oder doch lieber nicht? Kennen wir uns mittlerweile nicht schon gut genug, als dass man auch voreinander pupsen dürfte – muss ich der Erste sein, der das Eis bricht? Wenn ich jetzt nicht aufs Klo gehe, dann kann ich erst wieder heute Abend, und das kann im Laufe des Tages unangenehm werden!

Die Gedanken der Schließmuskeln klingen vielleicht nicht unbedingt nobelpreisverdächtig, aber eigentlich sind es grundlegende Fragen unserer Menschlichkeit: Wie wichtig ist uns unsere Innenwelt, und welche Kompromisse gehen wir ein, um mit der Außenwelt gut klarzukommen? Der eine verkneift sich auf Teufel komm raus den unangenehmsten Pups, bis er sich mit Bauchweh nach Hause quält, der andere lässt sich bei der Familienfeier von Oma am kleinen Finger ziehen und initiiert den eigenen Pups lautstark als unterhaltsame Zaubershow. Langfristig liegt der beste Kompromiss vielleicht irgendwo zwischen beiden Extremen.

Wenn wir uns häufig hintereinander verbieten, auf die Toilette zu gehen, obwohl wir müssten, schüchtern wir den inneren Schließmuskel ein. Wir können ihn damit sogar richtig umerziehen. Die umliegende Muskulatur und er sind dann so oft vom äußeren Schließmuskel diszipliniert worden, dass sie entmutigt sind. Wenn die Kommunikation der beiden Schließmuskeln eisig wird, können sogar Verstopfungen entstehen.

Ganz ohne gezielte Klogang-Unterdrückung kann das auch bei Frauen passieren, während sie ein Kind gebären. Dabei können feine Nervenfasern kaputtgehen, über welche die beiden Schließmuskeln sonst kommunizieren. Die gute Nachricht: Auch Nerven können wieder zusammenwachsen. Egal, ob die Schäden durch eine Entbindung hervorgerufen wurden oder sonst wie, hier bietet sich eine sogenannte Biofeedback-Therapie an. Damit lernen die Schließmuskeln, die sich auseinandergelebt haben, wieder miteinander zurechtzukommen. Diese Behandlung wird in ausgewählten gastroenterologischen Praxen durchgeführt. Eine Maschine misst, wie produktiv der äußere Schließmuskel mit dem inneren zusammenarbeitet. Klappt es gut, wird man mit einem Ton oder einem grünen Signal belohnt. Es ist wie bei einer abendlichen Quizshow, bei der die Bühne leuchtet und klimpert, wenn man etwas richtig beantwortet – nur eben nicht im Fernsehen, sondern bei einem Arzt und mit einer Sensorelektrode im Po. Das Ganze lohnt sich: Wenn Innen und Außen wieder miteinander klarkommen, sucht man gleich viel munterer das stille Örtchen auf.

Schließmuskeln, Sensorzellen, Bewusstsein und Popo-Elektroden-Quizshows – diese ausgeklügelten Details hatte mein Mitbewohner nicht als Antwort erwartet. Die Geburtstagsrunde anständiger BWL-Studentinnen, die mittlerweile in unserer Küche eingetroffen war, ebenfalls nicht. Der Abend wurde trotzdem lustig, und mir wurde klar, dass das Thema »Darm« im Grunde viele Menschen interessiert. Es kamen einige gute neue Fragen auf. Stimmt es, dass wir alle falsch auf dem Klo sitzen? Wie kann man leichter rülpsen? Wieso können wir aus Steak, Apfel oder Bratkartoffeln Energie machen, während ein Auto nur bestimmte Sorten Benzin verträgt? Wozu gibt es den Blinddarm, und warum hat Kot immer die gleiche Farbe?

Meine Mitbewohner kennen mittlerweile schon genau meinen Gesichtsausdruck, wenn ich in die Küche rase und die neusten Darm-Anekdoten erzählen muss – wie beispielsweise die von winzigen Hocktoiletten und leuchtenden Klogängen.

Sitze ich richtig auf dem Klo?

Es ist empfehlenswert, von Zeit zu Zeit Gewohnheiten zu hinterfragen. Laufe ich wirklich den schönsten und kürzesten Weg zur Haltestelle? Ist das Frisieren meines Resthaars über die haarlos gewordene Mittelstelle adäquat und modisch? Oder eben: Sitze ich richtig auf dem Klo?

Auf alle Fragen wird es nicht immer klare Antworten geben – aber Herumexperimentieren an sich kann schon mal frischen Wind in alte Gefilde bringen. Das dachte sich vermutlich auch Dov Sikirov. Für eine Studie bat der israelische Arzt 28 Probanden darum, in drei verschiedenen Positionen den täglichen Stuhlgang auszuüben: auf einer normalen Toilette thronend, auf einer ungewöhnlich kleinen Toilette mühevoll »hock-sitzend« oder wie im Freien hockend. Dabei stoppte er die Zeit und händigte ihnen im Anschluss einen Fragebogen aus. Das Ergebnis war eindeutig: Hocken dauerte durchschnittlich rund 50 Sekunden und wurde von den Beteiligten als vollständiges Entleerungserlebnis empfunden. Sitzen dauerte durchschnittlich 130 Sekunden und fühlte sich nicht ganz so erfolgreich an. (Außerdem: Winzig kleine Toiletten sehen einfach immer niedlich aus – egal, was man darauf tut.)

Warum? Weil unser Darmverschluss-Apparat nicht so entworfen ist, dass er im Sitzen die Luke vollständig öffnet. Es gibt einen Muskel, der in Sitzhaltung oder gerade auch beim Stehen den Darm wie ein Lasso umgreift und in eine Richtung zieht, so dass ein Knick entsteht. Dieser Mechanismus ist sozusagen eine Zusatzleistung zu den anderen Schließmuskeln. Einen solchen Knickverschluss kennt der eine oder andere vom Gartenschlauch. Man fragt die Schwester, warum der Gartenschlauch nicht mehr geht. Wenn sie das Schlauchende anguckt, lässt man den Knick schnell los und wartet anderthalb Minuten, bis man Hausarrest kriegt.

Zurück zum End-Darm-Knickverschluss: So kommt der Kot erst mal zu einer Kurve. Wie bei der Autobahnausfahrt bremst das ab. Dadurch müssen die Schließmuskeln, wenn wir stehen oder sitzen,

weniger Kraft aufbringen, um alles drinzuhalten. Lässt der Muskel los, verschwindet der Knick. Die Fahrbahn ist gerade, und es kann reibungslos aufs Gas gedrückt werden.

Die »Hocke« ist schon seit Urzeiten unsere natürliche Kloposition – das moderne Sitztoilettengeschäft gibt es erst seit der Indoor-Kloschüssel-Entwicklung im späten 18. Jahrhundert. Eine »Höhlenmensch schon immer …«-Erklärung hat oft ein etwas problematisches Image bei Medizinern. Wer sagt denn, dass die Hocke den Muskel so viel besser entspannt und die Kotfahrbahn dadurch letztlich gerade wird? Japanische Forscher haben deshalb Probanden leuchtende Substanzen gefüttert und beim großen Geschäft in verschiedenen Positionen geröntgt. Ergebnis eins: Es stimmt – in der Hocke wird der Darmkanal schön gerade, und alles kann schnurstracks raus. Ergebnis zwei: Freundliche Menschen lassen sich für die Forschung mit leuchtenden Substanzen füttern und beim Kacken röntgen. Beides ziemlich eindrucksvoll, finde ich.

Hämorrhoiden, Darmkrankheiten wie Divertikulitis oder auch Verstopfungen gibt es fast nur in Ländern, in denen man beim Stuhlgang auf eine Art Stuhl geht. Ein Grund dafür, besonders auch bei jungen Menschen, ist nicht etwa schlaffes Gewebe, sondern dass der Druck auf den Darm zu groß ist. Einige Menschen spannen auch tagsüber dauernd ihren Bauch an, wenn sie sehr angestrengt sind. Sie merken es oft gar nicht. Die Hämorrhoiden weichen dem Druck im Inneren lieber aus, indem sie locker aus dem Po baumeln. Bei den Divertikeln drückt sich das Gewebe innerhalb des Darms nach außen. Es entstehen dann winzige glühbirnenförmige Ausstülpungen an der Darmwand.



Unsere Art des Klogangs ist mit Sicherheit nicht die einzige Ursache für Hämorrhoiden und Divertikel. Allerdings muss man auch sagen, dass die 1,2 Milliarden hockenden Menschen dieser

Welt kaum Divertikel und deutlich weniger Hämorrhoiden haben. Wir dagegen pressen uns Gewebe aus dem Hintern und müssen es beim Arzt beseitigen lassen – und das alles, weil edel thronend cooler ist als albern hockend? Mediziner gehen davon aus, dass häufiges Pressen auf dem Klo das Risiko für Krampfadern, Schlaganfälle oder auch die Stuhlgangsohnmacht deutlich erhöht.

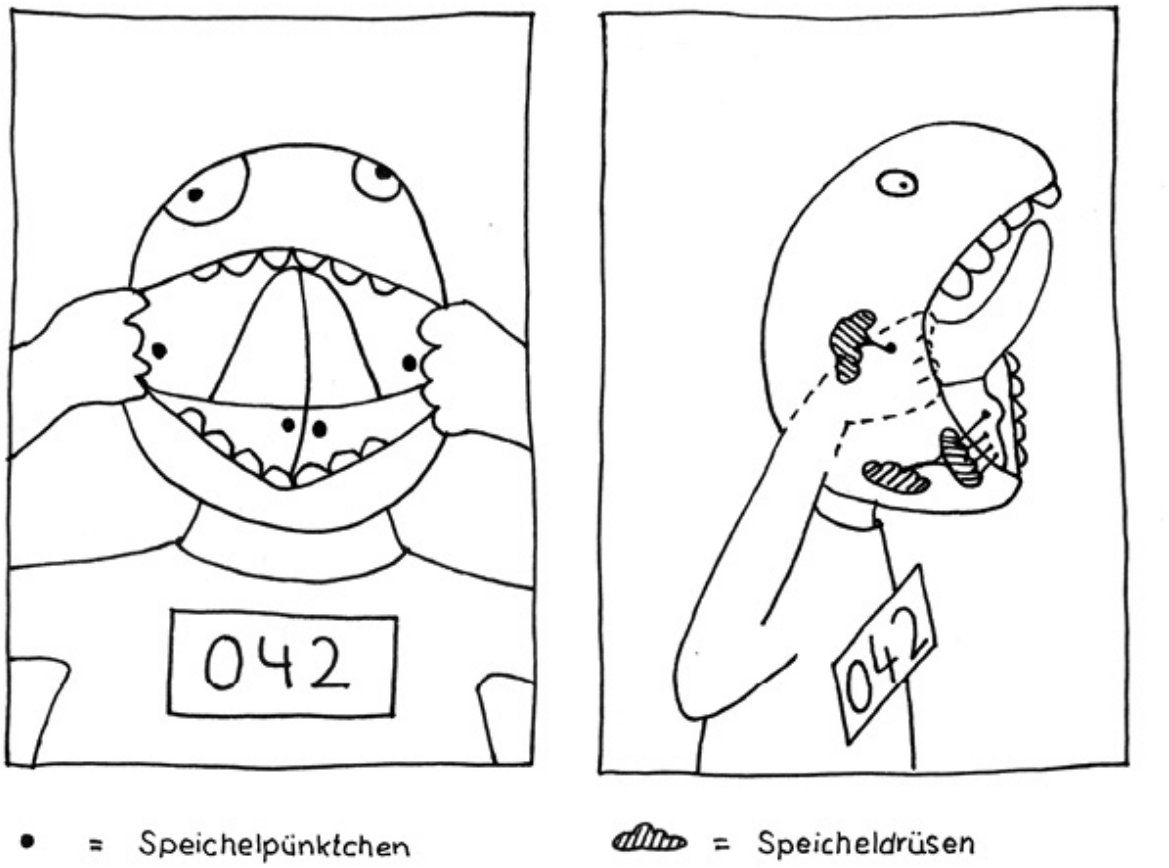
Aus dem Frankreich-Urlaub eines Freundes bekam ich die SMS: »Die Franzosen spinnen – jemand hat hier an drei Autobahntankstellen die Kloschüsseln geklaut!« Ich musste laut lachen, weil ich erstens ahnte, dass dieser Text komplett ernstgemeint war, und er mich zweitens daran erinnerte, wie ich das erste Mal vor so einer französischen Hocktoilette stand. Warum soll ich mich bitte hocken, wenn ihr auch einfach eine Schüssel hättet bauen können?, dachte ich ein bisschen weinerlich und schockiert über die große Leere vor mir. In großen Teilen Asiens, Afrika und Südeuropa steht man kurz in Kampfsport- oder Abfahrtsskiposition auf seinem Hock-Klo. Wir hingegen vertreiben uns die Zeit bis zur Vollendung des Schüsselbusiness, indem wir Zeitung lesen, das Klopapier vorfalten, zu putzende Badezimmerecken orten oder geduldig an die gegenüberliegende Wand starren.

Als ich diesen Text meiner Familie im Wohnzimmer vorgelesen habe, blickte ich in irritierte Gesichter. Müssen wir jetzt alle von unserem Porzellanthron klettern und in ungeübt wackliger Hockstellung in ein Loch kacken? Die Antwort ist: Nein. Hämorrhoiden hin oder her! Obwohl es sicher ganz lustig wäre, sich auf die Klobrille zu stellen, um von dort aus alles in der Hocke zu erledigen. Das ist aber nicht nötig: Man kann auch im Sitzen hocken. Dies ist besonders dann lohnenswert, wenn es mal nicht so leicht von der Hand bzw. vom Hintern geht: Der Oberkörper wird leicht nach vorne gebeugt, und die Füße werden auf einen kleinen Hocker gestellt – et voilà: alles im richtigen Winkel, man kann lesen, falten und starren mit astreinem Gewissen.

Die Eingangshalle zum Darmrohr

Man könnte denken, das Ende des Darms hat Überraschendes zu bieten, weil wir uns damit kaum auseinandersetzen. Ich würde nicht einmal sagen, dass es nur daran liegt. Auch die Eingangshalle unseres Verdauungsschlauchs hat einiges in Petto – obwohl wir sie jeden Tag beim Zähneputzen anvisieren.

Den geheimen Ort Nummer eins findet man mit der Zunge. Es sind vier kleine Pünktchen. Zwei davon sind auf der Innenseite der Backe, gegenüber der oberen Zahnreihe, ziemlich in der Mitte. Hier spürt man rechts und links eine kleine Erhöhung. Viele glauben, sie hätten sich hier irgendwann einmal in die Backe gebissen, aber das stimmt nicht – diese Hubbel sind bei jedem Menschen genau an dieser Stelle. Die anderen beiden liegen unter unserer Zunge, rechts und links vom Zungenbändchen. Aus diesen vier Pünktchen kommt Speichel.



Aus den Backenpunkten kommt Speichel, wenn es einen aktuellen Anlass gibt – wie zum Beispiel Essen. Aus den zwei Öffnungen unter der Zunge fließt der Speichel die ganze Zeit. Würde man in diese Öffnungen eintauchen und gegen den Speichelstrom schwimmen, käme man zu den Chef-Speicheldrüsen. Sie produzieren den meisten Speichel – etwa 0,7 bis 1 Liter pro Tag. Wenn es vom Hals in Richtung Kiefer geht, kann man zwei weiche runde Erhebungen fühlen. Darf ich vorstellen? Das sind die Chefs.

Weil die beiden Zungenpünktchen der »Dauerspeichler« genau auf die Hinterseite unserer unteren Schneidezähne gerichtet sind, kriegen wir hier besonders schnell Zahnstein. Im Speichel sind nämlich kalziumhaltige Stoffe, die eigentlich nur den Zahnschmelz härten wollen – wenn man als Zahn allerdings unter Dauerbeschuss steht, ist es ein bisschen zu viel des Guten. Kleine

Moleküle, die unschuldig in der Nähe umherschwirren, werden kurzerhand einfach mitversteinert. Das Problem ist nicht der Zahnstein selbst, sondern dass er so schön rau ist. Parodontose- oder Karies-Bakterien können sich an rauen Oberflächen viel besser festhalten als an unserem eigentlich glatten Zahnschmelz.

Wie kommen solche Versteinerungs-Kalzium-Stoffe in unseren Speichel? Speichel ist gefiltertes Blut. In den Speicheldrüsen wird das Blut durchgesiebt. Rote Zellen werden zurückgehalten, denn wir brauchen sie in unseren Adern und nicht im Mund. Kalzium, Hormone oder Abwehrstoffe des Immunsystems hingegen gelangen aus dem Blut in den Speichel. Von Mensch zu Mensch ist der Speichel deshalb ein bisschen anders. Man kann eine Person sogar mit einer Speichelprobe auf Immunkrankheiten oder bestimmte Hormone testen. Außerdem können die Speicheldrüsen einige Stoffe noch extra dazutun, zum Beispiel die Versteinerungs-Kalzium-Stoffe oder auch Schmerzmittel.

In unserem Speichel gibt es ein Schmerzmittel, das sehr viel stärker wirkt als Morphium. Es wird Opiorphin genannt und wurde erst 2006 entdeckt. Natürlich produzieren wir es nur in kleinen Mengen, unser Speichel will uns ja nicht volldröhnen. Aber auch so eine kleine Menge hat ihre Wirkung, denn unser Mund ist ein Sensibelchen! Hier gibt es so viele Nervenenden wie an kaum einem anderen Ort im Körper – der kleinste Erdbeersamen kann uns tierisch auf die Nerven gehen, jedes Sandkorn im Salat merken wir sofort. Eine kleine Wunde, die uns am Ellenbogen noch nicht einmal auffallen würde, tut im Mund höllisch weh und erscheint riesengroß.

Ohne unsere speicheleigenen Schmerzmittel könnte das noch schlimmer sein! Weil wir beim Kauen eine Extraladung solcher Speichelstoffe ausschütten, ist Halsweh nach dem Essen besser, und auch kleine Wunden im Mundinnenraum tun dann weniger weh. Es braucht nicht unbedingt Essen – auch schon beim Kaugummikauen kommen wir an unsere mundeigenen Schmerzmittel. Mittlerweile gibt es sogar eine Handvoll neuer Studien, die zeigen, dass Opiorphin antidepressive Wirkungen besitzt. Funktioniert Frustessen vielleicht auch ein Stück weit über

die Spucke? Die Schmerz- und Depressionsforschung der kommenden Jahre wird uns diese Frage vielleicht beantworten können.

Speichel schützt die empfindliche Mundhöhle nicht nur vor zu viel Schmerz, sondern auch vor zu vielen bösen Bakterien. Dafür gibt es zum Beispiel Mucine. Das sind Schleimstoffe. Sie sorgen für ein paar Stunden faszinierter Unterhaltung, wenn man als Kind feststellt, dass man dank ihnen mit dem eigenen Mund Seifenblasen machen kann. Mucine hüllen unsere Zähne und unser Zahnfleisch in ein schützendes Mucin-Netz. Wir spritzen sie aus unseren Speichelpünktchen ungefähr so, wie Spiderman Netze aus seinem Handgelenk schießt. In diesem Netz bleiben Bakterien hängen, bevor sie uns angreifen können. Während sie dort gefangen sind, können andere antibakterielle Stoffe aus dem Speichel schlechte Bakterien abtöten.

Wie beim Speichel-Schmerzmittel gilt aber auch hier: Die Konzentration der Bakterien-Killer-Stoffe ist nicht übertrieben hoch. Unsere Spucke will uns nicht durchdesinfizieren. Wir brauchen sogar eine gute Stammmannschaft an kleinen Wesen im Mund. Harmlose Mundbakterien werden von unserem Speichel nicht komplett ausradiert, denn sie nehmen Platz ein – Platz, der sonst von gefährlichen Keimen bevölkert werden könnte.

Beim Schlafen produzieren wir kaum Speichel. Das ist super für alle Kissen-Sabberer – würden sie die vollen 1 bis 1,5 Liter Tagesspeichel auch nachts produzieren, wäre das ein unschönes Hobby. Weil wir nachts so wenig Speichel produzieren, haben viele Menschen morgens Mundgeruch oder Halsweh. Acht Stunden knappe Bespeichelung heißt für die Mundmikroben: sturmfrei. Freche Bakterien werden dann nicht mehr so gut im Zaum gehalten, und unsere Schleimhäute in Mund und Rachen vermissen ihre Sprinkleranlage.

Das Zähneputzen vor und nach dem Schlafen ist deshalb eine clevere Einrichtung. Am Abend verringert man damit die Bakterienzahl im Mund und startet so mit einer vorerst kleineren Party-Mikroben-Gesellschaft in die Nacht. Am Morgen räumt man dann die Überreste der nächtlichen Sause weg. Zum Glück wachen

unsere Speicheldrüsen morgens mit uns auf und machen sich sofort an die Produktion! Spätestens das erste Brötchen oder unsere Zahnbürste regt den Speichelfluss so richtig an und beseitigt die Mikroben oder transportiert sie hinunter in den Magen. Hier übernimmt die Magensäure den Rest.

Wer auch tagsüber unter Mundgeruch leidet, hat vielleicht nicht genug müffelnde Bakterien entfernen können. Ausgefuchste Kerlchen verstecken sich gerne unter dem neugebildeten Mucin-Netz und sind dort nicht mehr so gut erreichbar für die antibakteriellen Speichelstoffe. Dann können Zungenschaber helfen, aber auch ausgedehntes Kaugummikauen – es sorgt dafür, dass ordentlich Speichel fließt und die Mucin-Verstecke wegspült. Wenn das alles nichts nützt, gibt es einen weiteren Ort, an dem man nach Mundgeruch-Verursachern suchen kann. Dazu kommen wir gleich, nach der Vorstellung des zweiten geheimen Ortes im Mund.

Dieser Ort gehört zu den typischen Überraschungen – man denkt, man kennt jemanden, und findet dann heraus, dass derjenige eine wirklich unerwartete, verrückte Seite hat. Die schick frisierte Frankfurter Sekretärin findet man abends im Internet als Betreiberin einer wilden Frettchenzucht wieder. Den Gitarristen der Heavy-Metall-Band trifft man beim Wollekaufen, weil Stricken entspannend und ein Work-out für die Finger ist. Die besten Überraschungen kommen nach dem ersten Eindruck – das ist schon bei der eigenen Zunge so. Wenn man sie rausstreckt und dabei in den Spiegel schaut, sieht man auch nicht gleich ihr komplettes Wesen. Man könnte sich fragen: Hey, wie geht sie da hinten eigentlich weiter? So richtig zu Ende sieht das ja nicht aus. Genau da beginnt die verrückte Seite der Zunge, die Zungenwurzel.

Hier ist eine andersartige Landschaft voller rosa Kuppeln. Wer keinen ausgeprägten Brechreflex hat, kann sich mit dem Finger ganz vorsichtig auf der Zunge nach hinten tasten. Sobald man am letzten Stück ankommt, merkt man, dass es von unten munter rund entgegenhubbelt. Die Aufgabe der Zungenkuppeln ist, alles, was wir schlucken, zu überprüfen. Dafür schnappen sich die Kuppeln

kleinste Partikel aus Essen, Trinken oder der Atemluft und ziehen sie ins Kuppelinnere. Hier wartet eine Armee aus Immunzellen, um mit Fremdstoffen aus der Außenwelt trainiert zu werden. Apfelstückchen sollen sie in Ruhe lassen, bei Halsweherregern müssen sie sofort zuschnappen. Wer bei der Finger-Erkundungstour also wen erkundet, ist unklar, denn dieser Bereich gehört zu dem neugierigsten Gewebe unseres Körpers: dem Immungewebe.

Das Immungewebe hat ein paar solcher Neugier-Hot-Spots – genaugenommen liegt um den ganzen Rachen ein Ring aus Immungewebe. Diese Zone nennt man auch den Waldeyer Rachenring: unten die Zungenkuppeln, rechts und links unsere Mandeln, und oben gibt es noch was beim Rachendach (in Nasen- und Ohrennähe – wir nennen sie bei Kindern oft einfach »Polypen«, wenn sie zu groß werden). Wer jetzt denkt, dass er keine Mandeln mehr hat – falsch gedacht. Alle Teile des Waldeyer Rachenrings zählen nämlich als Mandeln. Zungenkuppeln, Rachendächer und auch unsere altbekannten Mandeln tun alle dasselbe: Sie tasten neugierig Fremdes ab und trainieren Immunzellen, sich zu verteidigen.

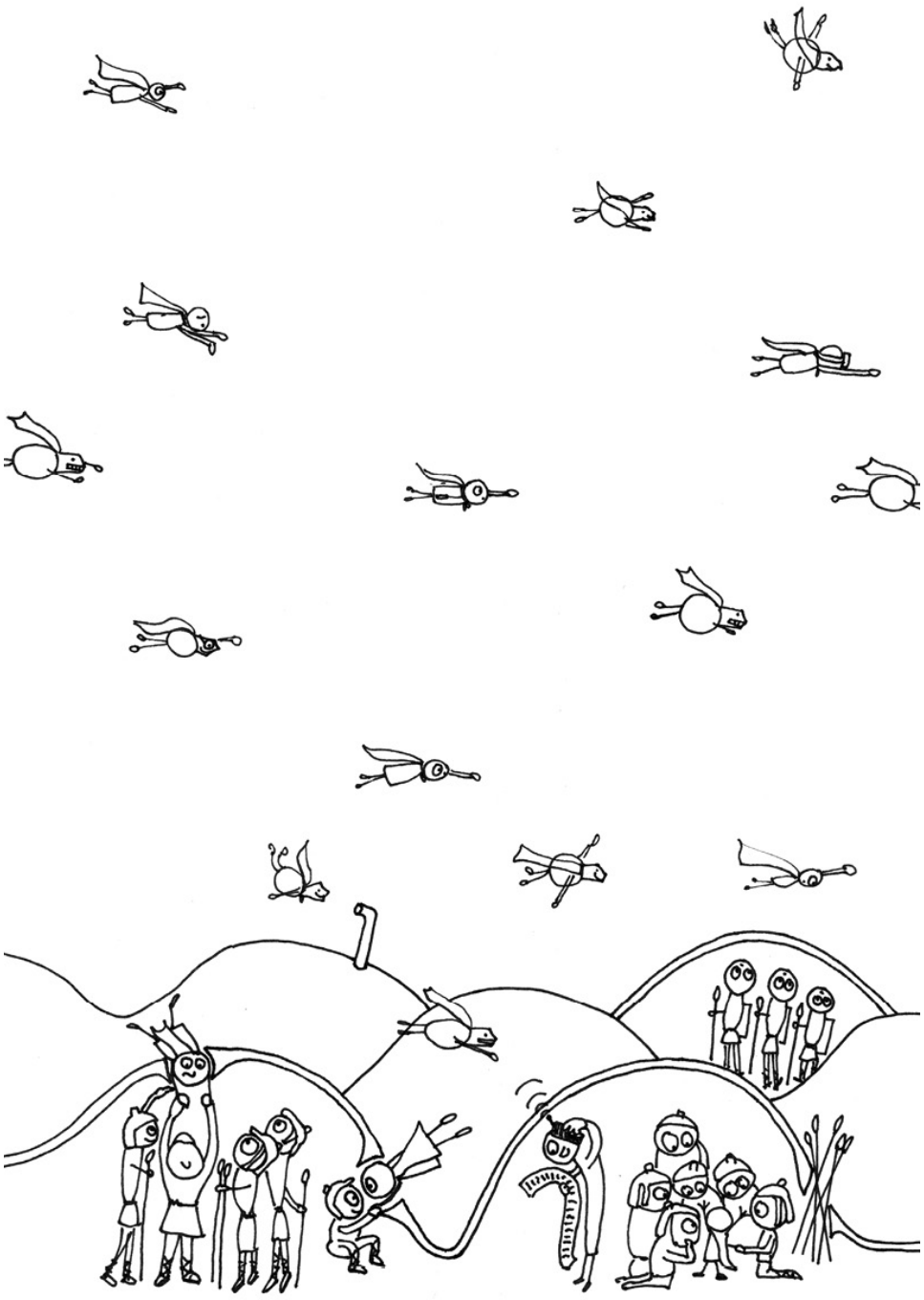


Abb.: Das Immungewebe am Zungengrund, auch tonsilla lingualis genannt

Die Mandeln, die öfter mal entfernt werden, machen das nur einfach nicht immer ganz clever: Sie bilden keine Kuppeln, sondern tiefe Furchen (zur Oberflächenvergrößerung). Darin bleibt dann manchmal zu viel Fremdes hängen und kommt nur schwer wieder raus, wodurch sich das Gewebe hier öfter entzündet. Das ist sozusagen ein Nebeneffekt von überneugierigen Mandeln. Wer also ausschließen kann, dass schlechter Atem von der Zunge oder den Zähnen kommt, der kann mal bei diesen Mandeln nachsehen – wenn er noch welche hat.

Manchmal verstecken sich hier kleine weiße Steinchen, die furchtbar riechen! Leute wissen oft nichts davon und kämpfen wochenlang gegen einen üblen Mundgeruch oder einen merkwürdigen Geschmack. Alles Zähneputzen, Gurgeln oder Zungenputzen hilft dann praktisch nichts. Irgendwann kommen die Steine von alleine raus, und alles ist wieder gut – so lange muss man aber nicht warten. Man kann diese Steinchen mit etwas Übung herausdrücken, und der Mundgeruch verschwindet von einem Moment auf den anderen.

Der beste Test, ob unangenehmer Geruch überhaupt von hier kommt, ist: mit dem Finger oder Q-Tips über die Mandeln fahren. Wenn es schlecht riecht, dann kann man auf Steinchensuche gehen. HNO-Ärzte entfernen solche Steine auch – das ist komfortabler und sicherer. Wer Freude an grenzwertig ekligen YouTube-Videos hat, kann sich auch dort verschiedene Rumdrücktechniken angucken und dabei einige Extremexemplare solcher Steine ansehen. Das ist allerdings nichts für schwache Nerven.

Es gibt auch noch andere Hausmittel gegen Mandelsteine.Einige Menschen gurgeln mehrmals täglich Salzwasser, andere schwören auf frisches rohes Sauerkraut aus dem Reformhaus – wieder andere behaupten, ein Verzicht auf Milchprodukte führe zu völliger Steinlosigkeit. Wissenschaftlich bewiesen ist keiner dieser Vorschläge. Besser untersucht ist die Frage, ab wann man Mandeln rausoperieren kann. Die Antwort lautet: am besten, wenn man älter als sieben ist.

Ab diesem Alter haben wir wohl alles Wichtige gesehen. Unsere Immunzellen zumindest: auf die völlig fremde Welt kommen, von Mama abgeknutscht werden, mal im Garten oder Wald sein, ein Tier anfassen, viele Erkältungen hintereinander haben, einen Haufen fremder Leute in der Schule kennenlernen. Das war's auch schon. Ab jetzt hat unser Immunsystem sozusagen fertig studiert und kann normal arbeiten gehen für den Rest unseres Lebens.

Vor dem siebten Lebensjahr sind die Mandeln noch wichtige Ausbildungsstätten. Die Bildung unseres Immunsystems ist nicht nur im Kampf gegen Erkältungen wichtig. Sie spielt auch eine Rolle, wenn es um unsere Herzgesundheit oder unser Gewicht geht. Wer seine Mandeln vor dem siebten Lebensjahr entfernt bekommt, hat zum Beispiel ein höheres Risiko, übergewichtig zu werden. Warum das so ist, wissen Ärzte noch nicht. Der Zusammenhang von Immunsystem und Gewicht ist aber immer öfter Gegenstand von Studien. Für untergewichtige Kinder kann der Mandel-Moppeleffekt prima sein. Sie rücken durch eine Gewichtszunahme in den Normalbereich. In allen anderen Fällen wird Eltern empfohlen, nach der Operation auf eine ausgewogene Ernährung ihrer Kinder zu achten.

Wer schon vor dem siebten Lebensjahr lieber auf Mandeln verzichtet, sollte also immer gute Gründe haben. Wenn die Mandeln beispielsweise so groß sind, dass das Schlafen und Atmen schwierig werden, ist jeder Mandel-Moppeleffekt egal. Es ist zwar rührend, dass das eigene Immungewebe uns so motiviert verteidigen will. Aber es schadet uns dann mehr, als es nützt. Oft können Ärzte dann auch nur den störenden Teil der Mandel weglasern und müssen sie nicht gleich ganz entfernen. Anders ist das bei Dauerentzündungen. Dann können unsere Immunzellen nie entspannen, und das ist auf lange Bahn gesehen nicht gut für sie. Egal, ob vier, sieben oder fünfzig Jahre alt – überempfindliche Immunsysteme können auch mal davon profitieren, wenn die Mandeln verabschiedet werden.

Zum Beispiel Menschen mit Psoriasis (auch Schuppenflechte genannt) tun dies. Sie leiden wegen eines überalarmierten Immunsystems unter juckenden Hautentzündungen (oft am Kopf

beginnend) oder Gelenkbeschwerden. Außerdem haben Psoriasis-Patienten auch überdurchschnittlich oft Halsweh. Ein möglicher Faktor bei dieser Erkrankung sind Bakterien, die sich dauerhaft in den Mandeln verstecken können und von dort das Immunsystem ärgern. Seit über dreißig Jahren beschreiben Ärzte immer wieder Fälle, bei denen nach einer Mandelentfernung auch die Hautkrankheit sehr viel besser wurde oder abheilte. Deshalb untersuchten im Jahr 2012 Forscher aus Island und den USA diesen Zusammenhang genauer. Sie teilten 29 Psoriasis-Patienten mit häufigen Halsschmerzen in zwei Gruppen auf. Die eine Hälfte ließ sich die Mandeln entfernen, die andere Hälfte nicht. Bei 13 der 15 »Entmandelten« verbesserte sich die Krankheit deutlich und dauerhaft. Bei den Noch-Mandeln-Besitzenden gab es kaum Veränderungen. Auch bei rheumatischen Erkrankungen kann man heute schon die Mandeln entfernen, wenn sich der Verdacht erhärtet, dass sie daran schuld sind.

Mandeln drin oder Mandeln draußen – für beides gibt es gute Argumente. Wer seine Mandeln schon früh hergeben muss, sollte sich keine Sorgen machen, dass das Immunsystem jetzt alle wichtigen Lektionen aus dem Mund verpasst! Dafür gibt es ja zum Glück auch noch die Zungenkuppeln und das Rachendach. Wer noch Mandeln hat, muss allerdings auch keine Angst vor versteckten Bakterien haben: Viele Menschen haben einfach nicht so tiefe Furchen in den Mandeln und deshalb auch keine Probleme damit. Zungenkuppeln und Co. sind praktisch nie Verstecke für Keime. Sie sind anders gebaut und haben Drüsen, mit denen sie sich in regelmäßigen Abständen selbst reinigen.

In unserem Mund passiert jede Sekunde einiges: Speichelpünktchen schießen Mucin-Netze, pflegen unsere Zähne und schützen uns vor zu großer Empfindlichkeit. Unser Rachenring überwacht Fremdpartikel und bereitet seine Immunarmeen damit vor. Wir bräuchten nichts davon, wenn es hinter dem Mund nicht weiterginge. Der Mund ist einzig und allein die Eingangshalle zu einer Welt, in der Fremdes zu Eigenem wird.

Der Aufbau des Darms

Es gibt Dinge, die sind enttäuschend, wenn man sie besser kennenlernt. Die Schokowaffeln aus der Werbung werden nicht von Hausfrauen im Bäuerinnen-Outfit mit Liebe gebacken, sondern kommen aus einem Fabrikgebäude mit Neonröhrenbeleuchtung und Fließbandarbeit. Die Schule ist gar nicht so lustig, wie man am ersten Schultag noch denkt. Im Backstagebereich des Lebens sind alle ungeschminkt. Hier gibt es vieles, das von weit weg wesentlich besser aussieht als von nah dran.

Das ist beim Darm nicht der Fall. Unser Darmrohr sieht von weitem ulkig aus. Hinter unserem Mund führt eine zwei Zentimeter breite Speiseröhre den Hals hinunter, verfehlt die Spitze des Magens und geht dann irgendwo seitlich in den Magen über. Die rechte Magenseite ist viel kürzer als die linke – deshalb krümmt er sich zu einem halbmondförmigen, schiefen Beutelchen. Der Dünndarm schlängelt sich mit seinen sieben Metern Länge orientierungslos mal nach rechts und mal nach links, bis er schließlich in den Dickdarm übergeht. Daran wiederum hängt ein scheinbar unnötiger Blinddarm, der wohl nichts kann, außer sich entzünden. Außerdem hat der Dickdarm lauter Ausstülpungen. Er sieht aus wie ein trauriger Versuch, eine Perlenkette nachzuahmen. Von weitem betrachtet, ist das Darmrohr ein unansehnlicher, uncharmanter und unsymmetrischer Schlauch.

Deshalb pfeifen wir jetzt mal auf Abstand. Es gibt kaum ein Organ in unserem gesamten Körper, das immer faszinierender aussieht, je näher wir heranzoomen. Je mehr man über den Darm weiß, desto schöner wird er. Schauen wir uns also zunächst die merkwürdigen Stellen etwas genauer an.

Die »gargelige« Speiseröhre

Als Erstes fällt ins Auge: Die Speiseröhre kann nicht zielen. Statt den kürzesten Weg zu nehmen und direkt oben auf die Mitte des Magens zuzusteuern, erreicht sie ihn an seiner rechten Seite. Ein genialer Schachzug. Chirurgen würden so etwas einen End-zu-Seit-Anschluss nennen. Es ist zwar ein kleiner Umweg, aber er lohnt sich. Allein bei jedem Schritt, den wir gehen, verdoppelt sich der Druck im Bauch, weil wir unsere Bauchmuskeln anspannen. Beim Lachen oder Husten steigt der Druck gar um ein Vielfaches. Weil der Bauch von unten auf den Magen drückt, wäre es schlecht, wenn die Speiseröhre genau am oberen Ende andocken würde. Seitlich versetzt bekommt sie nur einen Bruchteil des Druckes ab. Wenn wir uns jetzt nach dem Essen bewegen, müssen wir so nicht bei jedem Schritt aufstoßen. Bei einem starken Lachanfall verdanken wir dem cleveren Winkel und seinen Verschlussmechanismen, dass höchstens hier und da mal ein Freuden-Pups mitlacht – Lach-Kotzen ist dagegen kaum bekannt.

Ein Nebeneffekt des Seiteneingangs ist die Magenblase! Auf allen Röntgenbildern sieht man oben im Magen diese kleine Luftblase. Luft steigt schließlich nach oben und sucht nicht zuerst den Seitenausgang. Deshalb müssen viele Leute erst ein bisschen Luft hinunterschlucken, bevor sie rülpsen können. Durch das Schlucken bewegen sie die Öffnung der Speiseröhre ein bisschen näher zur Luftblase, und schwups kann der Rülps in die Freiheit aufsteigen. Wer im Liegen rülpsen will, schafft das sehr viel einfacher, wenn er auf der linken Seite liegt. Wer mit drückendem Bauch die ganze Zeit auf der rechten Seite liegt, sollte sich schlichtweg mal umdrehen.

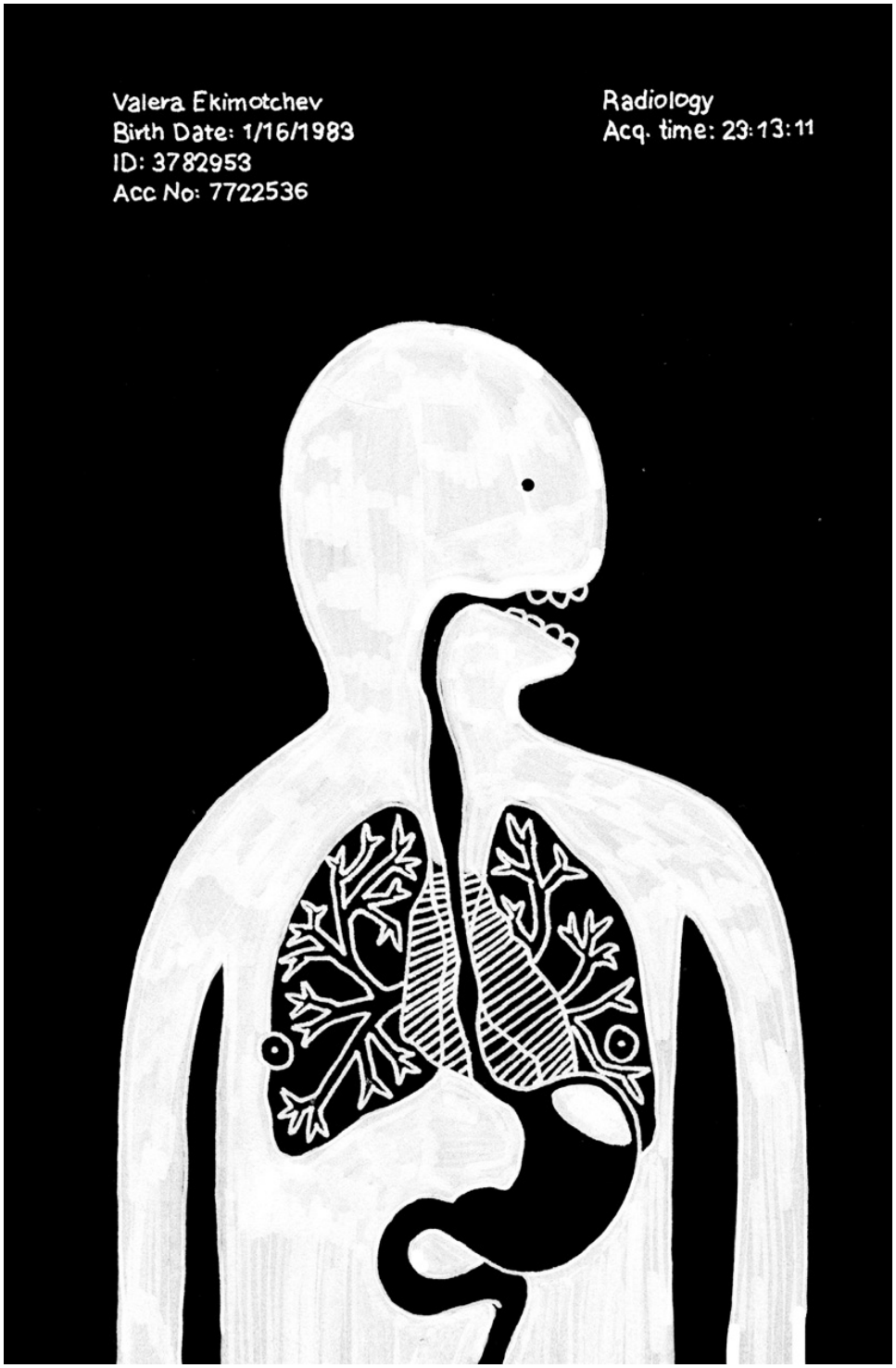


Abb.: Zur besseren Darstellung der Magenblase wurde auf die genaue Schwarzweiß-Verteilung eines Röntgenbildes verzichtet. Auf einem gewöhnlichen Röntgenbild

erscheinen dichte Materialien, wie Zähne oder Knochen, hell, weniger dichte Bereiche, wie die Magenblase oder die Luft in der Lunge, dunkel.

Auch das »gargelige« Aussehen der Speiseröhre ist hübscher, als es auf den ersten Blick wirkt. Wenn man genau hinschaut, sieht man, dass einige Muskelfasern spiralförmig um die Speiseröhre herumlaufen. Sie sind der Grund für die »gargeligen« Bewegungen. Wenn man sie in die Länge zieht, reißen sie nicht, sondern ziehen sich wie Telefonhörerkabel spiralig zusammen. Unsere Speiseröhre ist über Faserzüge mit unserer Wirbelsäule verbunden. Wenn wir uns ganz gerade hinsetzen und mit dem Kopf nach oben schauen, ziehen wir unsere Speiseröhre in die Länge. Dadurch wird sie enger und kann sich besser nach unten und oben verschließen. Nach einem üppigen Mahl hilft eine gerade Haltung also besser gegen saures Aufstoßen als ein runder Buckel.

Das schiefe Magenbeutelchen

Unser Magen sitzt viel weiter oben, als wir denken. Er beginnt knapp unter der linken Brustwarze und endet unter dem rechten Rippenbogen. Alles, was unterhalb von diesem schiefen Beutelchen weh tut, ist nicht der Magen. Wenn viele Leute meinen, sie haben etwas am Magen, ist es in Wirklichkeit ihr Darm. Auf dem Magen sitzen das Herz und die Lungen. Wenn wir so richtig viel gegessen haben, ist es deshalb schwieriger, ganz tief einzuatmen.

Ein vom Hausarzt oft übersehenes Syndrom ist das Römheld-Syndrom. Im Magen sammelt sich so viel Luft, dass sie von unten auf das Herz und die Eingeweidenerven drückt. Betroffene reagieren unterschiedlich. Ihnen wird schwindelig oder unwohl. Bei manchen Menschen geht es so weit, dass sie Angst oder Atemnot bekommen, wieder andere haben sogar einen starken Schmerz im Brustbereich wie bei einem Herzinfarkt. Häufig werden die Betroffenen von Ärzten wie überängstliche Simulanten behandelt, die sich alles nur einbilden. Hilfreicher wäre da mal die Frage: »Haben Sie probiert zu rülpsen oder zu pupsen?« Auf Dauer ist

dann der Verzicht auf blähendes Essen angesagt, das Wiedereinrenken der Magen- und Darmflora oder auch der Verzicht auf größere Mengen Alkohol. Alkohol kann gasproduzierende Bakterien auf das bis zu Tausendfache erhöhen. Einige Bakterien benutzen Alkohol nämlich als Nahrung (was man beispielsweise bei vergorenen Früchten schmeckt). Wenn im Darmtrakt fleißige Gasproduzenten sitzen, wird die nächtliche Disko zum morgendlichen Trompetenkonzert. Von wegen »Alkohol desinfiziert«?

Und nun zu seiner merkwürdigen Form. Die eine Seite des Magens ist viel länger als die andere, so dass sich das komplette Organ krumm biegen muss. Dadurch kommt es im Inneren zu großen Falten. Man könnte auch sagen: Der Magen ist der Quasimodo der Verdauungsorgane. Doch sein unförmiges Äußeres hat einen tieferen Sinn. Wenn wir einen Schluck Wasser trinken, kann die Flüssigkeit aus der Speiseröhre direkt an der rechten, kurzen Seite des Magens entlangfließen und am Tor zum Dünndarm landen. Essen dagegen plumpst auf die große Seite des Magens. So trennt unser Verdauungsbeutelchen überaus gefuchst, was es kleinkneten muss und was es schneller weiterleiten darf. Unser Magen ist nicht einfach *schief*, er hat einfach nur zwei Expertenseiten. Die eine kommt besser mit Flüssigem klar, die andere mit Festem. Zwei Magen in einem sozusagen.

Der umherschlängelnde Dünndarm

In unserem Bauch liegt ein drei bis sechs Meter langer Dünndarm, ganz locker, Schlinge für Schlinge. Wenn wir Trampolin springen, hüpft er einfach mit. Wenn wir in einem startenden Flugzeug sitzen, wird auch er in Richtung Sitzlehne gepresst. Wenn wir tanzen, schwubbelt er munter umher, und wenn wir unser Gesicht vor Bauchschmerzen verziehen, spannt er seine Muskeln in ziemlich ähnlicher Form an.

Nur wenige Menschen haben schon mal ihren eigenen Dünndarm gesehen. Auch bei einer Darmspiegelung schaut sich

der Arzt meistens nur den Dickdarm an. Wer die Chance hatte, sich mittels einer kleinen schluckbaren Kamera auf den Weg durch den Dünndarm zu machen, ist meist überrascht. Statt auf einen düsteren Schlauch trifft man auf dieses andersartige Wesen: wie Samt glänzend, nass und rosa und irgendwie zart. Kaum jemand weiß, dass nur der allerletzte Meter Dickdarm etwas mit Kot zu tun hat – die Meter davor sind überraschend sauber (übrigens auch weitgehend geruchlos) und beschäftigen sich treu und appetitlich mit allem, was wir ihnen entgegenschlucken.

Auf den ersten Blick mag der Dünndarm ein bisschen konzeptloser wirken als die anderen Organe. Unser Herz hat vier Kammern, unsere Leber ihre Leberlappen, Venen haben Klappen, und das Gehirn hat Areale – der Dünndarm dagegen schlängelt sich nur orientierungslos umher. Seine wahre Gestalt wird erst unter dem Mikroskop sichtbar. Wir haben es hier mit einem Wesen zu tun, das den Begriff »Liebe zum Detail« kaum besser verkörpern könnte.

Unser Darm will uns so viel Fläche bieten wie möglich. Dafür faltet er gerne. Da sind zuallererst die sichtbaren Falten – ohne sie bräuchten wir einen bis zu 18 Meter langen Dünndarm, um genug Verdauungsfläche zu haben. Ein Hoch auf die Falten! Ein Perfektionist wie der Dünndarm hört allerdings hier noch nicht auf. Auf einem einzigen Quadratmillimeter Darmhaut ragen dreißig winzige Zotten in den Nahrungsbrei. Diese Zotten sind so klein, dass wir sie fast noch sehen können – aber eben nur fast. Der Grenzbereich zwischen Sichtbarem und Unsichtbarem wird von unseren Augen so hoch aufgelöst, dass wir gerade noch eine samtartige Struktur erkennen. Die kleinen Zotten sehen unter dem Mikroskop wie große Wellen aus lauter Zellen aus. (Samt sieht ganz ähnlich aus.) Unter einem besseren Mikroskop erkennt man, dass jede einzelne dieser Zellen wieder mit lauter zotteligen Ausstülpungen besetzt ist. Zotten auf Zotten sozusagen. Diese Zotten wiederum haben einen samtartigen Besatz, hervorgerufen durch unzählige Gebilde aus Zucker, die in der Form Hirschgeweihen ähneln – das ist die sogenannte Glykokalix. Würde

man alles glattstreichen – Falten, Zotten und Zotten auf Zotten – , wäre unser Darm etwa sieben Kilometer lang.

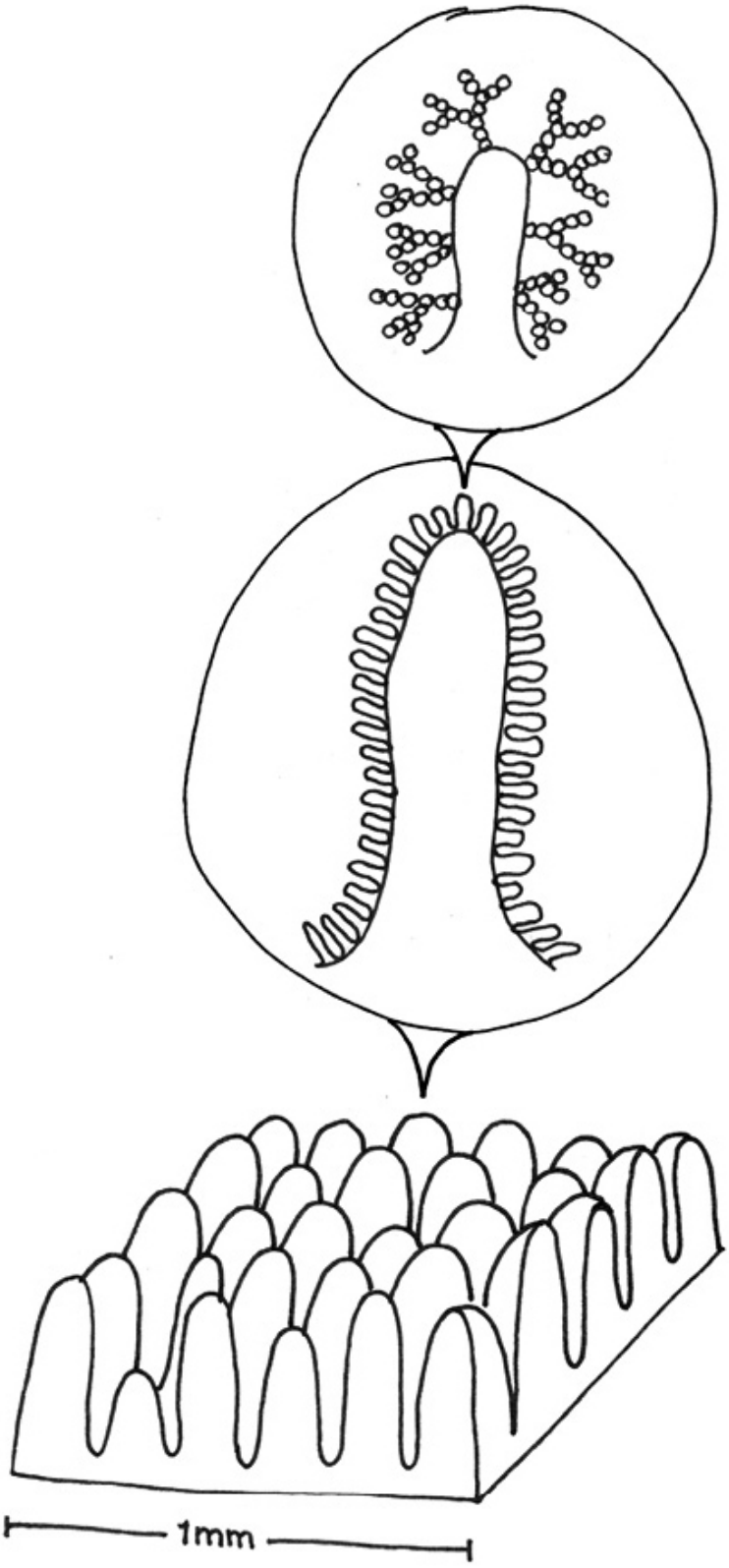

1mm

Abb.: Darmzotten, Mikrovilli und die Glykokalix

Warum muss er überhaupt so riesig sein? Insgesamt verdauen wir also auf einem Gebiet, das hundertmal größer ist als unsere Haut. Das scheint ziemlich unverhältnismäßig für eine kleine Portion Pommes oder einen einzelnen Apfel. Aber genau darum geht es in unserem Bauch: Wir vergrößern uns selbst und verkleinern alles Fremde, bis es so winzig ist, dass wir es aufnehmen können und es ein Teil von uns wird.

Damit fangen wir schon im Mund an. Ein Bissen von einem Apfel klingt nur deshalb so saftig, weil wir mit unseren Zähnen viele Millionen Apfelzellen platzen lassen wie Luftballons. Je frischer der Apfel ist, desto mehr Zellen sind noch intakt – deshalb vertrauen wir auf besonders laute Knackgeräusche.

Genauso wie wir knackige Frische lieben, bevorzugen wir auch erhitzte proteinreiche Lebensmittel. Steak, Rührei oder gebratenen Tofu finden wir leckerer als rohes Fleisch, glibbriges Ei oder kalten Tofu. Auch das liegt daran, dass wir intuitiv etwas verstanden haben. Im Magen passiert mit einem rohen Ei nämlich das Gleiche wie in der Pfanne: Eiweiß wird weiß, Eigelb wird pastellfarben, und beide stocken. Wenn wir uns nach genügend langer Zeit erbrechen würden, käme ein optisch astreines Rührei dabei heraus, und das ganz ohne Hitze. Proteine reagieren auf eine Herdplatte genauso wie auf Magensäure – sie entfalten sich. Dann sind sie nicht mehr so clever gebaut, um sich beispielsweise unsichtbar im Eiklar zu lösen, sondern zeigen sich als weiße Brocken. So können sie im Magen und Dünndarm sehr viel einfacher abgebaut werden. Kochen erspart uns also die ganze erste Ladung »Entfaltungsenergie«, die ansonsten der Magen dafür aufbringen müsste, und ist damit der outgesourcte Teil unseres Verdauungsgeschäfts.

Die allerletzte Verkleinerung der Nahrungsmittel, die wir zu uns nehmen, passiert letztendlich im Dünndarm. Ganz am Anfang gibt es ein kleines Loch in der Darmwand, das ist die Papille. Sie erinnert ein bisschen an die Speichelpünktchen im Mund – aber ist größer. Durch diese winzige Öffnung werden unsere

Verdauungssäfte auf den Nahrungsbrei gespritzt. Sobald wir etwas essen, werden sie in der Leber und in der Bauchspeicheldrüse produziert und dann zur Papille geliefert. Sie enthalten die gleichen Bestandteile wie Waschmittel und Spüli aus dem Supermarkt: Verdauungsenzyme und Fettlöser. Waschmittel wirken gegen Flecken, weil sie fettige, eiweißhaltige oder zuckrige Substanzen sozusagen von den Kleidern »wegverdauen« und im Abwasser davontransportieren, während alles nass geknetet wird. Das ist so ziemlich das Gleiche wie das, was im Dünndarm passiert. Hier werden allerdings vergleichsweise riesige Stücke Eiweiß, Fett oder Kohlenhydrate aufgelöst, um über die Darmwand in das Blut zu gelangen. Ein Apfelstückchen ist dann kein Apfelstückchen mehr, sondern eine Nährlösung aus Milliarden und Abermilliarden energiereichen Molekülen. Um sie alle einzeln aufzunehmen, braucht es eine recht große Fläche – 7 Kilometer Länge sind da gerade recht. So gibt es auch immer noch Sicherheitspuffer, wenn im Darm Entzündungen sind oder man sich eine Darmgrippe eingefangen hat.

In jeder einzelnen Dünndarmzotte befindet sich ein winziges Blutgefäß. Es wird mit den resorbierten Molekülen gefüttert. Alle Gefäße des Dünndarms laufen zusammen und fließen dann durch die Leber, die unsere Nahrung auf Schadstoffe und Gifte prüft. Gefährliches kann hier noch vernichtet werden, bevor es in unseren großen Blutkreislauf übergeht. Essen wir zu viel, werden hier erste Energiespeicher angelegt. Von der Leber aus fließt das nahrhafte Blut direkt zum Herzen. Von hier aus wird es mit einem kräftigen Stoß zu den vielen Zellen des Körpers gepumpt. Ein Zuckermolekül landet dann zum Beispiel bei einer Hautzelle in der rechten Brustwarze. Hier wird es aufgenommen und mit Sauerstoff verbrannt. Dabei entsteht Energie, um die Zelle lebendig zu halten, und als Nebenprodukte fallen Wärme und winzige Mengen Wasser an. Insgesamt passiert das bei so vielen kleinen Zellen gleichzeitig, dass wir konstant 36 bis 37 Grad Celsius warm sind.

Das Grundprinzip von unserem Energiestoffwechsel ist einfach: Damit ein Apfel heranreift, verbraucht die Natur Energie. Wir Menschen wiederum zerkleinern den Apfel und verbrennen ihn

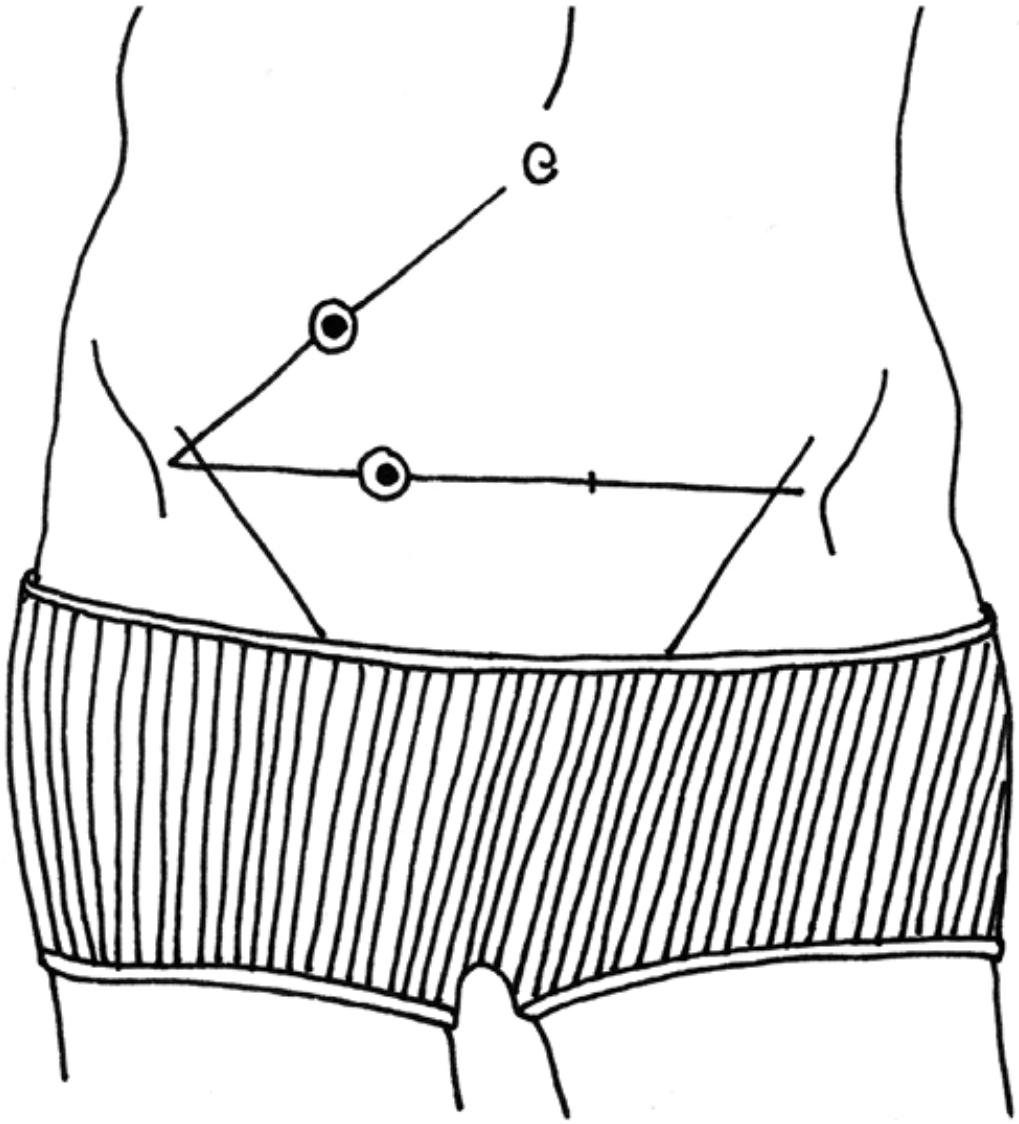
anschließend bis auf die Molekülebene. Die dabei wieder freiwerdende Energie nutzen wir, um zu leben. Alle Organe, die aus dem Darmrohr entstehen, können Brennmaterial für unsere Zellen beschaffen. Auch unsere Lungen machen nichts anderes, als mit jedem Atemzug Moleküle aufzunehmen. »Luft holen« bedeutet dann sozusagen, »gasförmige Nahrung zu sich zu nehmen«. Ein guter Teil unseres Körpergewichts kommt durch die eingeatmeten Atome zustande und nicht nur durch einen Cheeseburger. Pflanzen ziehen sogar den größten Teil ihres Gewichts aus der Luft und nicht aus der Erde … Ich hoffe allerdings nicht, hiermit die nächste Diät-Idee für ein Frauenmagazin geliefert zu haben.

In all unsere Organe stecken wir also Energie – und erst im Dünndarm bekommen wir auch mal etwas zurück. Das macht Essen zu so einer dankbaren Beschäftigung. Direkt nach dem letzten Happen kann man aber noch keinen Energieschub erwarten. De facto sind viele Menschen dann erst mal müde. Das Essen ist auch noch gar nicht im Dünndarm angekommen, sondern steckt in den Verdauungsvorbereitungen fest. Der Hunger ist zwar weg, weil der Magen durch die Nahrung gedehnt wurde, aber wir sind genauso schlapp wie vor dem Essen und müssen zusätzlich noch Kraft aufbringen für die aufwendige Durchmischung und Zerkleinerung. Dabei fließt eine Menge Blut durch unsere Verdauungsorgane. Viele Wissenschaftler gehen daher davon aus, dass unser Gehirn durch die geringere Durchblutung müde wird.

Einer meiner Professoren meint dazu: »Wenn das ganze Blut aus dem Kopf im Bauch wäre, wären wir tot oder ohnmächtig.« Tatsächlich gibt es auch andere mögliche Ursachen für die Müdigkeit nach dem Essen. Bestimmte Signalstoffe, die wir bei Sattheit ausschütten, können Hirnbereiche stimulieren, die uns müde machen. Die Müdigkeit stört vielleicht unser Gehirn bei der Arbeit, unser Dünndarm findet sie allerdings prima. Er kann am effektivsten arbeiten, wenn wir angenehm entspannt sind. Dann steht ihm nämlich die meiste Energie zur Verfügung, und das Blut ist nicht voll mit Stresshormonen. Der ruhige Buchleser ist in Sachen Verdauung erfolgreicher als ein angespannter Topmanager.

Der unnötige Blinddarm und der pummelige Dickdarm

Im Behandlungsraum einer Arztpraxis liegen, mit einem Thermometer im Mund und mit einem im Hintern. Es gibt schönere Tage. So lief früher eine der Untersuchungen bei Verdacht auf Blinddarmentzündung ab. War die Po-Temperatur deutlich höher als die des Mundes, galt das als ein wichtiges Indiz. Heutzutage verlassen sich Ärzte nicht mehr auf Thermometerdifferenzen. Hinweise auf eine Blinddarmentzündung sind Fieber plus Schmerzen rechts unterhalb des Bauchnabels (hier befindet sich der Blinddarm bei den meisten).



Auf diese Stelle zu drücken tut oft weh, während es links vom Bauchnabel dann kurioserweise wieder guttut. Sobald man den Finger links wieder wegnimmt – autsch! Das liegt daran, dass unsere Bauchorgane von einer Schutzflüssigkeit ummantelt sind. Bei Druck auf der linken Seite schwimmt rechts der entzündete Darm in einem größeren Flüssigkeitskissen, und das gefällt ihm gut. Ein anderer Hinweis auf eine Blinddarmentzündung sind Schmerzen beim Anheben des rechten Beines gegen einen

Widerstand (jemand muss dagegen drücken) und Appetitlosigkeit oder Übelkeit.

Unser Blinddarm gilt als unnötiges Organ. Kein Arzt auf der ganzen Welt würde allerdings einem Patienten mit schlimmen Bauchschmerzen den Blinddarm rausnehmen. Der Blinddarm ist ein offiziell wichtiger Teil des Dickdarms. Das, was man Menschen rausoperiert, ist der sogenannte Wurmfortsatz, der unten am Blinddarm dranhängt. Er sieht noch nicht mal wie ein echtes Stück Darm aus, sondern eher wie ein unaufgeblasener Luftballon, mit dem Clowns Tiere formen. Kein Wunder, dass ihn da niemand ernst nimmt und ihn nach dem nächstgrößeren Darmteil, an dem er dranhängt, benennt. So wie wenn man sagt: »Ich wohne in Frankfurt«, obwohl man in Lorsbach lebt.

Unser Wurmfortsatz ist nicht nur zu winzig, um sich mit Nahrungsbrei zu beschäftigen, er hängt auch noch an einer Stelle, zu der kaum Essen hinkommt. Der Dünndarm mündet ein Stück weiter oben seitlich in den Dickdarm und übergeht ihn damit einfach. Wir haben es hier mit einem Wesen zu tun, das eher von unten zuschauen kann, was die Welt über es hinwegschiebt. Wer sich noch an die Kuppellandschaft aus dem Mund erinnert, ahnt vielleicht schon, welche Kompetenz in dem merkwürdigen Beobachter schlummert! Obwohl er weit von seinen Kollegen entfernt ist, gehört der Wurmfortsatz zum Immungewebe der Mandeln.

Unser Dickdarm beschäftigt sich mit den Dingen, die im Dünndarm nicht aufgenommen werden können. Deswegen sieht er auch nicht samtig aus. Es wäre schlichtweg vergebene Mühe, hier noch mal lauter aufnahmefreudige Zotten hinzusetzen. Stattdessen ist er die Heimat von Darmbakterien, die letzte Essensreste für uns zerlegen. Für diese Bakterien interessiert sich wiederum unser Immunsystem sehr.

Der Wurmfortsatz sitzt also an einer vortrefflichen Stelle! Weit genug weg, um sich nicht mit dem ganzen Nahrungskram zu beschäftigen, aber nah genug dran, um sich alle fremden Mikroben anzuschauen. Während in den Wänden des Dickdarms große Lager mit Immunzellen sind, besteht der Wurmfortsatz fast

ausschließlich aus Immungewebe. Kommt hier ein schlechter Keim vorbei, ist er rundherum umzingelt. Das heißt allerdings auch, dass sich alles rundherum entzünden kann – 360°-Panorama sozusagen. Wenn der kleine Wurmfortsatz dabei stark anschwillt, wird es für ihn noch schwerer, die Keime aus sich herauszufegen. So kommt es zu den mehr als hunderttausend »Blinddarm-OPs« jedes Jahr allein in Deutschland.

Das ist allerdings nicht der einzige Effekt. Wenn hier nur die Guten überleben und alles Gefährliche attackiert wird, hieße das im Umkehrschluss, in einem gesunden Wurmfortsatz sitzt eine sehr ausgewählte Sammlung an feinsten, hilfreichen Bakterien. Genau das ist das Ergebnis der Studien der amerikanischen Forscher Randal Bollinger und William Parker, die diese Theorie 2007 aufgestellt haben. Praktisch ist das beispielsweise nach einer kräftigen Runde Durchfall. Dann sind oft viele der typischen Darmbewohner weggefegt, und es ist ein leichtes Spiel für neue Mikroben, die freie Fläche zu besiedeln. Diesen Job will man ungerne dem Zufall überlassen. Genau hier springt nach Bollinger & Parker das Team aus dem Wurmfortsatz ein und breitet sich schützend von unten über den gesamten Dickdarm aus.

In Deutschland leben wir nicht gerade in einem Gebiet mit vielen Durchfallerregern. Auch wenn wir mal eine Darmgrippe erhaschen, ist unsere Umwelt mit viel ungefährlicheren Mikroben bestückt als beispielsweise Indien oder Spanien. Man kann also sagen, dass wir den Wurmfortsatz nicht so dringend brauchen wie die Menschen dort. Deshalb sollte man sich auch keine großen Sorgen machen, wenn man eine Blinddarm-OP hatte oder vor sich hat! Die Immunzellen des restlichen Dickdarms sind zwar nicht ganz so dicht beieinander, aber insgesamt sind sie um ein Vielfaches zahlreicher als die des Wurmfortsatzes und kompetent genug, um den Job zu übernehmen. Wer Durchfall bekommt und auf Nummer sicher gehen will, kann sich dann für die Wiederbevölkerung des Darms auch gute Bakterien in der Apotheke kaufen.

Jetzt dürfte klarer sein, wozu wir den Blinddarm beziehungsweise Wurmfortsatz haben. Warum aber hängt da so ein Dickdarm dran? Die Nahrung wurde ja schon aufgenommen,

Zotten gibt es hier auch keine mehr, und was will die Darmflora überhaupt mit den unverdaulichen Resten? Unser Dickdarm schlängelt sich nicht umher. Er legt sich wie ein dicker Bilderrahmen außen um den Dünndarm herum. Dass er »dick« genannt wird, ist für ihn keine Beleidigung. Er braucht für seine Aufgaben eben mehr Raum.

Wer gut mit seinen Ressourcen umgeht, übersteht auch harte Zeiten. Genau das ist das Lebensmotto von unserem Dickdarm. Er lässt sich für alles Übriggebliebene Zeit und verdaut gründlich zu Ende. Im Dünndarm kann in der Zwischenzeit schon die zweite oder dritte Mahlzeit aufgenommen werden – der Dickdarm lässt sich davon nicht beirren. Überbleibsel aus dem Essen werden etwa 16 Stunden lang gewissenhaft überarbeitet. Dabei werden Stoffe aufgenommen, die wir sonst in aller Eile verloren hätten: Wichtige Mineralien wie Calcium können erst hier wirklich resorbiert werden. Durch die sorgfältige Zusammenarbeit von Dickdarm und Darmflora bekommen wir außerdem eine Extradosis energiereicher Fettsäuren, Vitamin K, Vitamin B12, *Thiamin* (Vitamin B1) und *Riboflavin* (Vitamin B2). Das ist für vieles hilfreich, zum Beispiel für eine funktionierende Blutgerinnung, für starke Nerven oder auch als Schutz vor Migräne. Auf dem letzten Meter Darm wird auch unser Wasser- und Salzhaushalt sehr genau ausbalanciert: Nicht, dass es jemand ausprobieren sollte, aber unser Kot ist immer exakt gleich salzig. Durch dieses feine Tarieren kann ein ganzer Liter Flüssigkeit gespart werden. Würde das hier nicht erledigt, müssten wir jeden Tag einen ganzen Liter mehr trinken.

Wie im Dünndarm werden alle resorbierten Errungenschaften des Dickdarms über das Blut zur Leber gebracht, dort gegengeprüft und danach in den großen Kreislauf weitergegeben. Die letzten Zentimeter des Darmrohrs schicken ihre Blutgefäße allerdings nicht über die entgiftende Leber, sondern direkt in den großen Kreislauf. In der Regel wird hier auch gar nichts mehr aufgenommen, weil das schlichtweg schon erledigt ist. Es gibt allerdings eine Ausnahme: Zäpfchen. Zäpfchen können viel weniger Medikament enthalten als schluckbare Pillen und wirken trotzdem schneller. Tabletten und Säfte müssen wir oft nur deshalb so hoch dosieren, weil die Leber

einen großen Teil davon entgiftet, bevor sie überhaupt an den Wirkungsort gelangen. Das ist allerdings unpraktisch, weil wir diese »Giftstoffe« ja wegen ihrer praktischen Effekte haben wollen. Wer die Leber erst gar nicht mit Fiebersenkern und Co. belasten will, nutzt die Abkürzung des Enddarms mit Zäpfchen gut aus. Das ist vor allem bei Kindern und älteren Menschen eine prima Idee.

Was wir wirklich essen

Die wichtigste Phase unserer Verdauung findet im Dünndarm statt, wenn die maximale Fläche auf die winzigste Zerkleinerung der Nahrung trifft. Hier entscheidet sich, ob wir Laktose vertragen, was gesunde Nahrung ist oder welches Essen Allergien hervorruft. Unsere Verdauungsenzyme arbeiten in dieser letzten Etappe wie winzige Scheren: Sie zerschnippeln das Essen so lange, bis es den kleinsten gemeinsamen Nenner mit unseren Körperzellen hat. Der Trick der Natur ist nämlich, dass alle lebendigen Dinge aus den gleichen Grundmaterialien bestehen: aus Zuckermolekülen, Aminosäuren und Fetten. All unsere Nahrungsmittel kommen von Lebewesen – dazu gehört nach biologischer Definition ein Apfelbaum genauso wie eine Kuh.

Zuckermoleküle können zu komplexen Ketten verknüpft werden. Sie schmecken dann nicht mehr süß und sind die sogenannten Kohlenhydrate in Lebensmitteln wie Brot, Nudeln oder Reis. Wer eine Scheibe Toastbrot verdaut, bekommt nach der Schnippelarbeit der Enzyme folgendes Endprodukt: die gleiche Menge Zuckermoleküle, wie wenn er ein paar Löffel weißen Haushaltszucker gegessen hätte. Der einzige Unterschied besteht darin, dass Haushaltszucker keine große Enzymbearbeitung braucht, sondern schon so kleingestückelt im Dünndarm ankommt, dass er direkt ins Blut aufgenommen werden kann. Zu viel purer Zucker auf einmal versüßt unser Blut für kurze Zeit.

Der Zucker aus sehr hellem Toastbrot wird von den Enzymen relativ schnell verdaut. Bei Vollkornbrot geht es viel langsamer vonstatten! Es besteht aus besonders komplizierten Zuckerketten, die Stück für Stück auseinandergebaut werden müssen. Vollkornbrot ist deshalb keine Zuckerbombe, sondern ein wohltuendes Zuckerdepot. Übrigens: Auf eine plötzliche Versüßung muss der Körper viel heftiger reagieren, um alles wieder in ein gesundes Gleichgewicht zurückzubringen. Er schüttet dann große Mengen Hormone aus, vor allem Insulin, und das bewirkt, dass

man, wenn der Sondereinsatz vorbei ist, schneller wieder müde ist. Wenn Zucker nicht zu schnell aufgenommen wird, ist er ein wichtiger Rohstoff. Dann können wir ihn als heizendes Brennholz für unsere Zellen nutzen oder auch, um eigene Zuckerstrukturen wie die Hirschgeweih-Glykokalix auf unseren Darmzellen herzustellen.

Trotzdem mag unser Körper zuckrig Süßes, denn er spart Arbeit – eben weil es schneller aufnehmbar ist, genauso wie warme Proteine. Hinzu kommt, dass Zucker enorm schnell in Energie umgesetzt wird. Diese erfolgreiche Energiezufuhr wiederum wird vom Gehirn mit guten Gefühlen belohnt. Es gibt allerdings einen Fallstrick: Noch nie in der Geschichte der Menschheit mussten wir mit einem so enormen Überangebot an Zucker umgehen. In amerikanischen Supermärkten ist bereits in rund 80 Prozent der verarbeiteten Produkte Zucker zugesetzt. Evolutionstechnisch hat unser Körper also gerade das Süßigkeitenversteck gefunden und frisst sich ahnungslos voll, bevor er mit Zuckerschock und Bauchweh auf dem Sofa zusammensackt.

Auch wenn wir wissen, dass zu viel Naschen ungesund ist, unseren Instinkten kann man es nicht verübeln, wenn sie begeistert zuschlagen. Essen wir zu viel Zucker, speichern wir ihn einfach für harte Zeiten ab. Das ist eigentlich eine praktische Sache. Zum einen erledigen wir das, indem wir ihn wieder zu langen Zuckerketten formen und als sogenanntes Glykogen in der Leber lagern, zum anderen, indem wir ihn zu Fett umbauen und im Fettgewebe horten. Zucker ist der einzige Stoff, den unser Körper mit wenig Aufwand zur Fettherstellung nutzen kann.

Die Glykogenspeicher sind schon nach einer Weile Joggen aufgebraucht – ziemlich genau dann, wenn man denkt: Jetzt fühlt es sich aber plötzlich anstrengend an. Deshalb raten Ernährungsphysiologen, mindestens eine Stunde Sport zu treiben, wenn man Fett verbrennen will. Frühestens nach dem ersten kleinen Leistungsknick werden die edlen Reserven richtig angezapft. Wir ärgern uns vielleicht darüber, dass nicht sofort der Bauchspeck angegangen wird – aber unser Körper versteht diesen Ärger nicht, denn: Menschliche Zellen verehren Fett.

Fett ist von allen Nahrungsteilchen die effizienteste und wertvollste Substanz! Die Atome sind so ausgefuchst aneinandergebaut, dass Fett – im Vergleich zu Kohlenhydrate oder Proteine – pro Gramm doppelt so viel Energie bündeln kann. Wir benutzen es, um unsere Nerven damit zu ummanteln – wie die Plastikhülle um Elektrokabel. Durch diese Ummantelung sind wir so schnelle Denker. Einige wichtige Hormone in unserem Körper werden aus Fett gemacht, und letztlich ist jede einzelne unserer Zellen in eine fettige Membran eingehüllt. So etwas Besonderes wird geschützt und nicht beim ersten kleinen Sprint verjubelt. Sollte die nächste Hungersnot kommen – und in den vergangenen Millionen Jahren gab es viele – , ist jedes Gramm Bauchspeck eine Lebensversicherung.

Auch für unseren Dünndarm ist Fett etwas ganz Besonderes. Es kann nicht, so wie die anderen Nährstoffe, einfach aus dem Darm ins Blut aufgenommen werden. Fett ist nicht wasserlöslich – es würde die winzigen Blutgefäße in den Dünndarmzotten sofort verstopfen und in den größeren Adern wie Öl auf dem Spaghettiwasser schwimmen. Die Aufnahme von Fett läuft deshalb anders ab: über unser Lymphsystem. Lymphgefäße sind für Blutgefäße so etwas wie Robin für Batman. Jedes Blutgefäß im Inneren des Körpers wird von einem Lymphgefäß begleitet, auch jedes ganz kleine Äderchen im Dünndarm. Während die Blutadern dick und rot sind und heldenhaft Nährstoffe in unsere Gewebe pumpen, sind Lymphgefäße dünn und weißlich-durchsichtig. Sie holen gepumpte Flüssigkeit wieder aus dem Gewebe zurück und transportieren Immunzellen, um überall für das Rechte zu sorgen.

Lymphgefäße sind so schmächtig, weil sie keine muskulösen Wände wie unsere Blutadern haben. Oft arbeiten sie einfach mit der Schwerkraft zusammen. Deshalb haben wir morgens beim Aufwachen dicke Augen. Im Liegen kann die Schwerkraft nämlich nicht viel ausrichten, die kleinen Lymphgefäße im Gesicht sind zwar gutmütig geöffnet, aber erst wenn wir uns gerade hinstellen, kann die Flüssigkeit, die über Nacht vom Blut hierhin transportiert wurde, wieder über sie nach unten abfließen. (Unsere Unterschenkel sind nach langem Herumlaufen deshalb nicht voll mit Flüssigkeit, weil

die Beinmuskeln die Lymphgefäße bei jedem Schritt zusammendrücken und so das Gewebswasser nach oben gepresst wird.) Überall im Körper gehört die Lymphe eher zu den unterschätzten Schwächlingen – außer im Dünndarm. Hier hat sie ihren großen Auftritt! Alle Lymphgefäße laufen zu einem beachtlich breiten Gefäß zusammen und können das ganze verdaute Fett sammeln, ohne Gefahr zu laufen, verstopft zu werden.

Dieses Gefäß trägt den schon fast mächtig klingenden Namen *Ductus thoracicus*! Man könnte ihn mit den Worten vorstellen: »Es lebe der *Ductus* und bringe uns bei, warum edles Fett so wichtig ist und schlechtes Fett so schlecht!« Kurz nach einer fettreichen Mahlzeit sind im *Ductus* so viele winzige Fetttröpfchen, dass die Flüssigkeit nicht mehr durchsichtig, sondern weiß ist wie Milch. Deshalb nennt man den *Ductus* auch Milchbrustgang. Männer wie Frauen haben einen. Wenn sich das Fett im *Ductus* gesammelt hat, macht es einen Bogen vom Bauch durch das Zwerchfell schnurstracks zum Herz. (Hier wird die gesammelte Flüssigkeit aus Beinen, Augenlidern und auch vom Darm hineingekippt.) Edles Olivenöl oder auch billiges Fritteusenfett wird also direkt ins Herz gegossen. Vorher gibt es keinen Umweg über die Leber – wie bei allem anderen, was wir verdauen.

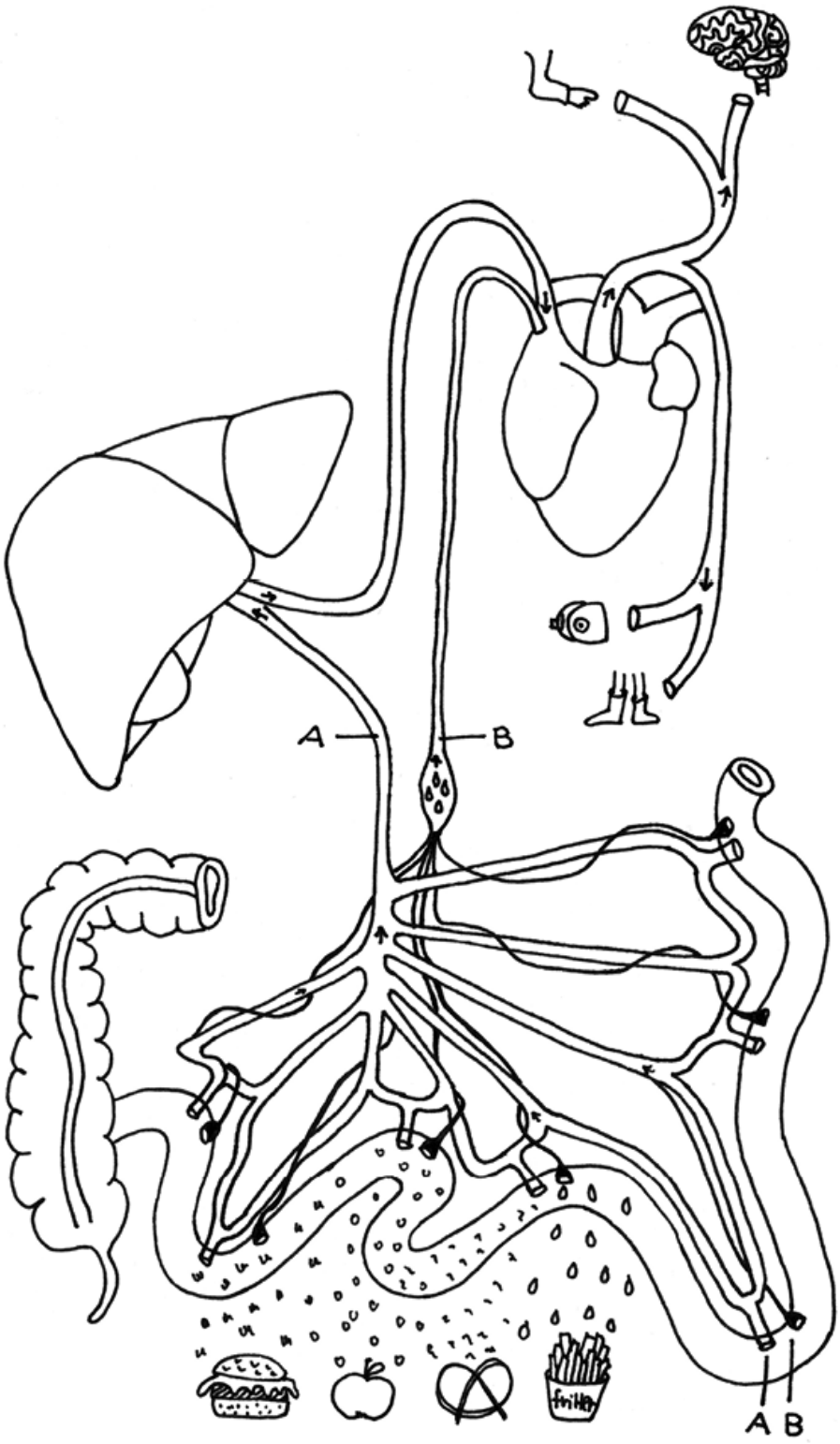

A
B
A
B
fries

Abb.: A = Blutgefäße laufen über die Leber und dann zum Herz.
B = Lymphgefäße führen direkt ins Herz.

Entgiftung von gefährlichem, schlechtem Fett findet erst statt, nachdem das Herz alles einmal kräftig herumgepumpt hat und die Fetttröpfchen dann irgendwann zufällig in einem Blutgefäß der Leber gelandet sind. Die Leber beherbergt ziemlich viel Blut, weshalb die Wahrscheinlichkeit hoch ist, dass so eine Begegnung bald stattfinden wird – aber zuvor sind Herz und Gefäße schutzlos dem ausgeliefert, was McDonald's und Co. zum günstigsten Preis erwerben konnten.

So wie übles Fett Schlechtes bewirken kann, so kann gutes wundervolle Auswirkungen haben. Wer ein paar Euro mehr für echtes kaltgepresstes Olivenöl (Extra Vergine) ausgibt, tunkt sein Baguette in einen wohltuenden Balsam für Herz und Gefäße. Zu Olivenöl gibt es viele Studien, die nahelegen, dass es vor Arteriosklerose, zellulärem Stress, Alzheimer und Augenkrankheiten (wie der Makuladegeneration) schützen kann. Darüber hinaus sieht man positive Effekte bei entzündlichen Krankheiten wie rheumatischer Arthritis und auch bei der Vorbeugung von bestimmten Krebsarten. Besonders spannend für alle, die Fett fürchten, ist auch Folgendes: Olivenöl hat das Potential, gegen ungewollte Speckröllchen anzukämpfen. Es blockiert nämlich ein Enzym im Fettgewebe, die Fettsäuresynthase, die gerne aus überflüssigen Kohlenhydraten Fett herstellt. Nicht nur wir profitieren von Olivenöl, auch die guten Bakterien im Darm mögen eine kleine Pflegeeinheit.

Gutes Olivenöl kostet auch mal einen Euro mehr, es schmeckt nicht fettig oder ranzig, sondern grün und fruchtig, und es verursacht beim Schlucken manchmal ein kratziges Gefühl durch die darin enthaltenen Gerbstoffe. Wem diese Beschreibung etwas zu abstrakt war, der kann sich auch über die verschiedenen Gütesiegel zur guten Flasche entlanghangeln.

Das Olivenöl frohen Mutes in die Pfanne kippen ist allerdings eine weniger gute Idee – denn: Hitze macht vieles kaputt! Heiße Herdplatten sind zwar super für Steak und Ei, aber nicht bei öligen

Fettsäuren, die dadurch chemisch verändert werden können. Zum Braten nimmt man am besten sogenanntes Bratöl oder feste Fette wie Butter oder Kokosfett. Sie sind zwar voller verpönter gesättigter Fettsäuren, aber auch stabiler, wenn es um Hitze geht.

Edle Öle sind nicht nur hitzesensibel, sondern fangen auch gerne freie Radikale aus der Luft ab. Freie Radikale richten in unserem Körper viel Schaden an, weil sie gar nicht so gerne frei sind, sondern sich viel lieber fest binden wollen. Dabei hängen sie sich an alles Mögliche – an Blutgefäße, Gesichtshaut oder Nervenzellen – und sorgen so für Gefäßreizungen, Hautalterung und Nervenkrankheiten. Wenn sie sich an unser Öl binden wollen, wunderbar, aber bitte erst in unserem Körper und nicht in der Küche. Deshalb den Deckel nach Gebrauch gut zudrehen, und ab damit in den Kühlschrank.

Tierisches Fett in Fleisch, Milch oder Eiern beinhaltet viel mehr *Arachidonsäure* als pflanzliche Öle. Aus *Arachidonsäure* stellt unser Körper schmerzfördernde Signalstoffe her. In Ölen wie Rapsöl, Leinöl oder Hanföl hingegen ist mehr entzündungshemmende *Alpha-Linolensäure*, und in Olivenöl befindet sich eine Substanz mit vergleichbarer Wirkung, die *Oleocanthal* heißt. Diese Fette wirken ähnlich wie Ibuprofen oder Aspirin, nur in sehr viel geringeren Dosen. Bei akutem Kopfweh helfen sie also nicht – ein regelmäßiger Gebrauch kann aber helfen, wenn man eine entzündliche Krankheit hat oder häufiger unter Kopfschmerzen oder Menstruationsbeschwerden leidet. Manchmal werden die Schmerzen schon etwas milder, wenn man darauf achtet, mehr pflanzliche als tierische Fette zu sich zu nehmen.

Ein Allheilmittel für Haut und Haare ist Olivenöl allerdings nicht. Dermatologische Studien konnten sogar zeigen, dass pures Olivenöl die Haut leicht reizt und dass die Haare durch Olivenöl meist so fettig werden, dass das Auswaschen im Anschluss den Pflegeeffekt wieder zunichtemacht.

Auch im Körper kann man es mit Fett übertreiben. Zu viel – egal ob gutes oder schlechtes – übersteigt unsere Kapazitäten. Das ist dann so, wie wenn man sich viel zu viel Creme ins Gesicht

schmiert. Von Ernährungsphysiologen wird empfohlen, 25 bis maximal 30 Prozent des täglichen Energiebedarfs durch Fett zu decken. Das wären durchschnittlich 55 bis 66 Gramm pro Tag – sportliche große Menschen können etwas mehr zu sich nehmen, ruhigere kleine Menschen lieber etwas weniger. Mit einem Big Mac hat man praktischerweise schon die Hälfte des täglichen Fettbedarfs abgedeckt – fragt sich nur, mit welcher Art von Fett. Bei einem Chicken-Teriyaki-Sandwich der Fastfoodkette Subway kommt man nur auf 2 Gramm … wie man die restlichen 53 nötigen Gramm bekommt, ist einem dann irgendwie selbst überlassen.

Nach Kohlenhydraten und Fett fehlt jetzt nur noch der dritte – und wohl unbekannteste –Grundbaustein unserer Nahrung: die Aminosäuren. Es ist eine komische Vorstellung, aber neutral bis nussig schmeckender Tofu oder würzig-salziges Fleisch besteht aus lauter kleinen Säuren. Wie bei den Kohlenhydraten werden die kleinen Bausteine in Ketten aneinandergereiht. Sie schmecken dadurch anders und heißen am Ende anders, nämlich Protein. Im Dünndarm nehmen die Verdauungsenzyme das Gebilde auseinander, und die Darmwand schnappt sich die wertvollen Einzelteile. Es gibt zwanzig solcher Aminosäuren und unendliche Möglichkeiten, sie zu den verschiedensten Proteinen zu kombinieren. Wir Menschen bauen mit deren Hilfe zum Beispiel unsere DNA, unser Erbgut, bei jeder neuen Zelle, die wir tagsüber herstellen. Das tun auch alle anderen Lebewesen, egal ob Pflanze oder Tier. Deshalb beinhaltet alles, was man in der Natur essen kann, Protein.

Sich fleischlos ohne Mangelerscheinungen zu ernähren ist ausgeklügelter, als viele denken: Pflanzen bauen andere Proteine als Tiere, und oft benutzen sie von einer Aminosäure so wenig, dass man ihre Proteine »inkomplett« nennt. Wenn wir dann aus ihren Aminosäuren wiederum eigene Proteine bauen wollen, kommen wir in der Kette nur so weit, bis uns eine Aminosäure ausgeht! Halbfertige Proteine werden dann einfach wieder kaputtgemacht, und wir pinkeln die kleinen Säuren aus oder recyceln sie noch irgendwie. Bohnen fehlt die Aminosäure *Methionin*, Reis und Weizen (und damit Seitan) fehlt *Lysin*, Mais

fehlen sogar gleich zwei: *Lysin* und *Tryptophan*! Das ist aber nicht der endgültige Triumph der Fleischliebhaber über die fleischlos essenden Menschen: Vegetarier und Veganer müssen einfach nur vielfältig essen.

Bohnen haben zwar kein *Methionin*, aber dafür eine Riesenmenge *Lysin* – eine Weizentortilla mit Bohnenpaste und leckerer Füllung liefert alle Aminosäuren, die man für die eigene Proteinherstellung braucht. Wer Ei und Käse isst, kann auch dadurch inkomplette Proteine ausgleichen. In vielen Ländern nehmen die Menschen seit Jahrhunderten ganz intuitiv Mahlzeiten zu sich, die sich so ergänzen: Reis mit Bohnen, Nudeln mit Käse, Fladenbrot mit Humus oder Toast mit Erdnussbutter. Früher ging man davon aus, dass man verschiedene Lebensmittel innerhalb einer Mahlzeit kombinieren muss. Heute wissen wir, dass das nicht nötig ist. Solange die alltägliche Ernährung hier und da etwas aufgemischt wird, kann unser Körper gut haushalten. Es gibt auch Pflanzen, die alle wichtigen Aminosäuren in genügenden Mengen beinhalten: Soja und Quinoa oder auch Amaranth, Spirulina-Algen, Buchweizen und Chia-Samen. Tofu hat deshalb schon zu Recht seinen Ruf als Fleischersatz – allerdings mit der Einschränkung, dass mittlerweile immer mehr Menschen darauf allergisch reagieren.

Allergien, Unverträglichkeiten und Intoleranzen

Eine Theorie zur Entstehung von Allergien setzt bei der Verdauung im Dünndarm an. Wenn wir es nicht schaffen, ein Protein auf die einzelnen Aminosäuren herunterzubrechen, können winzige Stückchen davon übrig bleiben. Normalerweise werden sie dann einfach nicht ins Blut aufgenommen. Die unerwartete Macht liegt aber bei den Unauffälligen – in diesem Fall bei der Lymphe. Solche kleinen Partikel könnten, in einem Fetttröpfchen eingeschlossen, in die Lymphe gelangen und dort von aufmerksamen Immunzellen aufgeschnappt werden. Sie finden dann zum Beispiel einen winzigen Partikel Erdnuss mitten in der Lymphflüssigkeit und greifen den Fremdkörper natürlich an.

Wenn sie ihn das nächste Mal sehen, sind sie schon besser darauf vorbereitet und können stärker attackieren – irgendwann reicht es sogar, die Erdnuss in den Mund zu nehmen, und die informierten Immunzellen vor Ort packen ihre Uzis aus. Die Folge sind immer stärker werdende allergische Reaktionen wie beispielsweise das extreme Anschwellen von Gesicht und Zunge. Eine solche Erklärung passt zu Allergien, die vor allem von Lebensmitteln ausgelöst werden, die fettig und gleichzeitig proteinreich sind, wie Milch, Ei und, allen voran, Erdnüsse. Warum es fast keine Menschen gibt, die auf fettigen Frühstücksspeck allergisch sind, hat einen einfachen Grund. Wir bestehen selbst aus Fleisch und können es in der Regel gut verdauen.

Zöliakie und Glutensensitivität

Die Allergieentwicklung über den Dünndarm kann nicht nur durch Fett ausgelöst werden. Allergene wie Krabben, Pollen oder Gluten sind keine Fettbomben per se, und Menschen, die fettreich essen,

haben nicht unbedingt mehr Allergien als andere. Eine weitere Theorie für die Entstehung von Allergien ist folgende: Unsere Darmwand kann für kurze Zeit durchlässiger sein und dadurch tatsächlich zulassen, dass Nahrungsüberbleibsel in das Darmgewebe und Blut gelangen. Mit diesem Vorgang beschäftigen sich Wissenschaftler vor allem im Zusammenhang mit Gluten, einem Proteingemisch aus Getreidesorten wie Weizen.

Es ist nicht etwa so, dass Getreide gerne von uns gegessen wird. Eigentlich will sich eine Pflanze vermehren – und wir essen ihre Nachkommen einfach. Statt uns eine Szene zu machen, vergiften Pflanzen ihre Samen kurzerhand ein klein wenig. Das alles ist weitaus weniger dramatisch, als es im ersten Moment klingt – ein paar gegessene Weizenkörner sind für beide Seiten noch in Ordnung. So können Menschen gut überleben und Pflanzen auch noch. Je mehr Gefahr eine Pflanze wittert, desto mehr solcher Stoffe gibt sie in ihre Samen. Weizen ist so in Sorge, weil seine Samen nur ein sehr kurzes Zeitfenster zum Wachsen und Fortpflanzen haben. Da darf nichts schiefgehen. In Insekten hemmt Gluten ein wichtiges Verdauungsenzym. Einem frechen Grashüpfer dürfte Weizengras damit schwer im Magen liegen, wenn er zu viel davon abknabbert, und genau dann ist auch für beide gut, wenn er damit aufhört.

Im menschlichen Darm kann Gluten teilweise unverdaut durch die Darmzellen wandern und von dort die Verbindung zwischen den einzelnen Zellen auflockern. Dadurch kommen Weizenproteine in Gebiete, in die sie nicht zu kommen haben, und das wiederum gefällt dem Immunsystem weniger gut. Einer von hundert Menschen hat eine genetische Glutenunverträglichkeit (Zöliakie), aber deutlich mehr Menschen haben eine Glutensensitivität!

Bei der Zöliakie kann der Verzehr von Weizen starke Entzündungen auslösen, die Darmzotten zerstören oder auch das Nervensystem schwächen. Die Betroffenen haben Bauchschmerzen, Durchfälle, wachsen als Kinder nicht so gut oder sind im Winter sehr blass. Das Kniffelige an dieser Erkrankung ist aber, dass sie mal mehr oder mal weniger ausgeprägt sein kann. Bei weniger starken Entzündungen merkt man oft jahrelang nichts.

Man hat zwar ab und zu Bauchschmerzen oder leidet eventuell unter Blutarmut, die ganz zufällig beim Hausarzt auffällt. Die beste Therapie bei Zöliakie ist zurzeit, ganz auf Weizen und Co. zu verzichten.

Bei einer Glutensensitivität kann man Weizen essen, ohne davon starke Dünndarmschäden zu bekommen, aber man sollte es auch nicht übertreiben. Ein bisschen so wie beim Grashüpfer. Viele Menschen merken aber erst, wenn sie eine bis zwei Wochen glutenfrei essen, dass es ihnen besser geht. Auf einmal haben sie seltener Verdauungsprobleme oder Blähungen, weniger Kopf- oder Gelenkschmerzen. Einige Menschen können sich besser konzentrieren oder sind seltener müde und abgeschlagen. Die Glutensensitivität wird erst seit sehr kurzer Zeit besser erforscht. Momentan lässt sich die Diagnose in etwa so zusammenfassen: Beschwerden bessern sich bei glutenfreier Ernährung, obwohl die Untersuchungen auf Zöliakie negativ sind. Die Darmzotten sind zwar nicht entzündet oder kaputt, aber das Immunsystem ist womöglich trotzdem unangenehm von zu vielen Brötchen berührt.

Die Durchlässigkeit des Darms kann auch nur kurze Zeit erhöht sein, zum Beispiel nach der Einnahme von Antibiotika, durch den Genuss von viel Alkohol oder durch Stress. Wer nur deshalb sensibel auf Gluten reagiert, kann sogar Zeichen einer richtigen Unverträglichkeit aufweisen. Dann hilft es, eine Zeitlang auf Gluten zu verzichten. Wichtig bei der endgültigen Diagnose sind eine ordentliche Untersuchung und der Nachweis bestimmter Moleküle auf den Blutkörperchen. Neben den allgemein bekannten Blutgruppen A, B, AB oder Null gibt es auch noch viele zusätzliche Eigenschaften wie das sogenannte DQ-Merkmal. Wer nicht zu den Gruppen DQ2 oder DQ8 gehört, hat mit hoher Wahrscheinlichkeit keine Zöliakie.

Laktose- und Fruktose-Intoleranz

Bei der Laktose-Intoleranz handelt es sich nicht um eine Allergie oder Unverträglichkeit. Aber auch hier kann Nahrung nicht

vollständig in ihre Einzelteile aufgespaltet werden. Laktose ist ein Bestandteil von Milch und besteht aus zwei chemisch verknüpften Zuckermolekülen – das Verdauungsenzym, das die beiden auseinanderschneidet, kommt nicht aus der Papille. Die Dünndarmzellen bauen es selbst oben auf ihren kleinsten Zotten. Laktose fällt auseinander, wenn sie die Darmwand berührt, und die einzelnen Zucker werden aufgenommen. Fehlt das Enzym, kann man ganz ähnliche Schwierigkeiten bekommen wie bei Glutenunverträglichkeit oder Glutensensitivität: Bauchschmerzen, Durchfall oder auch Blähungen. Anders als bei der Zöliakie wandern hier aber keine unverdauten Laktose-Partikel durch die Darmwand. Sie rutschen einfach weiter vom Dünndarm in den Dickdarm und ernähren dort gasproduzierende Bakterien. Blähungen und andere Beschwerden sind sozusagen Dankesgrüße von paradiesisch überfütterten Mikroben. Obwohl das sehr unangenehm ist, ist Laktose-Intoleranz bei weitem nicht so ungesund wie eine unerkannte Zöliakie.

Jeder besitzt die Gene für die Verdauung von Laktose. In seltenen Fällen gibt es damit tatsächlich von Geburt an Probleme. Babys können dann keine Muttermilch trinken, ohne davon starke Durchfälle zu bekommen. Bei 75 Prozent aller Menschen schaltet sich das Gen langsam ab, wenn sie älter werden. Wir trinken schließlich nicht mehr nur aus Busen oder Fläschchen. Außerhalb von Westeuropa, Australien und den USA ist man eine Rarität, wenn man als Erwachsener noch Milch verträgt. Auch in unseren Breitengraden häufen sich mittlerweile die laktose-freien Supermarktprodukte, denn aktuellen Schätzungen zufolge ist jeder fünfte Bundesbürger laktose-intolerant. Je älter man ist, desto höher ist auch die Wahrscheinlichkeit, Milchzucker nicht mehr aufspalten zu können – oft kommt man aber mit sechzig Jahren nicht auf den Gedanken, der Blähbauch oder das bisschen Durchfall käme vom gewohnten Glas Milch oder der köstlichen Sahnesoße.

Es ist allerdings ein Irrglaube zu meinen, man dürfe jetzt gar keine Milch mehr zu sich nehmen! In den meisten Fällen hat man eben noch Laktose spaltende Enzyme im Darm, aber ihre Aktivität

ist einfach etwas heruntergeschraubt. Sagen wir auf 10 bis 15 Prozent von dem, was sie früher mal konnten. Wenn man also feststellt, dass man ohne ein Glas Milch ein angenehmeres Bauchgefühl hat, kann man in Ruhe für sich herausfinden, wie viel noch geht und ab wann die Probleme kommen. Ein Stück Käse oder Sahne im Kaffee sind dann oft völlig in Ordnung, genauso wie Milchcremes in Süßigkeiten.

Ganz ähnlich verhält es sich bei der häufigsten Nahrungsmittelintoleranz in Deutschland. Jeder dritte Deutsche hat Probleme mit dem Fruchtzucker Fruktose. Daher rührt der Ballspiel-Klassiker »Kirschen essen«: »Kirschen gegessen, Wasser getrunken, Bauchweh bekommen …« Auch bei Fruktose gibt es starke, angeborene Unverträglichkeiten, die Betroffenen reagieren schon auf geringste Mengen mit Verdauungsproblemen. Der Großteil der Menschen hat aber eher ein Problem mit zu viel Fruktose. Die meisten wissen wenig darüber, und beim Einkaufen klingt »mit Fruchtzucker« gesünder als »mit Zucker«. Deshalb süßen Lebensmittelhersteller gerne mit purer Fruktose und tragen so zusätzlich dazu bei, dass unser Essen mehr Fruktose enthält als jemals zuvor.

Ein Apfel am Tag wäre für viele kein Problem – wenn nicht auch schon das Ketchup der Pommes, der gesüßte Fruchtjoghurt und der Eintopf aus der Dose Fruktose beinhalten würden. Einige Tomaten werden extra so gezüchtet, dass sie besonders viel Fruchtsüße enthalten. Darüber hinaus haben wir heute ein Fruchtangebot, das es ohne Globalisierung und Flugzeugtransport nirgendwo geben könnte. Ananas aus tropischen Gebieten liegen im Winter neben frischen Erdbeeren aus holländischen Gewächshäusern und ein paar getrockneten Feigen aus Marokko. Was wir also als Nahrungsmittelintoleranz einsortieren, ist womöglich nur die Reaktion eines völlig normalen Körpers, der sich innerhalb von einer Generation auf eine Ernährung umstellen muss, die er Millionen Jahre zuvor so nicht hatte.

Der Mechanismus, der sich hinter der Fruktose-Intoleranz verbirgt, ist noch mal anders als bei Gluten oder Laktose. Menschen mit einer angeborenen Intoleranz haben wenige Enzyme

zur Fruktose-Verarbeitung innerhalb ihrer Zellen. Die Fruktose kann sich also langsam innerhalb der Zellen anreichern und andere Prozesse stören. Tritt die Intoleranz erst später im Leben auf, vermutet man Probleme bei der Aufnahme des Fruchtzuckers im Darm. Hier gibt es dann oft weniger Transportkanäle in der Darmwand (sogenannte GLUT-5-Transporter). Nimmt man also eine kleine Menge Fruchtzucker zu sich – zum Beispiel eine Birne –, sind die Transportkanäle überlastet, und der Birnenzucker wandert, wie bei der Laktose-Intoleranz, zur Darmflora im Dickdarm. Allerdings diskutieren momentan einige Forscher, ob die spärlichere Transporteranzahl wirklich der Ursprung des Problems ist, denn auch Menschen ohne Beschwerden schicken einen Teil der Fruktose unverdaut zum Dickdarm (vor allem, wenn es sehr viel ist). Es kann zum Beispiel sein, dass die Darmflora ungeschickt zusammengesetzt ist. Wer dann eine Birne isst, schickt die übriggebliebene Fruktose zu einer Darm-Bakterien-Mannschaft, die damit besonders unangenehme Beschwerden verursacht. Das wird natürlich immer heftiger, je mehr Ketchup, Eintopf aus der Dose oder Fruchtjoghurt man zuvor schon zu sich genommen hat.

So eine Fruktose-Intoleranz kann sich auch auf unser Gemüt niederschlagen. Zucker hilft nämlich auch vielen anderen Nährstoffen dabei, ins Blut aufgenommen zu werden. Die Aminosäure *Tryptophan* etwa klammert sich bei der Verdauung gerne an Fruktose. Wenn wir aber so viel Fruktose im Bauch haben, dass ein großer Teil gar nicht aufgenommen werden kann, verlieren wir so auch das *Tryptophan*. *Tryptophan* wiederum brauchen wir, um *Serotonin* zu bauen. Das ist ein Signalstoff, der als Glückshormon bekannt wurde, weil ein Mangel an *Serotonin* zu Depressionen führen kann. Eine über lange Zeit unentdeckte Fruktose-Intoleranz kann also durchaus depressive Verstimmungen verursachen. Diese Erkenntnis hat erst seit sehr kurzer Zeit Einzug in ärztliche Praxen genommen.

Ob auch eine Ernährung mit viel zu viel Fruktose auf die Stimmung drückt, ist eine Frage, die sich daraus erst ergibt. Ab 50 Gramm Fruktose pro Tag (das wären fünf Birnen oder acht Bananen oder auch etwa sechs Äpfel) sind bei mehr als der Hälfte

vieler Menschen die natürlichen Transporter überlastet. Isst man mehr, kann das gesundheitliche Folgen haben wie Durchfall, Bauchweh, Blähungen und über längere Zeit auch depressive Verstimmungen. In den USA liegt der durchschnittliche Fruktose-Konsum heute schon bei 80 Gramm, unsere Eltern kamen mit Honig im Tee, wenig Fertigprodukten und einem normalen Obstverzehr noch auf 16 bis 24 Gramm pro Tag.

Serotonin sorgt nicht nur für gute Laune, sondern ist auch für ein zufriedenes Sattheitsgefühl verantwortlich. Hungerattacken und dauerndes Naschen können ein Nebeneffekt von Fruktose-Intoleranz sein, wenn zusätzlich noch andere Beschwerden wie Bauchweh auftreten. Ein interessanter Hinweis ist das auch für alle diätbewussten Salat-Esser. In sehr vielen Dressings aus dem Supermarkt oder Schnellrestaurants ist mittlerweile Fruktose-Glukose-Sirup enthalten. In Studien konnte nachgewiesen werden, dass dieser Sirup auch bei Menschen ohne Fruktose-Intoleranz bestimmte Signalstoffe für Sattheit (*Leptin*) unterdrückt. Ein Salat mit gleich viel Kalorien und einem selbstgemachten Essig-Öl- oder Joghurt-Dressing hält länger satt.

Wie alle Bereiche im Leben ist auch die Lebensmittelherstellung im ständigen Wandel. Manchmal haben Neuerungen gute Auswirkungen und manchmal schlechte. Das Pökeln etwa war einst eine fortschrittliche Methode, um zu verhindern, dass Menschen durch vergammeltes Fleisch vergiftet werden. Jahrhundertelang war es daher Brauch, Fleisch- und Wurstwaren zur Konservierung mit viel Nitritsalzen zu pökeln. Sie bekommen dadurch einen leuchtend roten Farbstich. Das ist der Grund, warum Schinken, Salami, Leberkäse oder auch Kassler beim Anbraten nicht braungrau wird wie etwa ein unbearbeitetes Stück Steak oder Kotelett. Im Jahr 1980 schließlich wurde die Verwendung von Nitrit wegen eventueller gesundheitlicher Risiken stark eingeschränkt. Wurstwaren enthalten nun nicht mehr als 100 Milligramm (ein tausendstel Gramm) Nitritsalz pro Kilogramm Fleisch. Seither erkranken auch sehr viel weniger Menschen an Magenkrebs. Die Korrektur einer einst sehr sinnvollen Neuerung war also mehr als

angebracht. Heute mischen kluge Metzger viel Vitamin C mit wenig Nitrit, um Fleisch auf sicherere Weise haltbar zu machen.

Solch ein modernes Umdenken könnte auch nötig sein, was die Verwendung von Weizen, Milch und Fruktose anbelangt. Es ist gut, solche Nahrungsmittel auf unserem Ernährungsplan zu haben, weil sie wertvolle Stoffe enthalten – aber vielleicht sollten wir die Mengen überdenken, die wir davon zu uns nehmen. Während unsere Urahnen, die Jäger und Sammler, jedes Jahr bis zu fünfhundert verschiedene einheimische Wurzeln, Kräuter und Pflanzen aßen, kommt unser Essen heute größtenteils von siebzehn Nutzpflanzen. Es ist nicht merkwürdig, wenn unser Darm mit solchen Umstellungen seine Schwierigkeiten hat.

Verdauungsprobleme spalten unsere Gesellschaft in zwei Gruppen: Die einen sorgen sich um ihre Gesundheit und achten sehr genau auf ihre Ernährung, die anderen sind genervt, dass sie mittlerweile kaum ein Abendessen für ihre Freunde zubereiten können, ohne in der Apotheke einzukaufen. Beide Seiten haben recht. Viele Menschen werden oft übervorsichtig, wenn sie beim Arzt von einer Nahrungsmittelintoleranz erfahren haben, und merken, dass ihre Beschwerden besser werden, wenn sie etwas weglassen. Sie essen dann keine Früchte, keine Getreide- oder keine Milchprodukte mehr, fast so, als ob diese giftig wären. Der größte Teil dieser Menschen reagiert aber eigentlich empfindlich auf zu viel davon und ist nicht aus genetischen Gründen völlig unverträglich. Er hat oft noch genug Enzyme für ein bisschen Sahnesoße, genauso wie er mal ein Stück Brezel oder ein fruchtiges Dessert verspeisen kann.

Auf die Empfindlichkeit an sich sollte man aber in jedem Fall achten. Nicht jede Neuerung in unserer Esskultur muss man brav runterschlucken. Weizen zum Frühstück, Mittagessen und Abendbrot, Fruktose in jedem Fertigprodukt, das nicht bei drei auf dem Baum ist, oder Milch lange nach der Säuglingszeit – es ist nicht verrückt, wenn das dem eigenen Körper nicht gefällt. Weder regelmäßige Bauchschmerzen passieren einfach so noch »immer mal wieder Durchfall« oder starke Abgeschlagenheit, und niemand sollte das einfach so hinnehmen. Auch wenn der Arzt dann

ausschließen kann, dass eine Zöliakie oder eine starke Fruktose-Intoleranz vorliegt – wer beim Weglassen merkt, dass es guttut, hat das Recht, sich gutzutun.

Antibiotikabehandlungen, großer Stress oder Magen-Darm-Infekte sind neben einem generellen *Zuviel* ein paar typische Auslöser dafür, dass man eine Zeitlang empfindlich auf bestimmte Lebensmittel reagiert. Sobald aber wieder gesunde Ruhe eingekehrt ist, kann sich auch ein sensibler Darm wieder einrenken. Die Lösung ist dann kein lebenslanger Verzicht, sondern dass man wieder etwas essen kann, was man eine Zeitlang nicht vertragen hat – nur eben in Mengen, die man gut verträgt.

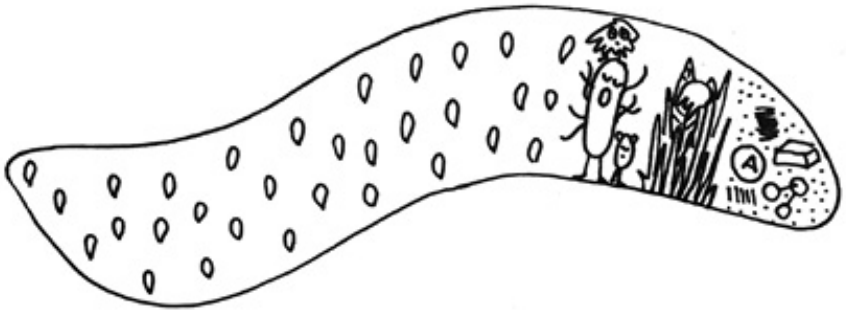
Eine kleine Lektüre zum Kot

Bestandteile
Farbe
Konsistenz

Liebe Leser, es wird Zeit, dass wir uns mit dem Eingemachten beschäftigen. Schnallen Sie Ihre Hosenträger enger, geben Sie der Brille den letzten Stups hoch auf die Nase, und trinken Sie einen gewagten Schluck Tee! Mit sicherem Abstand nähern wir uns einem mysteriösen Häufchen.

BESTANDTEILE

Viele Menschen denken, dass Kot vor allem aus dem besteht, was sie gegessen haben. Das stimmt nicht.



Kot besteht zu drei Vierteln aus Wasser. Wir verlieren rund 100 Milliliter Flüssigkeit täglich. Bei einem Verdauungsdurchlauf werden vom Darm schon ungefähr 8,9 Liter resorbiert. Worauf wir dann noch in der Toilettenschüssel schauen, ist also die absolute Maximaleffizienz: Was hier noch an Flüssigkeit enthalten ist, gehört auch hierhin. Durch den optimalen Wassergehalt ist der Kot weich genug, um unsere Stoffwechselreste sicher hinauszutransportieren.

Ein Drittel der festen Bestandteile sind Bakterien. Sie haben als Darmflora ausgedient und scheiden deshalb aus dem aktiven Dienst aus.

Ein weiteres Drittel sind unverdauliche Pflanzenfasern. Je mehr Gemüse oder Obst man isst, desto größere Häufchen kommen zustande. So kann man es von den durchschnittlichen 100 bis 200 Gramm Kotgewicht auch mal auf 500 Gramm pro Tag schaffen.

Das letzte Drittel ist ein Sammelsurium. Es besteht aus Stoffen, die der Körper loswerden will – wie beispielsweise Überbleibsel von Medikamenten, Farbstoffen oder Cholesterin.

FARBE

Die natürliche Farbe von menschlichem Kot ist braun bis gelbbraun. Auch wenn wir überhaupt nichts in diesem Farbton gegessen haben. Genauso ist es bei unserem Urin – immer tendiert er zu Gelb. Das liegt an einem sehr wichtigen Erzeugnis, das wir jeden Tag frisch produzieren: unserem Blut. Pro Sekunde werden 2,4 Millionen neue Blutkörperchen hergestellt. Genauso viele werden gleichzeitig aber auch wieder abgebaut. Der rote Farbstoff daraus wird dabei erst zu einem grünen umgewandelt, danach zu einem gelben – das sieht man auch, wenn man sich stößt, an den verschiedenen Phasen eines blauen Flecks. Per Urin wird ein kleiner Teil des Gelbs direkt ausgepinkelt.
Der größte Teil gelangt über die Leber in den Darm. Dort können die Bakterien noch eine weitere Farbe daraus bauen: Braun. Es kann für uns äußerst praktisch sein, die Herkunft anderer Kot-Farbnuancen einschätzen zu können:

HELLBRAUN BIS GELB: *Dieser Farbton kann durch das harmlose Krankheitsbild Morbus Meulengracht zustande kommen. Ein Enzym des Blutabbaus arbeitet nur noch mit 30 Prozent der Effektivität. Dadurch kommt weniger Farbstoff in den Darm. Mit acht Prozent der Bevölkerung ist Morbus Meulengracht relativ weit verbreitet. Das ist gar auch nicht schlimm, denn dieser Enzymdefekt verursacht praktisch kaum Beschwerden. Der einzige Nebeneffekt ist: Man verträgt Paracetamol nicht gut und sollte es daher möglichst nicht nehmen.*
Eine andere Ursache für ein gelbliches Häufchen sind Probleme mit den Darmbakterien – wenn sie nicht richtig arbeiten, wird auch kein Braun hergestellt. Durch Antibiotika-Einnahmen oder Durchfall kann hier die Farbproduktion aufgemischt werden.

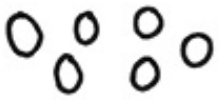
HELLBRAUN BIS GRAU: *Wenn die Verbindung von Leber zu Darm auf dem Weg abknickt oder abgedrückt wird (meist nach der Gallenblase), kann auch kein Blutfarbstoff mehr im Kot landen. Abgeknickte Gänge sind nie gut, deshalb sollte man bei jedem Grauton zum Arzt.*

SCHWARZ ODER ROT: *Geronnenes Blut ist schwarz, frisches Blut ist rot. Diesmal handelt es sich aber nicht nur um den Farbstoff, der zu Braun umgewandelt werden kann. Bei diesen Farben sind ganze Blutkörperchen mit dabei. Bei Hämorrhoiden ist das helle Rot nicht weiter bedenklich. Alles, was dunkler erscheint, sollte man beim Arzt abchecken lassen – außer es gab am Vortag rote Beete.*

KONSISTENZ

Die Bristol-Stuhlformen-Skala gibt es seit 1997. Sie ist also noch nicht besonders alt, wenn man sich überlegt, seit wie vielen Jahrmillionen es schon Stuhlgang gibt. Gezeigt werden sieben verschiedene Konsistenzen, in denen Kot vorkommen kann. So etwas kann sehr hilfreich sein, denn die meisten Menschen reden nicht gerne darüber, wie ihr Häufchen aussieht. An dieser Schweigsamkeit ist auch gar nichts auszusetzen, man muss ja nicht über alles sprechen. Ein Problem ist aber,

dass deshalb auch Menschen mit einem ungesunden Stuhlgang denken, dieser sei völlig normal. Sie kennen es eben nicht anders. Eine gesunde Verdauung, bei der Kot am Ende einen optimalen Wassergehalt hat, führt zu einem Typ 3 oder Typ 4. Die anderen Formen sollten nicht an der Tagesordnung sein. Wenn doch, kann man bei einem guten Arzt abklären, ob man beispielsweise bestimmte Lebensmittel nicht verträgt oder Verstopfungen etwas entgegensetzen kann. Die Originalversion stammt von dem englischen Arzt Dr. Ken Heaton.
Typ 1:



separate hard lumps, like nuts (hard to pass) | einzelne feste Kügelchen, wie Nüsse (schwer auszuscheiden)

Typ 2:



sausage-shaped but lumpy |wurstförmig, aber klumpig

Typ 3:



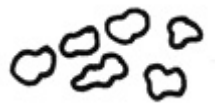
like a sausage but with cracks on the surface | wie eine Wurst, aber mit Rissen auf der Oberfläche

Typ 4:



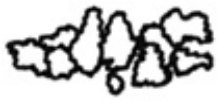
like a sausage or snake, smooth and soft | wie eine Wurst oder Schlange, glatt und weich (Anm.: wie Zahnpasta)

Typ 5:



soft blobs with clear-cut edges | weiche Kleckse mit klar abgetrennten Rändern

Typ 6:



fluffy pieces with ragged edges, a mushy stool | flockige Stückchen mit zerklüfteten Rändern, breiiger Stuhl

Typ 7:



watery, no solid pieces. Entirely liquid | wässrig, keine festen Bestandteile. Komplett flüssig.

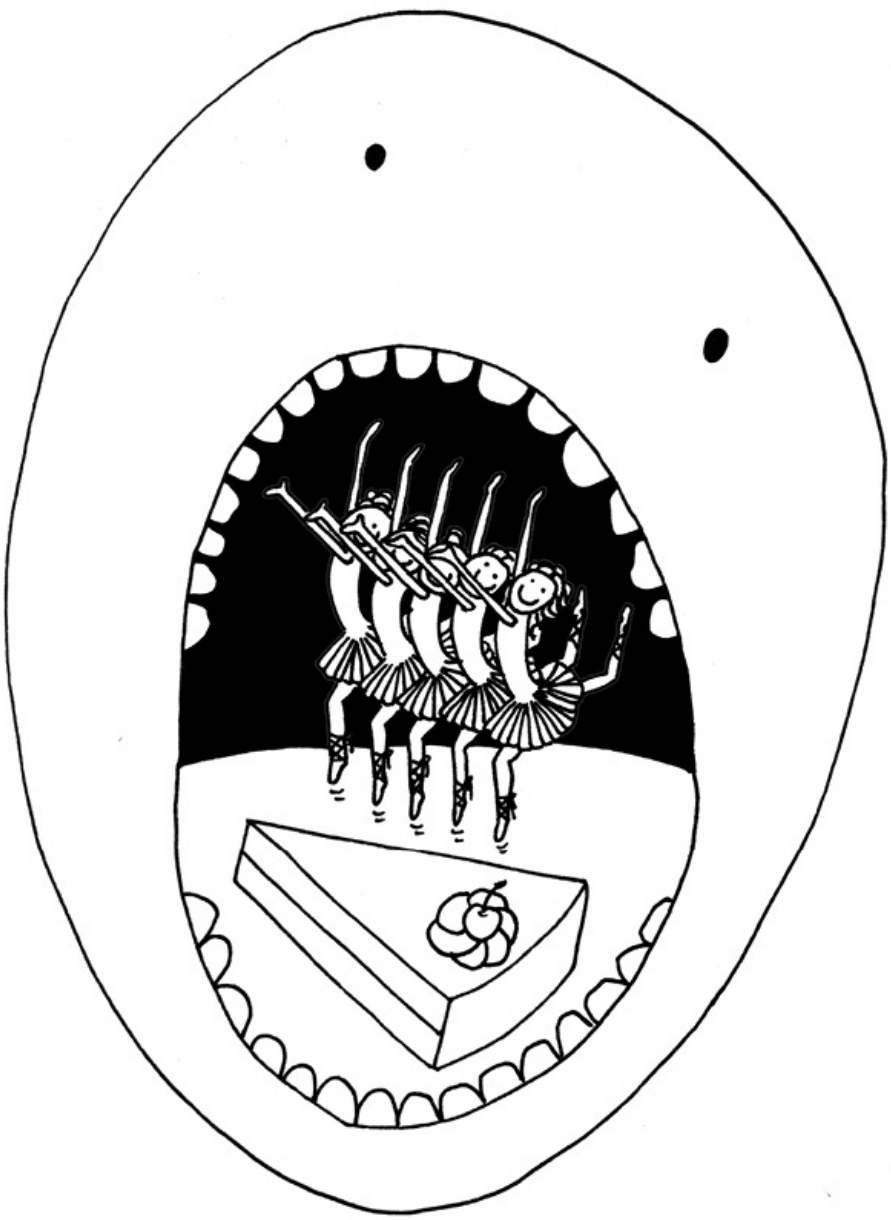
Zu welchem Typ man gehört, kann einen Hinweis darauf geben, wie langsam unverdauliche Nahrungsbestandteile vom Darm transportiert werden. Bei Typ 1 brauchen Verdauungsreste demnach etwa hundert Stunden (Verstopfung), bei Typ 7 um die zehn Stunden (Durchfall). Als am vorteilhaftesten wird Typ 4 angesehen, weil er das optimalste Wasser-Feststoff-Verhältnis besitzt. Wer Typ 3 oder Typ 4 in der Toilette vorfindet, kann außerdem noch beobachten, wie schnell die Formation im Wasser sinkt. Es sollte nicht schnurstracks auf den Schüsselboden sacken, weil dann eventuell noch zu viel Nahrung enthalten ist, die nicht richtig verdaut wurde. Wenn Kot nicht so schnell sinkt, sind Gasbläschen darin, die ihn im Wasser auch mal schweben lassen können. Das kommt von Darmbakterien, die meistens

sinnvolle Arbeit leisten, und ist ein gutes Zeichen, wenn man ansonsten nicht unter Blähungen leidet.

Dies war die kleine Lektüre zum Kot, lieber Leser. Die Hosenträger können nun wieder gelockert werden, die Brille darf entspannt auf ihren Lieblingsort zurücksinken. Das Geschäft des Enddarms beendet hiermit das erste Kapitel. Wir wenden uns nun der Elektrik des Lebens zu: den Nerven.

2

DAS NERVENSYSTEM DES DARMS



Es gibt Stellen, an denen das Unbewusste an das Bewusste grenzt. Wir sitzen im Wohnzimmer und essen zu Mittag. Dabei merken wir nicht, dass nur ein paar Meter entfernt in der Wohnung nebenan ein anderer Mensch sitzt und auch etwas isst. Manchmal hören wir vielleicht ein fremdes Knarzen im Boden und denken dadurch wieder über unsere Wände hinaus. Auch in unserem Körper gibt es solche Bereiche, von denen wir einfach nichts

mitbekommen. Was unsere Organe den ganzen Tag arbeiten, spüren wir nicht. Wir essen ein Stück Torte: Im Mund schmecken wir sie noch, und auch die ersten Zentimeter beim Schlucken nehmen wir wahr, aber dann – paff! – ist unser Essen weg. Ab hier verschwindet alles in einem Bereich, der medizinisch-sachlich »glatte Muskulatur« heißt.

Die glatte Muskulatur ist nicht bewusst kontrollierbar. Sie sieht unter dem Mikroskop anders aus als Muskulatur, die wir bewusst steuern können – wie etwa den Bizeps. Den Bizepsmuskel im Oberarm können wir anspannen und loslassen, wenn wir wollen. Bei kontrollierbaren Muskeln sind die kleinsten Fasern so ordentlich strukturiert, als wären sie mit einem Lineal gezeichnet.

Die Untereinheiten von glatter Muskulatur ergeben organisch verwobene Netze und bewegen sich in harmonischen Wellen. Auch unsere Blutgefäße werden von glatter Muskulatur ummantelt, deshalb erröten viele Leute, wenn ihnen etwas peinlich ist. Die glatte Muskulatur erschlafft bei Emotionen wie Scham. Dadurch werden die Äderchen im Gesicht erweitert. Bei vielen Leuten zieht sich der Muskelmantel unter Stress zusammen, die Gefäße werden dadurch kleiner, und das Blut muss dagegen anpressen – das kann zu hohem Blutdruck führen.

Der Darm ist gleich von drei Mänteln glatter Muskulatur umhüllt. Auf diese Weise kann er sich unfassbar geschmeidig bewegen, mit unterschiedlichen Choreographien an unterschiedlichen Stellen. Der Choreograph dieser Muskeln ist das darmeigene Nervensystem. Es steuert alle Abläufe im Verdauungskanal und ist außergewöhnlich selbständig. Trennt man die Verbindung von ihm zum Gehirn durch, bewegt sich hier trotzdem alles munter verdauend vorwärts – so ein Phänomen gibt es sonst nirgendwo in unserem Körper. Beine würden bewegungslos, Lungen könnten nicht mehr atmen. Es ist schade, dass wir die Arbeit dieser eigensinnigen Nervenfasern nicht bewusst mitbekommen. Ein Rülps oder Pups klingt vielleicht ulkig, aber die Bewegung dabei sieht so filigran aus wie die einer Balletttänzerin.

Wie unsere Organe das Essen transportieren

Ich lade hiermit ein zur Verfolgung des Stücks Torte vor und hinter dem »Paff«.

Augen

Lichtteilchen, die am Tortenstück abprallen, treffen auf die Sehnerven der Augen und aktivieren sie. Dieser »erste Eindruck« wird einmal durch das gesamte Gehirn zur Sehrinde geschickt. Sie ist im Inneren des Kopfes, etwa kurz unterhalb eines hochgebundenen Pferdeschwanzes. Hier bastelt das Gehirn ein Bild aus den Nervensignalen – jetzt sehen wir das Tortenstück erst wirklich. Diese leckere Information wird weitergeleitet: Es gehen Informationen zur Speichelfluss-Zentrale, und schon fließt uns das Wasser im Mund zusammen. Auch unser Magen schüttet allein beim Anblick von etwas Köstlichem in Vorfreude etwas Magensäure aus.

Nase

Steckt man den Finger in die Nase, merkt man, dass es nach oben noch weitergeht, man dort aber nicht hinkommt. Hier sind die Riechnerven. Sie werden von einer Schutzschicht aus Schleim bedeckt. Alles, was wir riechen, muss zuerst im Schleim gelöst werden – sonst kommt es nicht zu den Nerven.

Riechnerven sind Spezialisten – es gibt für viele einzelne Gerüche eigene Rezeptoren. Manchmal hängen sie jahrelang in der Nase ab, bis sie endlich ihren Einsatz haben. Dann dockt ein einziges Maiglöckchen-Geruchsmolekül an dem darauf wartenden

Rezeptor an, und dieser ruft dann stolz zum Hirn: »Maiglöckchen!« Danach hat er wieder ein paar Jahre lang nichts zu tun. Hunde haben übrigens unfassbar viel mehr Riechzellen als wir Menschen, obwohl wir schon sehr viele haben.

Um etwas von der Torte zu riechen, müssen einzelne Moleküle des Tortenstücks in die Luft abdriften, beim Atmen in die Nasenlöcher gezogen werden. Das können aromatische Stoffe aus Vanilleschoten sein, kleinste Plastikmoleküle von billigen Einmalgabeln oder auch verdampfende Alkoholdüfte aus einer Rumfüllung. Unser Riechorgan ist ein chemisch bewanderter Vorkoster. Je näher wir die erste Gabel mit Torte zum Mund führen, desto mehr gelöste Tortenmoleküle strömen in die Nase. Wenn wir auf den letzten Zentimetern kleine Spuren von Alkohol wahrnehmen, kann der Arm kurzzeitig zurückrudern, die Augen können erneut inspizieren, der Mund die Frage stellen, ob diese Torte Alkohol beinhalten soll oder vielleicht verdorben ist. Der letzte Segen ist das Okay: Mund auf, Gabel rein, und das Ballett beginnt.

Mund

Der Mund ist ein Bereich der Superlative. Der kräftigste Muskel unseres Körpers ist der Kiefermuskel, der beweglichste, quergestreifte Muskel des Körpers ist die Zunge. Zusammen können die beiden nicht nur unfassbar stark zermalmen, sondern auch wendige Manöver ausführen. Ein guter Kollege im Reich der Superlative ist unser Zahnschmelz – er ist aus dem härtesten Material, das ein Mensch herstellen kann. Das ist auch nötig, denn mit unserem Kiefer können wir bis zu 80 Kilogramm Druck auf einen Backenzahn ausüben. Dieses Gewicht entspricht in etwa dem eines erwachsenen Mannes! Kommt uns etwas sehr Festes im Essen entgegen, lassen wir fast eine gesamte Fußballmannschaft rhythmisch darauf herumhüpfen, bevor wir es runterschlucken. Bei einem Bissen Torte braucht man nicht die Maximalkraft – dann reichen auch ein paar Mädchen in Tutu und Schläppchen.

Während des Kauens kommt die Zunge ins Spiel. Sie verhält sich wie ein Coach. Wenn sich Tortenstückchen feige fernab vom Kautumult verstecken, schubst sie diese zurück ins Geschehen. Ist der Brei klein genug, geht es ans Schlucken. Die Zunge schnappt sich etwa 20 Milliliter Tortenpampe und schiebt sie ans Gaumendach, dem Bühnenvorhang zur Speiseröhre. Es funktioniert wie ein Lichtschalter: Wenn man mit der Zunge darauf drückt, startet das Schluckprogramm. Der Mund wird verriegelt, denn jegliches Atmen stört. Im Anschluss wird der Tortenbrei weit nach hinten in den Rachen gestoßen – auf die Bühne und los.

Rachen

Gaumensegel und oberer Schlundschnürer heißen zwei Formationen. Sie schließen feierlich die letzten Ausgänge der Nase. Diese Bewegung ist so kräftig, dass man sie noch im Flur um die Ecke hört: Die Ohren merken dann ein kleines Plopp. Die Stimmlippen dürfen nicht mehr reden und schließen sich. Der Kehldeckel erhebt sich majestätisch wie ein Dirigent (vom Hals aus tastbar), und die gesamte Basis des Mundes senkt sich – jetzt drückt eine kräftige Welle das bisschen Torte unter tosendem Speichelapplaus in die Speiseröhre.

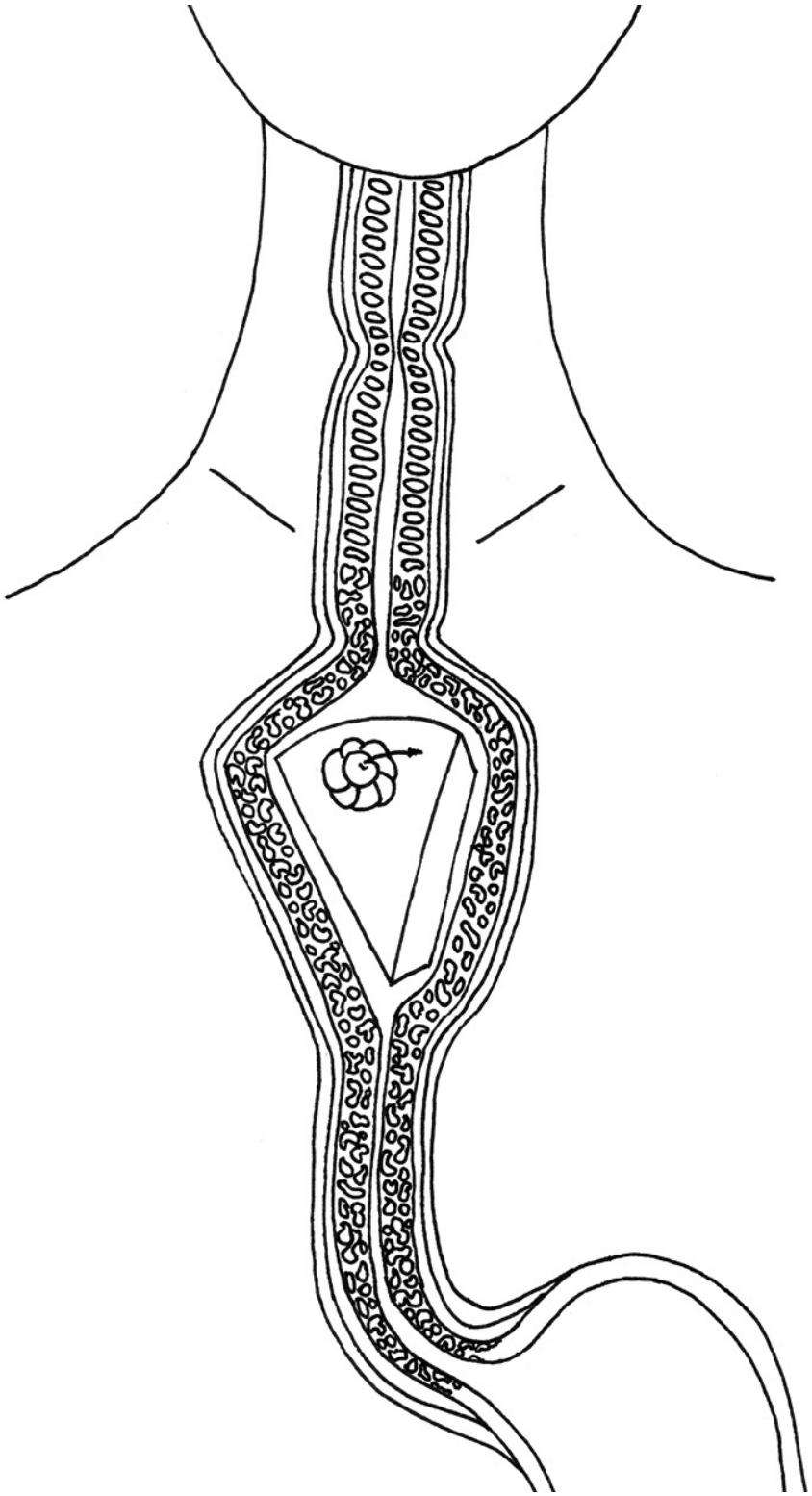
Speiseröhre

Der Tortenbrei braucht für diesen Weg etwa fünf bis zehn Sekunden. Die Speiseröhre bewegt sich beim Schlucken wie eine La-Ola-Welle. Wenn der Brei kommt, weitet sie sich, hinter ihm verschließt sie sich wieder. Auf diese Weise kann nichts zurückrutschen.

Der Vorgang funktioniert so automatisch, dass wir sogar im Handstand schlucken können. Unsere Torte schlängelt also – die Schwerkraft missachtend – anmutig durch den Oberkörper. Breakdancer würden diese Bewegung *the snake* oder *the worm*

nennen, Mediziner nennen sie propulsive Peristaltik. Das erste Drittel der Speiseröhre ist mit quergestreifter Muskulatur umgeben – deshalb merken wir das erste Stück Weg noch bewusst. Die unbewusste Innenwelt beginnt hinter der kleinen Kuhle, die wir ertasten, wenn wir uns ganz oben ans Brustbein fassen. Ab diesem Punkt ist die Speiseröhre aus glatter Muskulatur aufgebaut.

Das untere Ende der Speiseröhre wird von einem ringförmigen Muskel zugehalten. Er lässt sich von der Schluckbewegung anstecken und wird für acht ausgelassene Sekunden locker. Dadurch öffnet sich die Speiseröhre zum Magen hin, und die Torte kann ungehindert hineinplumpsen. Im Anschluss verschließt sich der Muskel wieder, während man oben im Rachen schon aufatmet.



Der Weg von Mund zu Magen ist der erste Akt – er erfordert maximale Konzentration und gutes Teamwork. Das bewusste, periphere und das unbewusste, autonome Nervensystem müssen hier zusammenarbeiten. Dieses Zusammenspiel muss gut einstudiert werden. Wir fangen schon als Babys im Mutterbauch damit an, das Schlucken zu üben. Bis zu einem halben Liter Fruchtwasser schlucken wir probehalber jeden Tag. Wenn mal etwas schiefgeht, ist das nicht schlimm. Da wir komplett in Flüssigkeit eingelegt sind, sind auch unsere Lungen voll damit – Verschlucken im klassischen Sinne geht also gar nicht.

In unserem erwachsenen Leben schlucken wir jeden Tag sechshundert bis zweitausend Mal. Dabei setzen wir mehr als zwanzig Muskelpaare in Gang – und meist läuft alles glatt. Im Alter verschlucken wir uns wieder häufiger: Die koordinierenden Muskeln nehmen es dann nicht immer ganz genau, der obere Schlundschnürer guckt nicht mehr so streng auf die Uhr, oder der Kehlkopfdeckel-Dirigent braucht einen Stock zum Erheben. Auf den Rücken klopfen ist in solchen Momenten zwar gut gemeint – aber es erschrickt die betagten Rachengestalten nur unnötig. Bevor es zu oft im Hustendebakel endet, geht man lieber frühzeitig zu einem Logopäden und hält die Schlucktruppe auf Trab.

Magen

Der Magen ist sehr viel bewegungsfreudiger, als viele denken. Kurz bevor die Torte in den Magen plumpst, entspannt er sich – solange Essen in ihn hineinpurzelt, kann er sich dann weiter und weiter dehnen. Er macht Platz für alle, die Platz wollen. Ein Kilogramm Torte mit einem Volumen von einer Packung Milch passt locker in eine mitwachsende Magen-Hollywoodschaukel. Emotionen wie Angst oder Stress können das Dehnen der glatten Magenmuskulatur erschweren, dann sind wir schnell voll, oder uns wird schon nach kleinen Portionen übel.

Ist die Torte angekommen, beschleunigen die Magenwände ihre Bewegungen wie Beine beim Anlaufnehmen und – bam! – wird das

Essen angeschubst. In einem hübschen Bogen fliegt die Torte gegen die Magenwand, prallt ab und plumpst zurück. Mediziner nennen das Retropulsion, große Geschwister nennen das »Mal gucken, wie weit du fliegen kannst«. Anlauf und Schubs ergeben zusammen das typische Gurgelgeräusch, wenn wir unser Ohr ganz oben auf den Bauch legen (in dem kleinen Dreieck, bei dem rechts und links die Rippenbögen zusammenlaufen). Wenn der Magen so munter anfängt zu schaukeln, regt das den ganzen Verdauungsschlauch zur Bewegung an. Dann treibt auch der Darm seinen Inhalt nach vorne und macht so Platz für Neues. Deshalb müssen wir manchmal nach einem großen Essen ziemlich bald aufs Klo.

Ein Stück Torte kann in der Bauchwelt ganz schön was auf die Beine stellen. Der Magen wird etwa zwei Stunden damit herumschaukeln. Dabei zermalmt er die Bissen zu winzigen Partikeln. Ein Großteil ist unter 0,2 Millimeter groß. Krümel, die so klein sind, klatschen nicht mehr an die Wand, sondern rutschen durch ein kleines Loch am Ende des Magens. Dieses Loch ist der nächste Schließmuskel – der Magenpförtner. Er bewacht den Ausgang des Magens und den Eingang zum Dünndarm.

Einfache Kohlenhydrate wie Kuchenboden, Reis oder Nudeln werden schnell an den Dünndarm weitergereicht. Dort werden sie verdaut und sorgen schon bald für einen Anstieg des Blutzuckers. Proteine und Fett hält der Pförtner deutlich länger im Magen fest. Ein Stück Steak schaukelt dann gerne mal sechs Stunden lang, bevor es komplett im Dünndarm angekommen ist. Deshalb wollen wir nach dem Essen von Fleisch oder fettig Frittiertem am liebsten einen süßen Nachtisch: Unser Blutzucker will nicht so lange auf das Essen warten – das Dessert gibt schon mal einen Blutzuckervorschuss. Kohlenhydratreiche Mahlzeiten machen zwar schneller fit, aber halten nicht so lange satt wie Proteine oder Fett.

Dünndarm

Sobald die ersten Minihäppchen im Dünndarm ankommen, passiert die richtig echte Verdauung. Der bunte Tortenbrei wird bei seiner Durchreise durch diesen Schlauch fast komplett in den Wänden verschwinden – in etwa wie Harry Potter auf Gleis 9 ¾. Der Dünndarm packt die Torte beherzt. Er knetet auf einer Stelle herum, hackt den Nahrungsbrei in alle Richtungen, pendelt mit seinen Zotten in ihm herum und schiebt den völlig vermischten Brei kräftig vorwärts. Unter dem Mikroskop sieht man: Selbst die winzigen Darmzotten helfen mit! Sie bewegen sich hoch und runter wie kleine Trampelfüßchen. Einfach alles ist in Bewegung.

Egal, was unser Dünndarm so tut, er befolgt dabei eine Grundregel: Es geht weiter, es geht nach vorne. Dafür gibt es den sogenannten peristaltischen Reflex. Der Erstentdecker dieses Mechanismus isolierte ein Stück Darm und blies Luft durch ein Röhrchen hinein – der Darm pustete kontaktfreudig zurück. Deshalb empfehlen viele Ärzte ballaststoffreiche Nahrung für eine angeregte Verdauung: Unverdauliche Ballaststoffe drücken gegen die Darmwand, und sie drückt interessiert zurück. Diese Darmgymnastik sorgt dafür, dass Essen schneller durchkommt und geschmeidig bleibt.

Wenn der Tortenbrei ein aufmerksamer Tortenbrei wäre, könnte er vielleicht auch noch die »Wupps« hören. In unserem Dünndarm gibt es besonders viele Schrittmacherzellen. Diese Zellen geben kleine Stromstöße von sich. Für unsere Darmmuskeln ist das, als würde ihnen jemand »Wupp!« zurufen … und wieder: »Wupp!« So driftet der Muskel nicht ab, sondern »wuppt« kurz zurück wie beim Tanzen zum Bass in der Disko. Die Torte bzw. das, was von ihr übrig ist, wird so zielsicher weitergeschoben.

Unser Dünndarm ist der fleißigste Abschnitt unseres Verdauungsrohrs und sehr gewissenhaft bei seiner Arbeit. Er lässt nur in klaren Ausnahmefällen zu, dass ein Verdauungsprojekt nicht vorankommt: beim Kotzen. Der Dünndarm ist da ganz pragmatisch. Er steckt keine Arbeit in etwas, das uns nicht guttut. Solche Dinge lässt er formlos unverdaut zurückwandern.

Die Torte ist nun, bis auf gewisse Reste, im Blut verschwunden. Eigentlich könnten wir diesen jetzt in den Dickdarm folgen – aber

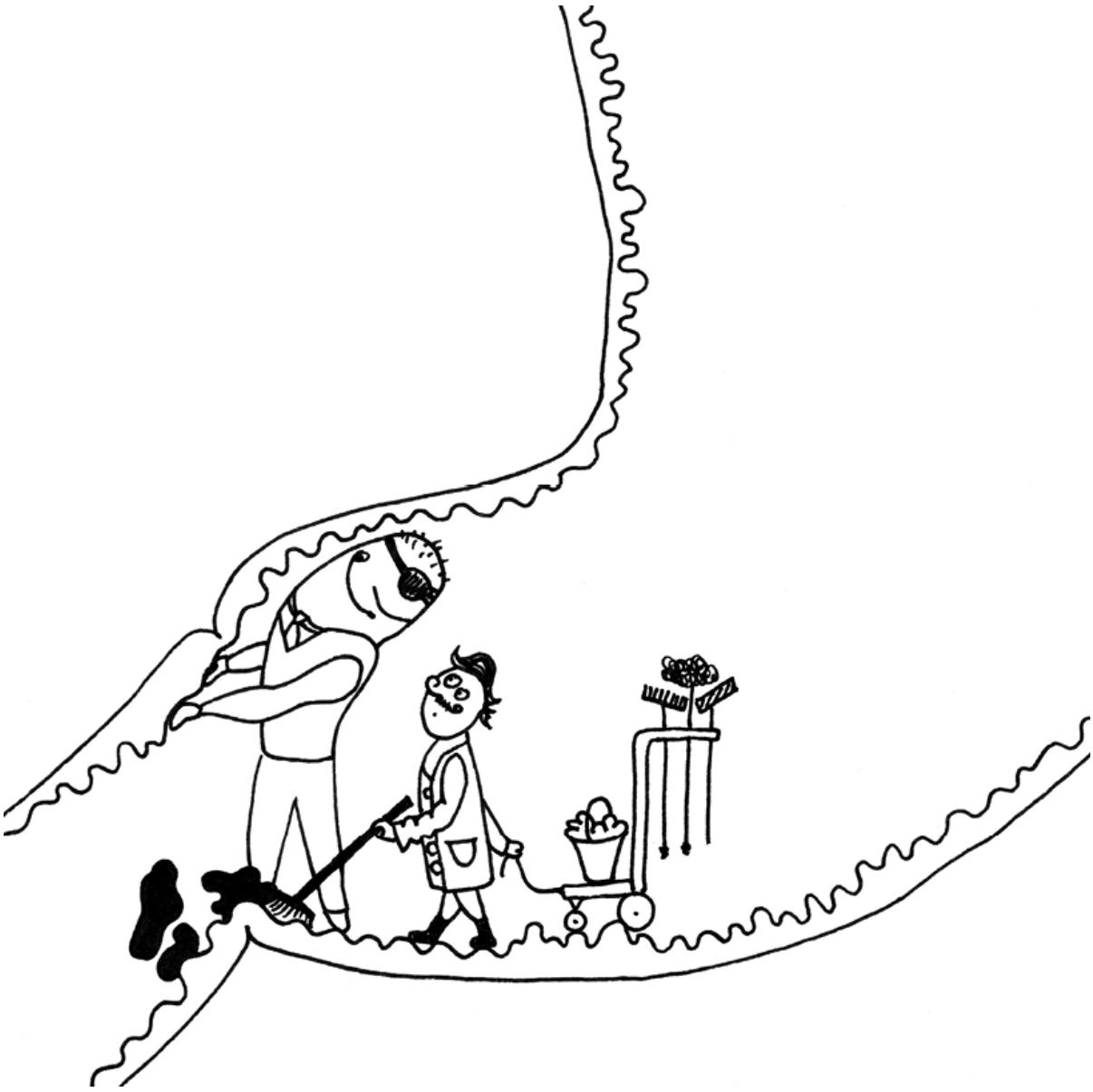
dann würden wir eine mysteriöse Kreatur verpassen, die hörbar ist und oft falsch verstanden wird. Das wäre schade, also bleiben wir noch kurz hier.

In Magen und Dünndarm liegen nach der Verdauung nur noch grobe Überreste herum: zum Beispiel ein unzerkautes Maiskorn, magensaftresistente Tabletten, überlebende Bakterien aus der Nahrung oder ein aus Versehen verschlucktes Kaugummi. Unser Dünndarm liebt Sauberkeit. Er gehört zu diesen Gestalten, die nach einem großen Essen immer gleich die Küche aufräumen. Besucht man zwei Stunden nach der Verdauung den Dünndarm, ist hier alles blitzblank, und es riecht kaum nach irgendetwas.

Eine Stunde nachdem der Dünndarm etwas verdaut hat, fängt er an, sich zu reinigen. Dieser Vorgang heißt im Lehrbuch »wandernder motorischer Komplex«. Dabei öffnet der Magenpförtner einmal kollegial die Tore und wischt seine Reste zum Dünndarm. Der wiederum übernimmt den Job und erzeugt eine kräftige Welle, die alles vor sich herschiebt. Mit einer Kamera betrachtet, sieht das so unvermeidbar rührend aus, dass selbst trockene Naturwissenschaftler den Motorkomplex als kleinen Haushälter (*housekeeper*) bezeichnen.

Jeder hat seinen Haushälter schon einmal gehört: Es ist das Magenknurren, und das kommt nicht nur aus dem Magen, sondern vor allem aus dem Dünndarm. Wir knurren nicht, weil wir Hunger haben, sondern weil nur zwischen dem Verdauen endlich mal Zeit fürs Putzen ist! Wenn Magen und Dünndarm leer sind, ist die Bahn frei, und der Haushälter kann loslegen. Beim lang geschaukelten Steak muss er besonders lange warten, bis er endlich putzen darf. Erst spätestens nach sechs Stunden Magen- plus etwa fünf Stunden Dünndarmaufenthalt kann hinter dem Steak aufgeräumt werden. Hören muss man die Putzaktion nicht immer, mal ist sie laut und mal leise, je nachdem, wie viel Luft in Magen und Darm gelangt ist. Wenn man in dieser Zeit etwas isst, wird die Putzaktion sofort abgebrochen. Es soll schließlich in Ruhe verdaut – und nicht durchgefegt werden. Wer also immer etwas nascht, lässt keine Zeit für Sauberkeit. Diese Beobachtung trägt dazu bei, dass einige Ernährungswissenschaftler empfehlen, fünf Stunden Pause

zwischen den Mahlzeiten zu machen. Ob es bei jedem genau fünf Stunden sein müssen, ist allerdings nicht bewiesen. Wer ordentlich kaut, lässt weniger Arbeit für seinen Haushälter liegen und kann auch mal auf seinen Bauch hören, wenn es um das nächste Essen geht.



Dickdarm

Am Ende des Dünndarms ist die sogenannte Bauhin-Klappe. Sie trennt den Dünndarm vom Dickdarm, denn die beiden haben ziemlich unterschiedliche Arbeitsansichten. Der Dickdarm ist eher ein gemütlicher Zeitgenosse. Sein Motto ist nicht unbedingt »Weiter, nach vorne!« – er bewegt Nahrungsreste auch mal zurück und dann wieder nach vorne. So, wie es ihm gerade richtig erscheint. Bei ihm gibt es keinen wandernden Haushälter. Der Dickdarm ist die ruhige Heimat für unsere Darmflora. Wenn etwas unverdaut zu ihm gefegt wird, beschäftigt sich eben diese damit.

Unser Dickdarm arbeitet gemächlicher, weil er auf mehrere Beteiligte achten muss: Unser Gehirn möchte nicht immer aufs Klo gehen, unsere Darmbakterien möchten genug Zeit haben, um sich unverdauter Nahrung anzunehmen, und unser Restkörper möchte gerne die ausgeliehenen Verdauungsflüssigkeiten zurück.

Was im Dickdarm ankommt, erinnert nicht mehr an ein Tortenstück – und das sollte es auch nicht. Von der Torte übriggeblieben sind vielleicht noch ein paar Fruchtfasern der Kirsche auf dem Sahnehäubchen – der Rest sind Verdauungssäfte, die hier zurückresorbiert werden. Wenn wir große Angst haben, scheucht unser Gehirn den Dickdarm auf. Dann hat er nicht mehr genug Zeit, um Flüssigkeit zu resorbieren, und das Ergebnis ist Angstdurchfall.

Obwohl der Dickdarm (wie der Dünndarm) ein glattes Rohr ist, wird er auf Abbildungen immer wie eine Art Perlenkette dargestellt. Woher kommt das? Tatsächlich sieht der Dickdarm so aus, wenn man den Bauch öffnet. Das liegt allerdings nur daran, dass er mal wieder in seiner Slow-Motion-Art tanzt. Genau wie der Dünndarm bildet er beim Kneten Einstülpungen, um den Brei darin gut festzuhalten – nur bleibt er einfach eine ganze Weile in dieser Pose, ohne sich zu bewegen. In etwa wie ein Straßenkünstler, der pantomimisch in einer Position verharrt. Zwischendurch macht er sich kurz locker und formt an anderen Stellen neue Einstülpungen, in denen er dann wieder lange Zeit verharrt. Die Lehrbücher bleiben deshalb bei der Perlenkettenversion … Wer fürs Klassenfoto schielt, sieht dann eben auch so aus.

Drei bis vier Mal am Tag rappelt sich der Dickdarm auf und bewegt eingedickten Nahrungsbrei ernsthaft motiviert nach vorne. Wer genug Masse bieten kann, schafft es dann sogar drei bis vier Mal am Tag aufs Klo. Bei den meisten Menschen reicht der Dickdarminhalt für einen Toilettengang pro Tag. Auch drei Mal pro Woche ist statistisch gesehen noch im gesunden Bereich. Dickdärme von Frauen sind generell ein bisschen gemütlicher als die von Männern. Woran das liegt, weiß die Medizin noch nicht – Hormone sind allerdings nicht der Hauptgrund.

Von der Gabel mit Torte bis zum Häufchen vergeht durchschnittlich ein Tag. Schnelle Därme schaffen es in acht Stunden, eher langsame in dreieinhalb Tagen. Durch die Durchmischung können auch Teile der Torte nach zwölf, andere nach 42 Stunden die Chill-Lounge des Dickdarms verlassen. Solange die Konsistenz stimmt und man keine Beschwerden hat, muss man sich als etwas gemütlicher verdauender Mensch keine Sorgen machen. Im Gegenteil – wer zu der »einmal am Tag oder seltener«-Fraktion gehört oder auch ab und an zu Verstopfungen neigt, hat laut einer niederländischen Studie sogar ein geringeres Risiko, bestimmte Enddarmerkrankungen zu bekommen. Getreu dem Motto des Dickdarms: In der Ruhe liegt die Kraft.

Sauer aufstoßen

Auch der Magen kann stolpern. Seine glatte Muskulatur kann genauso Gehfehler haben wie die quergestreifte Muskulatur der Beine. Wenn dabei etwas wie Magensäure an Orte gelangt, die nicht dafür ausgestattet sind, brennt es. Beim sauren Aufstoßen kommen Magensäure und Verdauungsenzyme bis in den Rachen, bei Sodbrennen schaffen sie es nur bis an den Anfang der Speiseröhre und verursachen ein Brennen im Brustkorb.

Der Grund für Aufstoßen ist auch nicht anders als beim Stolpern: Es sind die Nerven. Sie regulieren die Muskulatur. Wenn die Sehnerven eine Stufe nicht wahrnehmen, werden die Beinnerven falsch informiert, und unsere Beine laufen, als ob es kein Hindernis gäbe: Wir stolpern. Wenn unsere Verdauungsnerven falsche Infos bekommen, halten sie die Magensäure nicht auf und lassen sie im Rückwärtsgang losfahren.

Der Übergang von der Speiseröhre zum Magen ist ein anfälliger Ort für so ein Stolpern – trotz der Vorsichtsmaßnahmen »enge Speiseröhre, fester Sitz im Zwerchfell und Kurve zum Magen«, geht immer wieder mal etwas schief. Rund ein Viertel aller Deutschen haben hier Beschwerden. Das Ganze ist keine neumodische Erscheinung: Auch Nomadenvölker, die noch so leben wie vor Hunderten von Jahren, verzeichnen ähnlich hohe Raten an Sodbrennen und Aufstoßen.

Die Crux ist: In dem Bereich von Speiseröhre und Magen müssen zwei verschiedene Nervensysteme eng zusammenarbeiten – einmal das Nervensystem aus dem Gehirn und einmal das des Verdauungsrohrs. Nerven aus dem Gehirn regulieren beispielsweise den Schließmuskel zwischen Speiseröhre und Magen. Außerdem hat das Gehirn einen Einfluss auf die Säurebildung. Die Nerven des Verdauungsrohrs sorgen dafür, dass sich die Speiseröhre in harmonischer La-Ola-Welle nach unten bewegt und so mit den tausend Spuckschlücken pro Tag immer schön sauber bleibt.

Praktische Tipps gegen Sodbrennen oder Aufstoßen bauen darauf auf, diese beiden Nervensysteme auf den richtigen Pfad zurückzubringen. Kaugummikauen oder Teetrinken unterstützt den Verdauungsschlauch, indem viele kleine Schlücke den Nerven die richtige Richtung zeigen: hin zum Magen, nicht zurück. Entspannungstechniken bewirken, dass weniger hektische Nervenbefehle vom Hirn entsendet werden. Das sorgt im besten Fall für ein stetiges Schließen des Ringmuskels und weniger Säurebildung.

Zigarettenrauch aktiviert Hirnbereiche, die auch beim Essen angeregt werden. Dadurch fühlt man sich zwar wohler, aber produziert auch ohne echten Grund mehr Magensäure und lockert dabei den Ringmuskel der Speiseröhre auf. Das Rauchen sein zu lassen hilft bei unangenehmem Aufstoßen und Sodbrennen deshalb oft.

Auch Schwangerschaftshormone können so ein Durcheinander auslösen. Eigentlich sollen sie die Gebärmutter bis zur Geburt schön locker und gemütlich halten. Diese Wirkung haben sie allerdings auch am Schließmuskel der Speiseröhre. Die Folge ist ein lockerer Magenverschluss, der zusammen mit dem Druck aus dem gewölbten Unterbauch die Säure nach oben fliehen lässt. Wer ein Verhütungsmittel mit weiblichen Hormonen benutzt, kann als Nebenwirkung auch öfter sauer aufstoßen.

Zigarettenrauch oder Schwangerenhormone – unsere Nerven sind keine komplett isolierten Elektrokabel. Sie sind organisch in unser Gewebe eingeflochten und reagieren auf alle Stoffe um sie herum. Daher empfehlen einige Ärzte den Verzicht auf eine Vielzahl von Lebensmitteln, die die Kraft des schließenden Ringmuskels herabsetzen: Schokolade, scharfe Gewürze, Alkohol, Zuckerbomben, Kaffee und so weiter und so fort.

All diese Substanzen beeinflussen unsere Nerven, sie müssen aber nicht bei jeder Person einen Säurestolperer auslösen. Modelle aus der amerikanischen Forschung empfehlen, lieber selber auszuprobieren, bei welchen Lebensmitteln die eigenen Nerven empfindlich reagieren. So muss nicht unnötig auf alles verzichtet werden.

Es gibt einen interessanten Zusammenhang, den man durch ein Medikament entdeckt hat, das wegen seinen Nebenwirkungen nie zugelassen wurde. Dieses Mittel blockiert Nerven an einer Stelle, an der sonst Glutamat an Nerven bindet. Glutamat kennen die meisten als Geschmacksverstärker. Es wird aber auch von unseren Nerven freigesetzt. Bei den Nerven der Zunge bewirkt das Glutamat eine Intensivierung von Geschmackssignalen. Im Magen kann es Verwirrung stiften, denn die Nerven wissen nicht unbedingt, ob das Glutamat von ihrem Kollegen kommt oder vom China-Restaurant. Die Idee für das Selbstexperiment lautet deshalb: eine Zeitlang auf glutamat-reiches Essen verzichten. Dafür muss man im Supermarkt schon mal die Lesebrille auspacken und die Miniaturwörtchen der Inhaltsstoffliste anschauen. Oft versteckt sich das Glutamat auch in kryptischen Wortkreaturen wie Natrium-Mono-Glutamat oder Ähnliches. Wenn man eine Besserung merkt – gut. Wenn nicht, hat man auf jeden Fall einige Zeit gesünder gelebt.

Wer seltener als einmal pro Woche sauer stolpert, kann auf einfache Mittel zurückgreifen: Säureneutralisierer aus der Apotheke funktionieren – als Hausmittelchen hilft auch Kartoffelsaft. Säure zu neutralisieren ist allerdings eine ziemlich schlechte Dauerlösung! Magensäure verätzt auch Allergene und schlechte Bakterien aus der Nahrung oder hilft bei der Eiweißverdauung. Einige der neutralisierenden Medikamente beinhalten außerdem Aluminium. Das ist ein sehr fremder Stoff für unseren Körper – man sollte also niemals zu viel davon nehmen, sondern sich immer streng an die Vorgaben auf dem Beipackzettel halten.

Spätestens nach vier Wochen sollte man mit Säureneutralisierern skeptisch umgehen. Hört man nicht auf diesen Ratschlag, lernt man sehr schnell einen trotzigen Magen kennen, der seine Säure zurückwill. Unser Magen produziert dann einfach extra viel Säure – einmal, um das Medikament abzupuffern, und darüber hinaus, um endlich wieder sauer zu sein. Säureneutralisierer sind nie Dauerlösungen – auch nicht bei anderen Säurephänomenen wie der Magenschleimhautentzündung.

Hat man also trotz Säureneutralisierern immer noch Beschwerden, muss der Arzt kreativer werden. Er sollte ein Blutbild machen und eine körperliche Untersuchung. Bei normalen Ergebnissen kann er dann einen Säure-Pumpen-Hemmstoff empfehlen. Solche Hemmstoffe hindern die Magenzellen daran, überhaupt erst Säure in den Magen zu pumpen. Die Säure fehlt dem Magen vielleicht hier und da – aber man muss ihm und der Speiseröhre in solchen Fällen erst mal wieder Ruhe verschaffen, um sich von den Säureattacken zu erholen.

Wenn die Probleme nachts auftreten, ist es clever, sich im 30°-Winkel erhöht hinzulegen. Es kann schon eine ganz lustige Abendbastelei sein, so eine Konstruktion mit Geodreieck und Kopfkissen hinzubekommen. Es gibt aber auch vorgefertigte Kissen im Fachhandel. Die 30°-Oberkörper-Hochlagerung ist außerdem super für das Herz-Kreislauf-System. Das hat unser Physiologieprofessor gefühlte dreißig Mal gesagt – und da er Herz-Kreislauf-Forscher ist und sich selten wiederholt, glaube ich ihm das. Gleichzeitig führt es auch dazu, dass ich ihn mir immer in 30° schlafend vorstelle, sobald sein Name erwähnt wird.

Überhaupt nicht schlafen sollte man bei den Alarmsymptomen: Schluckbeschwerden, Gewichtsverlust, Schwellungen oder Blut in irgendeiner Form. Spätestens jetzt muss eine Kamera dem Magen einen kontrollierenden Besuch abstatten – egal, wie ungern man das macht. Das wirkliche Risiko beim Aufstoßen ist nämlich nicht die brennende Säure, sondern Gallenflüssigkeit, die aus dem Dünndarm über den Magen bis zur Speiseröhre hochgestoßen wird. Gallenflüssigkeit brennt überhaupt nicht, hat aber viel tückischere Folgen als die Säure. Von allen Menschen, die sauer aufstoßen, haben glücklicherweise nur ganz wenig Gallensäure mit dabei.

Gallensäure kann die Zellen der Speiseröhre stark verwirren. Sie sind sich plötzlich nicht mehr sicher: »Bin ich hier echt in der Speiseröhre? Dauernd kommt Galle? Vielleicht bin ich eine Dünndarmzelle und habe das all die Jahre nicht gemerkt … wie peinlich!« Sie wollen eigentlich nur alles richtig machen und verändern sich von Speiseröhrenzellen zu Magen-Darm-Zellen.

Das kann schiefgehen. Mutierende Zellen können sich falsch programmieren und wachsen dann nicht mehr kontrolliert wie andere Zellen. Von allen Menschen, die stolpern, verletzt sich nur ein kleiner Prozentsatz dadurch brenzlig.

In den allermeisten Fällen sind und bleiben Aufstoßen und Sodbrennen ungefährliche, aber lästige Stolperer. Ähnlich wie man nach dem Stolpern die Kleider kurz zurechtrückt, den Schreck durch ein Kopfschütteln neutralisiert und gemäßigt weiterläuft, kann man sich auch beim Aufstoßen verhalten – ein paar Schlücke Wasser rücken zurecht, die Säure kann man neutralisieren, und im Anschluss läuft man am besten ein bisschen ruhiger weiter.

Erbrechen

Würde man hundert Menschen nebeneinanderstellen, die in nächster Zeit kotzen, ergäbe das ein sehr buntes Bild. Person 14 sitzt in der Achterbahn und reißt die Hände in die Höhe, Nummer 32 lobt den famosen Eiersalat, Nummer 77 umklammert ungläubig einen Schwangerschaftstest, und Person Nummer 100 liest gerade auf einem Beipackzettel »kann Übelkeit und Erbrechen verursachen«.

Erbrechen ist kein Stolpern. Erbrechen läuft nach einem präzisen Plan. Es ist eine Meisterleistung. Millionen kleine Rezeptoren testen unseren Mageninhalt, untersuchen unser Blut und verarbeiten Eindrücke vom Gehirn. Jede einzelne Information wird im riesigen Fasernetz aus Nerven gesammelt und zum Hirn geschickt. Das Hirn kann Informationen abwägen. Je nachdem, wie viel Alarm insgesamt geschlagen wird, fällt die Entscheidung aus: kotzen oder nicht kotzen. Das wird vom Hirn ausgesuchten Muskeln mitgeteilt, die sich dann an die Arbeit machen.

Würde man dieselben hundert Personen während des Erbrechens einmal durchleuchten, bekäme man hundert Mal das gleiche Bild: Das alarmierte Hirn aktiviert den Hirnbereich für Übelkeit und stellt die Körperschalter auf Notfall. Wir werden blass, weil das Blut aus den Wangen abgezogen wird und in den Bauch wandert. Unser Blutdruck fällt ab, und der Herzschlag wird langsamer. Zu guter Letzt kommt der fast sichere Vorbote: Speichel. Er wird vom Mund in großen Mengen gebildet, sobald ihn das Gehirn über den aktuellen Stand der Dinge informiert hat. Damit sollen die wertvollen Zähne vor der Magensäure geschützt werden.

Zuallererst bewegen sich jetzt Magen und Darm in nervösen kleinen Wellen – sie schieben ihren Inhalt leicht panisch in völlig entgegengesetzte Richtungen. Dieses Zurückrudern können wir nicht spüren, weil es im unbewussten glatten Muskelbereich liegt.

Genau in dieser Zeit merken allerdings viele Menschen ganz intuitiv, dass sie jetzt ein Behältnis aufsuchen sollten.

Ein leerer Magen hilft nicht gegen Erbrechen, denn der Dünndarm kann genauso seinen Inhalt zurückleeren. Dafür macht der Magen extra die Tür auf und lässt Dünndarminhalt wieder zurück. Bei so einem großen Vorhaben arbeiten eben alle zusammen. Wenn der Dünndarm dem Magen plötzlich seinen Inhalt entgegendrückt, kann dieser Druck im Magen sensible Nerven reizen. Diese Nerven schicken daraufhin Signale zum Brechzentrum im Gehirn. Jetzt ist klar: Alles ist zum Kotzen … bereit.

Die Lungen holen einen besonders tiefen Atemzug, die Atemwege werden verschlossen. Der Magen und die Öffnung zur Speiseröhre werden auf einmal ganz entspannt und – pautz – drücken das Zwerchfell und die Bauchdeckenmuskulatur einmal ruckartig von unten, als wären wir eine Tube Zahnpasta. All der Inhalt aus dem Magen wird von uns weggepresst. Schwungvoll, immer raus damit!

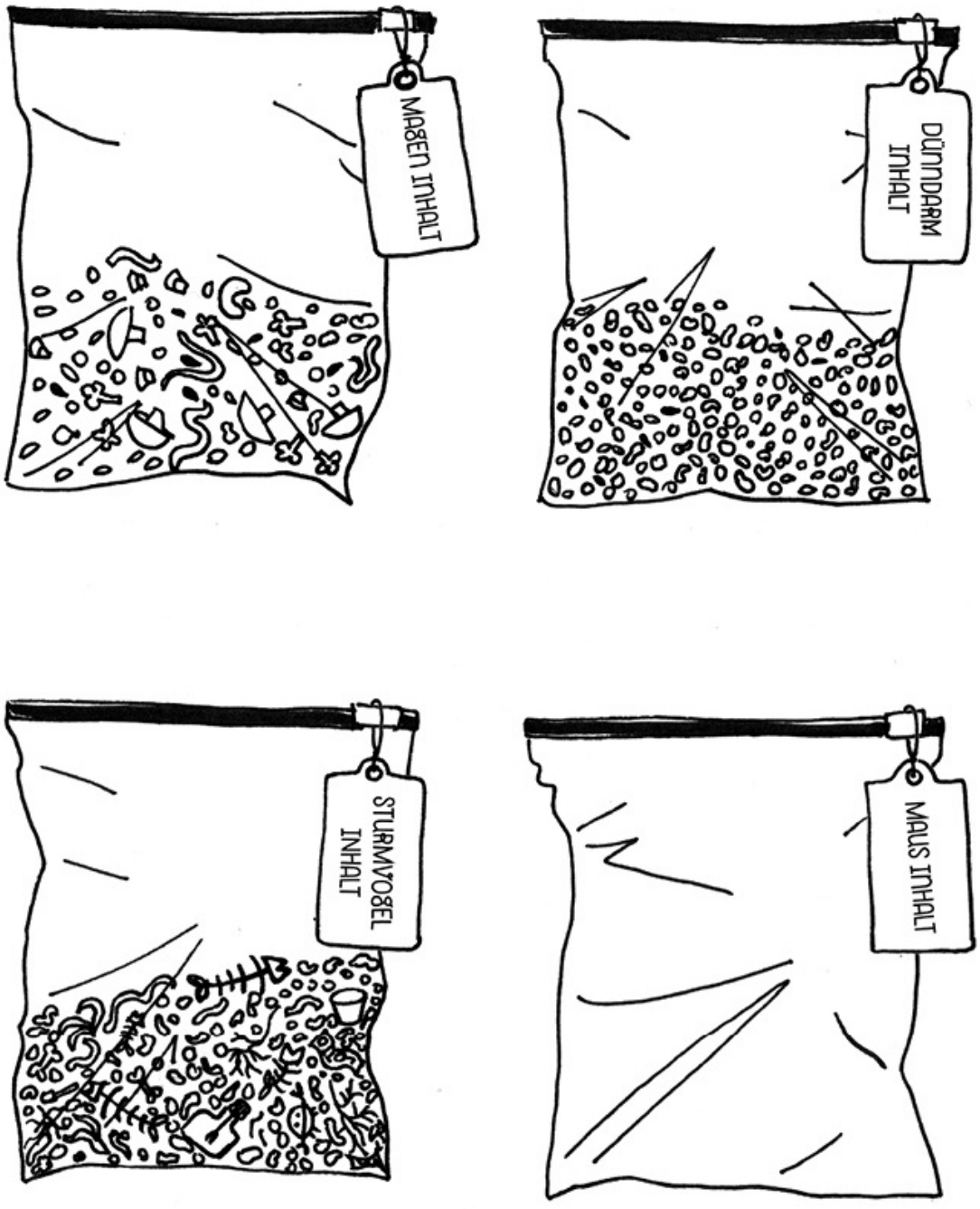
Warum wir erbrechen und was wir dagegen tun können

Menschen-Tiere sind extra so gebaut, dass sie erbrechen können. Zu unseren kotzfähigen Kollegen zählen Affen, Hunde, Katzen, Schweine, Fische und auch Vögel. Unfähig, sich zu übergeben, sind dagegen Mäuse, Ratten, Meerschweinchen, Kaninchen oder Pferde. Sie haben eine zu lange, enge Speiseröhre. Außerdem fehlen ihnen die kotztalentierten Nerven.

Tiere, die nicht kotzen können, müssen sich bei der Nahrungsaufnahme anders verhalten. Ratten und Mäuse »nibbeln« ihr Futter. Dabei knabbern sie winzige Stückchen prüfend ab und fressen erst weiter, wenn ihnen der erste Testhappen nicht geschadet hat. War er giftig, wird ihnen so meist nur ziemlich übel. Außerdem lernen sie, nicht mehr davon zu essen. Darüber hinaus können Nagetiere Gifte besser abbauen, weil ihre Leber mehr

Enzyme dafür hat. Pferde können noch nicht mal nibbeln. Wenn bei ihnen etwas Ungutes im Dünndarm landet, ist das oft lebensgefährlich. Im Grunde können wir also erst mal mächtig stolz sein, wenn wir uns röhrend über einer Kloschüssel krümmen.

Während der Brechtiraden kann man die kurzen Kotzpausen zum Grübeln nutzen. Der famose Eiersalat von Nummer 32 hat sich erstaunlich gut gehalten, als er von seinem Kurztrip in die Magengefilde zurückkehrt. Ein paar Stückchen vom Ei, Erbsen und Nudeln sind deutlich erkennbar. 32 denkt noch ernüchtert: Ich muss ziemlich schlecht gekaut haben. Kurz darauf bietet der nächste Schwall ein etwas kleinteiligeres Arrangement. Wenn unser Erbrochenes erkennbare Stücke enthält, kommt es mit hoher Wahrscheinlichkeit aus dem Magen und nicht aus dem Dünndarm. Je feiner, bitterer oder gelblicher, desto eher handelt es sich um einen kleinen Postkartengruß aus dem Dünndarm. Deutlich erkennbares Essen ist zwar schlecht gekaut – aber wenigstens frühzeitig aus dem Magen herauskatapultiert worden und noch nicht in den Dünndarm gelangt.



Auch die Art des Erbrechens verrät uns einiges. Kommt es ganz plötzlich, fast ohne Vorwarnung und dann in einem heftigen Schwall, spricht das für einen Magen-Darm-Virus. Die vorsichtigen Sensoren zählen nämlich erst mal, wie viel Krankheitserreger sie

antreffen – wenn sie beim Zählen merken: Ab hier ist es jetzt wirklich zu viel!, ziehen sie die Notbremse. Vor dieser Schwelle hätte sich vermutlich das Immunsystem noch darum kümmern können, aber jetzt ist es die Angelegenheit der Magen-Darm-Muskeln.

Bei Vergiftungen durch schlechte Lebensmittel oder Alkohol kommt das Brechen ebenfalls schwallartig, allerdings kündigt es sich fairerweise kurze Zeit vorher mit Übelkeit an. Die Übelkeit soll uns beibringen, dass dieses Essen übel für uns ist. In Zukunft wird Person 32 einer Schüssel Eiersalat wesentlich skeptischer gegenübertreten.

Nummer 14 von der Achterbahn geht es genauso mies wie Eiersalat-32. Achterbahn-Reihern funktioniert nach dem Prinzip »Reiseübelkeit«. Hier ist gar kein Gift im Spiel, und trotzdem landet Kotze auf Füßen und in Handschuhfächern oder saust mit der Windrichtung auf die nächste Heckscheibe. Unser Gehirn bewacht unseren Körper – akribisch und vorsichtig –, vor allem bei kleinen Kindern. Die derzeit fundierteste Erklärung für Kotzen-on-the-Road lautet: Wenn die Informationen der Augen auffällig abweichend zu denen des Ohrs sind, weiß das Gehirn nicht mehr, was schiefläuft, und zieht alle möglichen Notregister.

Wenn man im Auto oder im Zug ein Buch liest, berichten die Augen »kaum Bewegung«, und der Gleichgewichtssensor in den Ohren sagt: »Eine Menge Bewegung.« Umgekehrt ist es, wenn man beim Fahren Baumstämme am Waldrand verfolgt. Wenn wir gleichzeitig unseren Kopf ein bisschen bewegen, sieht es aus, als ob die Baumstämme noch schneller vorbeirauschen, als wir uns in Wirklichkeit bewegen – und wieder verwirrt das unser Gehirn. Solche Widersprüche von Augen und Gleichgewichtssinn kennt unser Gehirn eigentlich nur bei Vergiftungen. Wer zu viel getrunken oder Drogen genommen hat, fühlt Bewegung, obwohl er still dasitzt.

Auch starke Emotionen wie seelische Belastungen, Stress oder Angst können Grund für Erbrechen sein. Normalerweise bilden wir jeden Morgen das Stresshormon CRF (*Corticotropin Releasing Factor*) und legen so ein Polster an, um den Körper für die

Anforderungen des Tages zu wappnen. CRF sorgt dafür, dass wir Energiereserven anzapfen können, dass das Immunsystem nicht überreagiert oder dass unsere Haut bei Sonnenlichtstress zum Schutz braun wird. Wenn eine Situation ungewöhnlich aufregend ist, kann das Gehirn eine Extradosis CRF ins Blut spritzen.

Allerdings wird nicht nur in den Gehirnzellen CRF gebildet, sondern auch in den Magen-Darm-Zellen. Auch hier bedeutet dieses Signal: Stress und Bedrohung! Wenn Magen-Darm-Zellen hohe Mengen CRF bemerken, ist es egal, woher das Signal kommt (Hirn oder Darm), allein die Information, dass einer von beiden gerade die Welt zu krass findet, reicht, um darauf mit Durchfall, Übelkeit oder Erbrechen zu reagieren.

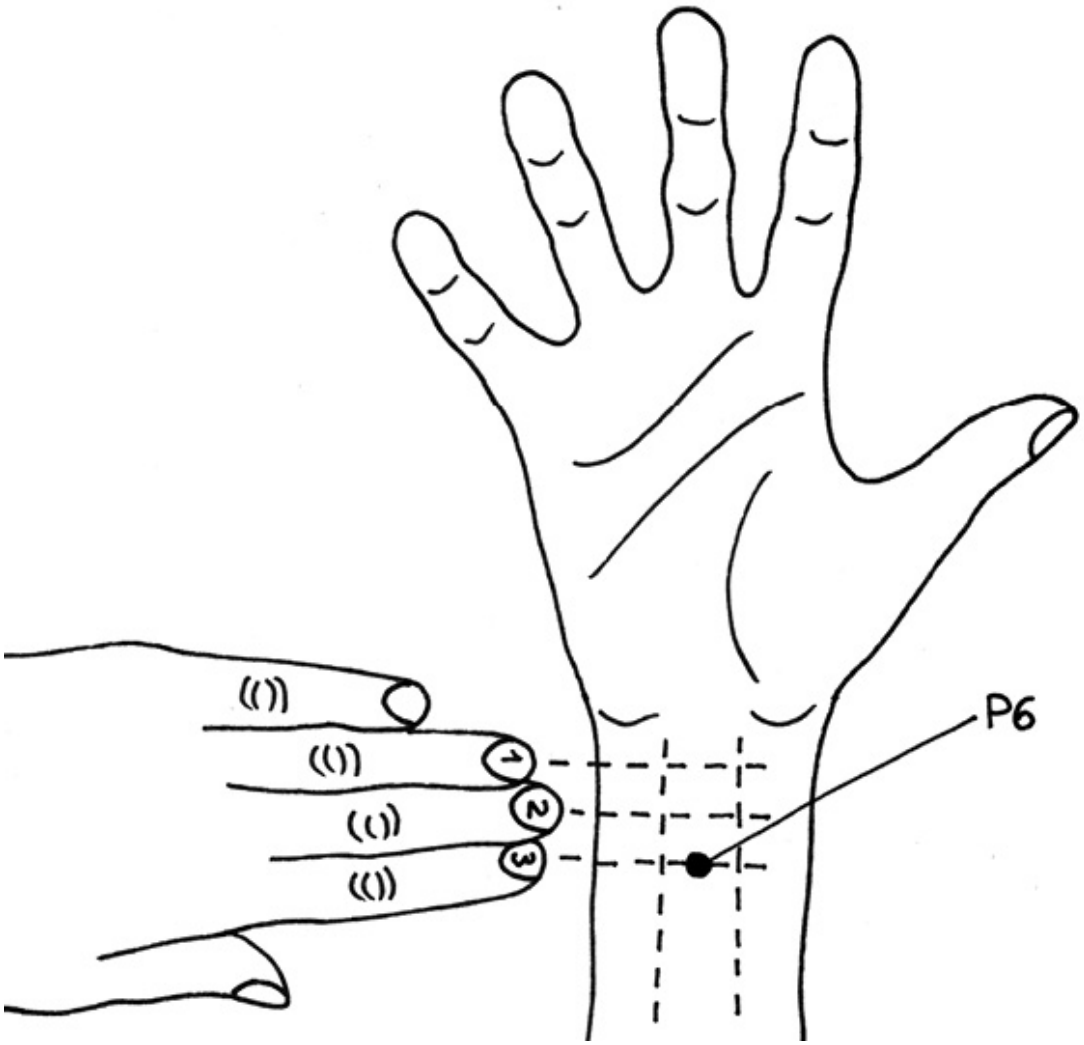
Bei Hirnstress befördert das Erbrechen Nahrungsbrei heraus, um Verdauungsenergie zu sparen. Diese kann das Gehirn dann nutzen, um seine Probleme zu lösen. Bei Darmstress wird der Nahrungsbrei herausbefördert, weil er giftig ist oder der Darm gerade nicht imstande ist, gut zu verdauen. In beiden Fällen kann es ein Vorteil sein, sich zu entleeren. Es ist schlichtweg nicht die Zeit für gemütliches Verdauen. Menschen, die sich aus Nervosität übergeben, besitzen einen Verdauungsschlauch, der aufmerksam versucht zu helfen.

Übrigens: Sturmvögeln dient das Erbrechen auch als Verteidigungstechnik. Wer sich erbricht, wird von anderen Tieren eher in Ruhe gelassen. Forscher nutzen diesen Umstand. Sie nähern sich dem Nest der Tiere, halten den Vögeln kleine Kotzbeutel entgegen, und diese erbrechen dann zielgerichtet hinein. Im Labor wird der Mageninhalt anschließend auf Schwermetalle und Fischvielfalt überprüft, um zu schauen, wie gesund die Umwelt ist.

Hier ein paar Tipps, wie sich unnötige Kotz-Attacken minimieren lassen:

1. Bei Reiseübelkeit: Weit vorne zum Horizont schauen – so kann man die Information der Augen und die des Gleichgewichtorgans besser synchronisieren.

2. Mit Kopfhörern Musik hören, sich seitlich hinlegen oder Entspannungstechniken ausprobieren – das hilft einigen. Eine mögliche Erklärung hierfür ist die beruhigende Wirkung dieser Maßnahmen. Je sicherer wir uns fühlen, desto weniger unterstützen wir die Alarmstimmung im Gehirn.
3. Ingwer: Es gibt mittlerweile eine Sammlung an Studien, die belegen, dass Ingwer gut wirkt. Stoffe aus der Ingwerwurzel blockieren das Brechzentrum und damit den Brechreiz. In Bonbons oder Ähnlichem sollte Ingwer allerdings nicht nur als Geschmacksstoff, sondern in echter Form enthalten sein.
4. Medikamente gegen Erbrechen aus der Apotheke können verschieden funktionieren: Sie können Rezeptoren am Brechzentrum blockieren (dieselbe Wirkungsweise wie Ingwer), die Nerven aus Magen und Darm betäuben oder bestimmte Alarmmeldungen unterdrücken. Die Medikamente zur Alarmunterdrückung sind fast identisch mit Arzneimitteln gegen Allergien. Beide unterdrücken den Alarmstoff Histamin. Die Medikamente gegen Übelkeit können aber viel stärker im Gehirn wirken. Moderne Allergiemittel sind in letzter Zeit immer so weiterentwickelt und verbessert worden, dass sie kaum im Gehirn andocken. Dort macht das Unterdrücken von Histamin nämlich müde.
5. P6! Das ist ein Akupunkturpunkt, der in der Schulmedizin mittlerweile anerkannt wird, weil er in über vierzig Studien zu Übelkeit und Erbrechen gute Wirkung gezeigt hat – auch im Vergleich zu Placebos. Wir wissen also nicht, wie oder warum, aber P6 funktioniert. Dieser Punkt ist zwei bis drei Finger unterhalb des Handgelenks und zwar genau zwischen den beiden hervorspringenden Sehnen am Unterarm. Wenn gerade kein Akupunkteur in der Nähe ist, kann man versuchen, einfach sanft ein paar Mal über den Punkt zu streichen, bis es besser wird. Das ist dann zwar nicht mit den entsprechenden Studien belegt, aber eventuell ein lohnendes Selbstexperiment. Laut der traditionellen chinesischen Medizin aktiviert der Punkt Energiebahnen, die über die Arme durch das Herz laufen, das Zwerchfell entspannen und zum Magen oder weiter in das Becken laufen.



Nicht alle Tipps funktionieren bei allen Brechreiz-Auslösern. Mittelchen wie Ingwer, Apothekenware oder P6 können guttun – bei emotionalem Erbrechen hilft es oft am besten, wenn man dem eigenen, inneren Sturmvogel ein sichereres Nest baut. Durch Entspannungstechniken oder auch Hypnotherapie (bei einem echten Hypnotherapeuten und nicht etwa bei einem unseriösen Hypnotiseur!) kann man die eigenen Nerven trainieren, ein dickeres Fell zu bekommen. Je öfter und länger man übt, desto besser wird man – kleiner doofer Bürostress oder Prüfungen können uns weniger bedrohen, wenn wir sie nicht so nah an uns herankommen lassen.

Erbrechen ist nie eine Strafe aus dem Bauch! Es ist viel eher ein Zeichen, dass Gehirn und Darm sich bis an ihre letzten Grenzen für uns aufopfern. Sie schützen uns vor unbemerktem Gift in der Nahrung, sind übervorsichtig bei Augen-Ohren-Halluzinationen auf Reisen oder sparen Energie, um Probleme zu lösen. Die Übelkeit soll uns ein Kompass für die Zukunft sein: Was ist gut für uns? Was ist es nicht?

Wissen wir nicht genau, woher der Brechreiz kommt, sind wir gut beraten, uns ihm einfach anzuvertrauen. Genauso verhält es sich auch, wenn wir etwas Falsches zu uns genommen haben, aber uns nicht übergeben müssen. Auch hier sollte man nichts künstlich erzwingen – sei es per Finger-in-den-Mund, Salzwasser oder einer Magenspülung. Das kann beim Schlucken von Chemikalien wie Säure oder Aufschäumendem sogar richtig nach hinten losgehen. Schaum wandert nämlich gern in die Lunge, und Säure hätte so die Gelegenheit, die Speiseröhre ein zweites Mal zu verätzen. Deshalb ist das sogenannte forcierte Erbrechen seit dem Ende der neunziger Jahre in der Notfallmedizin weitgehend abgeschafft worden.

Der echte Brechreiz stammt aus einem jahrtausendealten Programm, das die Kompetenz besitzt, dem Bewusstsein die Zügel aus der Hand zu nehmen. Unser Bewusstsein ist über diese spürbare Entmachtung manchmal empört bis geschockt – eigentlich wollte es in munterer Runde Tequila trinken und jetzt das? Weil es uns den Ärger aber oft überhaupt erst eingebrockt hat, muss es dann auch zurückstecken. Wenn Erbrechen aus unnötiger Übervorsicht passiert, darf das Bewusstsein allerdings auch mal zurück an den Verhandlungstisch, um seine Anti-Kotz-Joker auszupacken.

Verstopfung

Verstopfung ist wie . Man wartet auf etwas, das dann einfach nicht . Dafür muss man oft auch noch recht viel Kraft aufbringen. Für all die Mühe kriegt man manchmal nur wenige •••. Oder es geht, aber eben nur ziemlich

selten.

10 bis 20 Prozent der Deutschen haben Verstopfung. Wer zu dieser Clique dazugehören will, sollte mindestens zwei der folgenden Anforderungen erfüllen: Man hat seltener als drei Mal pro Woche Stuhlgang, ein Viertel aller Stuhlgänge sind besonders hart, oft in kleinen Pünktchen-Portionen (•••) , man muss sie mit Kraft herausbefördern, schafft es nur, wenn man nachhilft (mit Mittelchen und Tricks) oder man fühlt sich nicht vollständig entleert, wenn man das Klo verlässt.

Bei Verstopfungen arbeiten die Nerven und Muskeln des Darms nicht mehr ganz so zielstrebig auf ein Ziel hin. Meistens funktionieren Verdauung und Transport noch normal schnell – nur ganz am Ende vom Dickdarm ist man sich nicht mehr einig, ob das unbedingt sofort rausmuss oder nicht.

Ein viel besserer Parameter für Verstopfungen ist nicht, *wie oft* man auf die Toilette geht, sondern *wie hart* es ist, auf die Toilette zu gehen. Eigentlich sollen wir eine famos entspannte Zeit auf dem stillen Örtchen verbringen – wenn dem nicht so ist, kann das zu großem Unbehagen führen. Es gibt Verstopfungen auf unterschiedlichsten Levels, vorübergehende Verstopfungen bei Reisen, wenn man krank ist, oder während Stressphasen, aber auch hartnäckigere Verstopfungen, die zum Dauerproblem tendieren.

Fast jeder Zweite kennt Verstopfungen auf Reisen. Vor allem in den ersten Tagen kommt man einfach nicht richtig zu Potte. Das kann zwar ganz verschiedene Gründe haben, aber meist läuft es auf eines hinaus: Der Darm ist ein Gewohnheitstier. Die Darmnerven merken, welche Dinge wir gerne essen und zu welchen Zeiten in etwa. Sie wissen, wie viel wir uns bewegen und wie viel Wasser wir trinken. Sie merken, wann es Tag und Nacht ist und wann wir auf die Toilette gehen. Wenn alles gut läuft, arbeiten sie munter und aktivieren die Darmmuskeln zum Verdauen.

Wenn wir wegfahren, denken wir an vieles: Wir nehmen unsere Schlüssel mit, machen den Herd aus und haben ein Buch oder Musik dabei, um unser Gehirn bei Laune zu halten. Nur eines vergessen wir fast immer: Unser Darm-Gewohnheitstierchen fährt mit und wird plötzlich völlig im Stich gelassen.

Es gibt den ganzen Tag abgepackte Brote, seltsames Flugzeugessen oder neuartige Gewürze. Zur eigentlichen Mittagspausenzeit stehen wir im Stau oder am Ticketschalter. Wir trinken nicht so viel wie sonst, aus Angst, zu oft aufs Klo zu müssen, und Flugzeugluft trocknet uns zusätzlich aus. Als wäre das nicht schon genug, bekommen wir auch noch einen saftigen Tag-Nacht-Jetlag-Verdreher.

Die Nerven des Darms merken diese Ausnahmesituation. Sie sind irritiert und halten erst einmal inne, bis ihnen signalisiert wird, dass es weitergehen kann. Selbst wenn der Darm während eines so verwirrenden Tages seine Arbeit getan hat und sich erfolgreich zum Klogang meldet, setzen wir oft noch einen drauf und unterdrücken ihn einfach, weil es gerade schlecht passt. Wenn wir ehrlich sind, ist es oft nur wegen dem »Nicht-mein-Klo-Syndrom«. Wer darunter leidet, vertraut sein Geschäft nicht so gerne fremden Toiletten an. Am härtesten sind dann die öffentlichen Toiletten. Wir suchen sie oft nur mit einer Extraportion Ansporn auf, bauen eine aufwendige »Sesselskulptur« aus Klopapier und halten gefühlte zehn Meter Abstand von der Schüssel. Bei starkem Nicht-mein-Klo-Syndrom hilft auch das nicht. Man kann sich nicht genug entspannen, um die Arbeit des Gewohnheitstierchens zu vollenden.

So kann ein Urlaub oder eine Geschäftsreise ziemlich unangenehm werden.

Mit drei kleinen Kniffen können Menschen mit kurzen oder milden Verstopfungsphasen ihren Darm wieder so ermutigen, dass er sich wieder entängstigt und an die Arbeit geht:

1. Es gibt etwas zu essen, was unsere Darmwand ein bisschen anstupst und zur Arbeit motiviert: Ballaststoffe. Sie werden nicht im Dünndarm verdaut und können so im Dickdarm freundlich an die Wände klopfen und Bescheid sagen, dass jemand da ist, der weitertransportiert werden möchte. Die besten Ergebnisse liefern Flohsamenschalen und die etwas netter schmeckenden Pflaumen. Beide beinhalten nicht nur Ballaststoffe, sondern auch Wirkstoffe, die mehr Flüssigkeit in den Darm ziehen – dadurch wird das Ganze geschmeidiger. Es dauert etwa zwei bis drei Tage, bis man die volle Wirkung merkt. Man kann also entweder einen Tag vor der Reise damit beginnen oder am ersten Urlaubstag – je nachdem, wie man sich am sichersten fühlt. Für einen Koffer ohne Pflaumenfach dürfen es auch mal Ballaststoffe in Tabletten- oder Pulverform aus der Apotheke oder Drogerie sein. Dreißig Gramm Ballaststoff wiegen gar nicht so viel, wie der Name denken lässt – und doch ist das schon eine völlig ausreichende Menge pro Tag.

   Wer sich selbst schlaumachen möchte, dem sei Folgendes an die Hand gegeben: Ballaststoffe, die sich nicht im Wasser lösen, regen lebhaftere Bewegungen an, verursachen aber auch öfter Bauchweh. Wasserlösliche Ballaststoffe sind nicht so stark in ihrer Bewegungsförderung, aber machen den Nahrungsbrei geschmeidiger und sind verträglicher. Die Natur entwirft das schon ganz geschickt: Die Schale von Pflanzen beinhaltet oft große Mengen wasserunlöslicher Ballaststoffe, während das Fruchtfleisch mehr wasserlösliche Anteile bereitstellt.

   Ballaststoffe bringen wenig, wenn man nicht genug trinkt: Ohne Wasser sind sie nur feste Klumpen. Mit Wasser quellen sie auf zu Spielbällen. Dann hat die gelangweilte Darmmuskulatur auch etwas zu tun, während das Hirn auf den Flugzeugbildschirmen Filme guckt.

2. Viel trinken muss nur, wer wirklich Wasser braucht. Trinkt man schon genug, bewirkt man keine Besserung, wenn man noch mehr trinkt. Ist aber im Körper zu wenig Flüssigkeit vorhanden, ist das anders: Dann zieht der Darm mehr Wasser aus dem Nahrungsbrei. Das wiederum macht den Stuhlgang härter. Kleine Kinder verdampfen bei hohem Fieber oft so viel Körperwasser, dass ihre Verdauung dadurch ins Stocken kommt. Wer lange im Flugzeug sitzt, verliert ähnlich viel Flüssigkeit. Man muss dafür nicht mal schwitzen, es reicht schon eine sehr trockene Umgebungsluft, die unser Körperwasser ganz unauffällig aufnimmt. Man merkt das manchmal erst an einer trockenen Nase. In solchen Fällen sollte man versuchen, mehr zu trinken als gewohnt, um auf den üblichen Pegel zu kommen.
3. Tu dir keinen Zwang an. Wenn man aufs Klo muss, sollte man wirklich gehen. Vor allem, wenn man mit seinem Darm klare Zeiten abgemacht hat. Wer immer morgens auf die Toilette geht und auf Reisen zur selben Zeit den Drang unterdrückt, verletzt ein stilles Abkommen. Der Darm möchte seine Arbeit nur plangerecht abwickeln. Sogar wenn man nur ein paar Mal hintereinander Verdauungsbrei zurück in die Warteschleife schickt, trainiert man damit die Nerven und Muskeln in die Rückwärtsrichtung. Als Resultat kann es immer schwerer werden, die Richtung wieder umzukehren. Noch dazu ist in der Warteschleife mehr Zeit, um Wasser zu entziehen. Das kann das kommende Geschäft immer härter machen. Den Stuhldrang zu unterdrücken kann nach ein paar Tagen zu Verstopfungen führen. Wer also noch einen einwöchigen Campingurlaub vor sich hat: Überwinde die Angst vor dem Plumpsklo, bevor es zu spät ist!
4. Probiotika und Präbiotika – lebende, gute Bakterien und ihr Lieblingsessen können einem müden Darm neues Leben einhauchen. Hier kann man in der Apotheke nachfragen oder ein bisschen im Buch nach vorne blättern.
5. Extra-Spaziergänge? Das ist nicht unbedingt erfolgreich. Wenn man sich plötzlich weniger bewegt als sonst, kann es zu einem trägeren Darm kommen – das ist richtig. Bewegt man sich allerdings wie immer, bewirkt ein Spaziergang mehr oder weniger

auch kein Verdauungsnirwana. In Studien zeigt erst stark beanspruchender Sport wieder eine messbare Wirkung auf die Darmbewegung. Wer also nicht vorhat, sich auszupowern, muss sich – zumindest für einen erfolgreichen Klogang – nicht unbedingt zum Pflichtspaziergang zwingen.

Wer sich für Unkonventionelles interessiert, kann das Schaukelhocken ausprobieren: Man sitzt auf der Toilette und beugt den Oberkörper vor bis zu den Oberschenkeln und bewegt ihn dann wieder zurück in die aufrechte Sitzhaltung. Das wiederholt man ein paar Mal, und dann sollte es klappen. Auf der Toilette wird man nicht gesehen und hat einen Moment Zeit – perfekte Voraussetzung für so ein ungewöhnliches Experiment.



Wenn Alltagstipps und Schaukeln nichts bewirken:

Bei hartnäckigeren Verstopfungen sind die Nerven des Darms nicht nur verwirrt oder schmollen, sondern sie brauchen auch ein bisschen mehr Unterstützung von uns. Wer schon alle kleinen Tipps probiert hat, aber immer noch nicht pfeifend von der Toilette hüpft, darf in einer anderen Trickkiste kramen. Das sollte allerdings nur derjenige, der den Grund für seine Verstopfung kennt. Wer nicht genau weiß, woher das Ganze kommt, kann auch nicht richtig helfen.

Man sollte immer zum Arzt, wenn eine Verstopfung ganz plötzlich kommt oder ungewöhnlich lange dauert. Vielleicht versteckt sich hinter allem ein unerkannter Diabetes oder ein Schilddrüsenproblem, oder wir sind geborene Langsam-Transportierer.

Abführmittel

Bei Abführmitteln ist das Ziel klar formuliert: wahre Prachthaufen. Und zwar solche, die selbst den schüchternsten Darm wieder aus der Reserve locken. Es gibt verschiedene Sorten von Abführmitteln, die unterschiedlich funktionieren. Für alle hoffnungslos verstopft Reisenden, Langsam-Transportierer, Campingtoiletten-Verweigerer oder Hämorrhoiden-Hindernis-Überwinder kommen wir jetzt zu dieser Trickkiste.

Ein Prachthaufen durch Osmose

… ist wohlgeformt und nicht zu hart. Osmose ist das Gerechtigkeitsgefühl des Wassers. Wenn ein Wasser mehr Salz, Zucker o. Ä. hat als ein anderes Wasser, strömt das ärmere Wasser zum reicheren Wasser dazu. So haben beide gleich viel und leben in Frieden miteinander. Dasselbe Prinzip lässt auch schlappen Salat wieder frisch werden – man legt ihn einfach eine halbe Stunde in eine Schüssel mit Wasser und holt ihn knackiger

wieder heraus. Das Wasser strömt in den Salat, weil der Salat mehr Salze, Zucker etc. enthält als das pure Wasser in der Schüssel.

Osmotische Abführmittel nutzen diese ausgleichende Gerechtigkeit. Sie beinhalten bestimmte Salze, Zucker oder winzige Molekülketten, die bis in den Dickdarm gelangen. Auf ihrem Weg holen sie allerlei Wasser dazu und machen den Toilettengang so geschmeidig wie möglich. Übertreibt man das Ganze, wird zu viel Wasser gezogen. Durchfall ist ein sicheres Zeichen dafür, dass man zu viel Abführmittel eingenommen hat.

Bei osmotischen Abführmitteln kann man sich entscheiden, ob man als »Wasser-Ziehmittel« Zucker, Salze oder kleine Molekülketten nehmen möchte. Die Salze, wie Glaubersalz, sind eher grob zu uns. Ihre Wirkung tritt sehr plötzlich ein – und bei häufigerer Einnahme bringen sie den Salzhaushalt unseres Körpers durcheinander.

Der bekannteste Abführzucker ist die Lactulose. Sie besitzt einen praktischen Doppeleffekt: Neben der Wasserrekrutierung füttert Lactulose auch Darmbakterien. Diese kleinen Wesen können mit anpacken, indem sie zum Beispiel weichmachende Stoffe herstellen oder die Darmwand zur Bewegung motivieren. Als Nebenwirkung kann allerdings genau das unangenehm sein – überfütterte oder falsche Bakterien können Gase herstellen und zu Bauchweh und Blähungen führen.

Lactulose entsteht aus dem Milchzucker Laktose zum Beispiel bei starker Erwärmung von Milch. Pasteurisierte Milch wird kurz erhitzt und enthält deshalb schon mal mehr Lactulose als rohe Milch. Ultrahocherhitzte Milch enthält wiederum mehr als pasteurisierte und so weiter. Es gibt aber auch nicht-milchige Abführzucker, zum Beispiel Sorbit. Sorbit ist in einigen Obstarten enthalten – etwa in Pflaumen, Birnen oder Äpfeln. Das ist einer der Gründe für das verdauungsfördernde Image von Pflaumen und für die Warnung, dass zu viel frischer Apfelsaft Durchfall verursacht. Weil Menschen Sorbit wie Lactulose kaum ins Blut aufnehmen, wird es oft als Zuckeraustauschstoff benutzt. Dann heißt es E420 und ist zum Beispiel bei zuckerfreien Hustenbonbons der Grund für den Hinweis: »Kann bei übermäßigem Verzehr abführend wirken.«

In einigen Studien hat Sorbit denselben Effekt wie Lactulose, aber zeigt insgesamt weniger Nebenwirkungen (eben keine unangenehmen Blähungen).

Die kleinen Molekülketten sind von allen Abführmitteln am verträglichsten. Sie heißen so, wie Molekülketten gerne mal genannt werden – zum Beispiel Polyethylenglykol, kurz PEG. Sie bringen den Salzhaushalt nicht so durcheinander wie Salze und verursachen auch kaum Blähungen wie Zucker. Die Kettenlänge steckt oft schon im Namen: PEG3350 ist so viele Atome lang, dass es ein Molekulargewicht von 3350 hat. Das ist viel besser als PEG150 – denn hier sind die Ketten so kurz, dass wir sie ungewollt im Darm aufnehmen könnten. Gefährlich wäre das nicht unbedingt, aber irritierend für den Darm, denn Polyethylenglykol gehört definitiv nicht zu unserem Speiseplan.

Kurze Ketten wie PEG150 gibt es deshalb nicht in Abführmitteln – aber zum Beispiel in Hautcremes. Hier gehen sie einer sehr verwandten Beschäftigung nach: Sie helfen, die Haut geschmeidiger zu machen. Dass sie Schaden verursachen, ist unwahrscheinlich, aber noch nicht ausdiskutiert. Abführmittel wie PEG enthalten ausschließlich die unverdaulichen Ketten und können so über lange Zeit ohne Probleme genommen werden – hier muss man nach den neusten Studien keine Angst vor Abhängigkeit oder Dauerschäden haben. Einige Forschungsergebnisse legen sogar nahe, dass sie die Schutzbarriere des Darms verbessern.

Osmotische Abführmittel wirken nicht nur durch Feuchtigkeit, sondern auch durch Masse. Je mehr Feuchtigkeit, wohlernährte Darmflorabakterien oder Molekülketten in so einem Darm befindlich sind, desto stärker wird der Darm angeregt, sich zu bewegen. Das ist das Prinzip des peristaltischen Reflexes.

Ein Prachthaufen durch Kotgleiter

… klingt nach einer fabelhaften Freizeitaktivität: Kotgleiten – das Paragliding des Dickdarms. Der Erfinder der Vaseline, Robert Chesebrough, schwor auf einen Löffel Vaseline täglich. Vaseline zu

essen dürfte einen ähnlichen Effekt haben wie die Einnahme anderer fetthaltiger Kotgleiter – in einer unverdaulichen Fett-Überdosis umhüllen sie das Transportgut und helfen so beim einfacheren Abtransport. Robert Chesebrough wurde 96 Jahre alt, was erstaunlich ist, denn wer täglich fettige Gleitmittel isst, verliert dadurch zu viele fettlösliche Vitamine. Diese werden nämlich ebenfalls eingemantelt und abtransportiert. Dadurch entsteht ein Mangel, der zu Krankheiten führt – vor allem, wenn man es zu oft macht und übertreibt. Vaseline gehört nicht zu den offiziellen Kotgleitern (und sollte auch wirklich nicht gegessen werden) – die allbekannten Kotgleiter wie Paraffinöl sind allerdings auch keine überzeugendere Dauerlösung. Sie können als Übergangslösung sinnvoll sein – zum Beispiel bei unangenehmen, kleinen Wunden oder Hämorrhoiden am Darmausgang. In so einem Fall ist es sogar gut, für weicheren Kot zu sorgen, damit man am Ende keine Schmerzen hat oder etwas kaputtmacht. Dafür eignen sich allerdings auch gelbildende Ballaststoffe aus der Apotheke, die deutlich verträglicher und ungefährlicher sind.

Ein Prachthaufen durch Hydragoga

… entsteht durch massives Ankurbeln des Darms. Diese Abführmittel sind für Verstopfte mit sehr schüchternen, langsam agierenden Darmnerven. Ob das auf einen zutrifft, kann man durch verschiedene Tests herausfinden – einer davon beinhaltet das Schlucken von kleinen medizinischen Kügelchen, die ein Arzt mit einem Röntgenapparat bei ihrer Wanderung durch den Darm fotografiert. Wenn nach einer gewissen Zeit immer noch die meisten Kugeln überall verstreut sind und sich nicht brav am Darmausgang versammelt haben, dann sind Hydragoga angesagt.

Hydragoga setzen sich auf ein paar der Rezeptoren, die der Darm neugierig in die Gegend streckt. Diese geben daraufhin Signale an den Darm: Kein Wasser mehr aus dem Nahrungsbrei rauslassen, mehr Wasser von außen dazuholen, Muskeln – macht mal hin! Wassertransporter und Nervenzellen werden von clever gebauten Hydragoga, plump gesagt, herumkommandiert. Wenn

osmotische Abführmittel nicht anregend und geschmeidig genug sind, braucht so ein schüchterner Darm ein paar klare Ansagen. Am Abend geschluckt, kann das Ganze über Nacht sacken, und am nächsten Morgen reagiert der Darm darauf. Wer es schnell braucht, kann die Kommandos der Hydragoga per Expressbotenzäpfchen direkt dem Dickdarm mitteilen. Dann ist die Nachricht meist innerhalb einer Stunde angekommen.

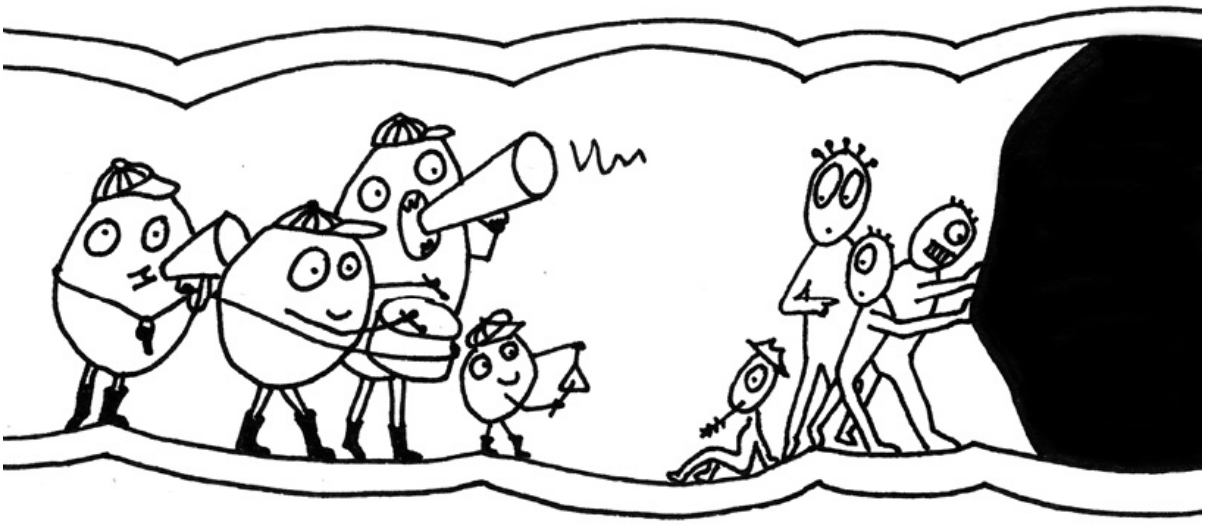


Abb.: Hydragoga regen den Vorwärtstransport im Darm an.

Zur Kommandotruppe gehören nicht nur Chemiekeulen, sondern auch Pflanzen. Aloe vera oder Senna funktionieren sehr ähnlich. Allerdings haben sie aufregendere Nebenwirkungen – wer gerne mal seinen Darm von innen schwarz färben möchte, ist herzlich eingeladen. Die Verfärbung ist nicht gefährlich und geht auch wieder zurück.

Allerdings haben einige Wissenschaftler auch Nervenschäden durch den Genuss von zu viel Hydragoga oder Aloe vera beschrieben, die weniger lustig sein dürften, wenn sie wirklich davon ausgelöst wurden. Der Grund ist: Nerven, die zu viel herumkommandiert wurden, sind irgendwann überreizt. Dann ziehen sie sich zurück, wie Schnecken, denen man an die Fühler

stupst. Man sollte deshalb diese Medikamente bei dauerhaften Problemen nicht häufiger als jeden zweiten bis dritten Tag einnehmen.

Ein Prachthaufen durch Prokinetika

… ist der neuste Schrei – in zweierlei Hinsicht. Diese Medikamente können den Darm nur in dem verstärken, was er sowieso tut, und keine ungewollten Bewegungen befehlen. Sie funktionieren im Prinzip so wie Lautsprecher. Für viele Wissenschaftler spannend ist, dass diese Medikamente isoliert helfen können. Manche funktionieren nur an einem einzigen Rezeptor oder werden gar nicht erst in den Blutkreislauf aufgenommen. Allerdings ist die Wirkungsweise vieler Substanzen noch im Teststadium, oder die entsprechenden Mittel kommen gerade erst auf den Markt. Wer also nicht notgedrungen etwas Neues ausprobieren will, ist mit Altbewährtem auf der erprobteren Seite.

Die Drei-Tage-Regel

Viele Ärzte verschreiben Abführmittel, ohne die Drei-Tage-Regel zu erklären. Dabei geht das recht schnell und hilft gut: Der Dickdarm hat drei Teile, den aufsteigenden, den waagrechten und den absteigenden Dickdarm. Wenn wir auf die Toilette gehen, entleeren wir meist den letzten Teil. Bis zum nächsten Tag wird dieser wieder aufgefüllt, und das Spiel beginnt von vorne. Wenn wir stark wirkende Abführmittel einnehmen, dann kann es passieren, dass wir den kompletten Dickdarm entleeren, also alle drei Teile. Bis der Dickdarm dann wieder ausreichend gefüllt ist, kann das gerne mal drei Tage dauern.

Wer die Drei-Tage-Regel nicht kennt, wird in dieser Zeit schon wieder nervös. Immer noch kein Stuhlgang? Schon der dritte Tag? Und dann – schwups – landet die nächste Tablette oder das nächste Pulver im Mund. Das ist ein unnötiger Teufelskreis. Nach

einem Abführmittel darf man dem Darm auch mal zwei Tage Ruhe gönnen. Erst die Zeit ab dem dritten Tag zählt wieder. Wer sicher zu den Langsam-Transportierern gehört, darf auch nach zwei Tagen wieder nachhelfen.

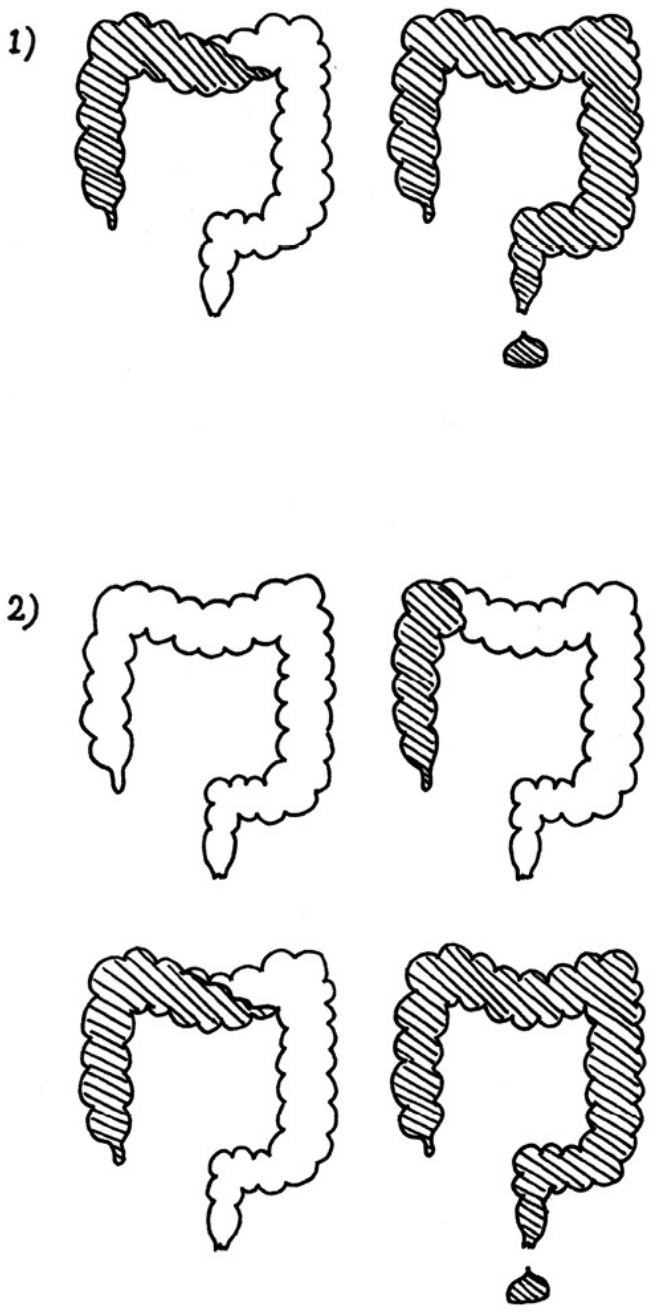
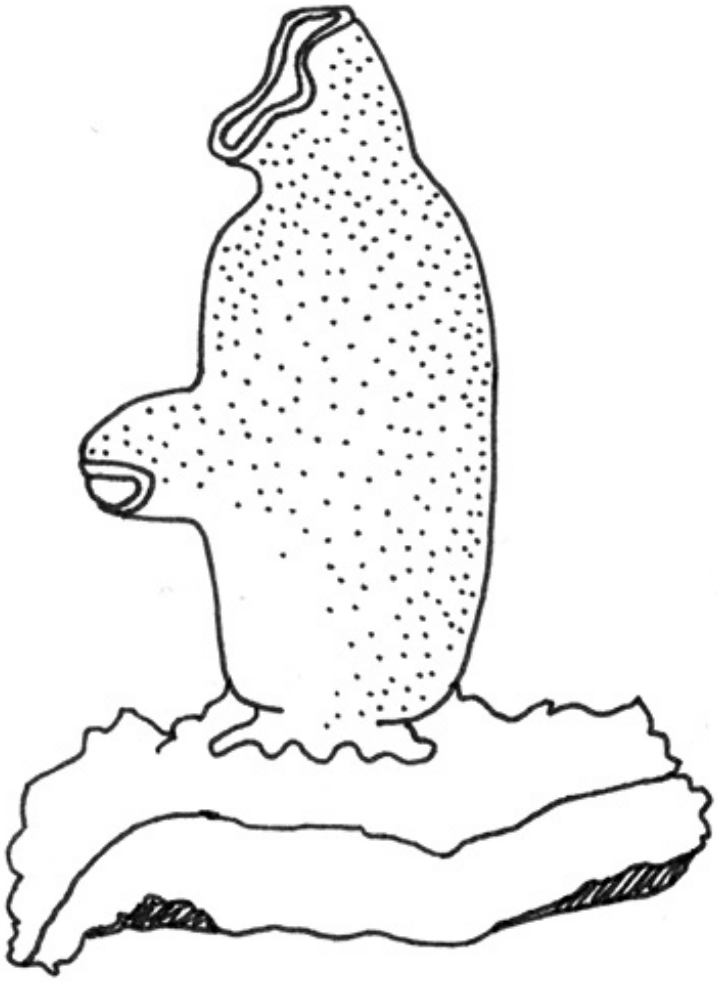


Abb.: 1. Normalzustand: Ein Drittel des Dickdarms entleert sich und füllt sich bis zum nächsten Tag.

2. Nach Abführmitteln: Der gesamte Dickdarm entleert sich, und es kann drei Tage dauern, bis er wieder gefüllt ist.

Gehirn und Darm

Das ist eine Seescheide.



Sie kann uns ihre Sicht auf die Notwendigkeit eines Gehirns erläutern. Die Seescheide gehört wie wir Menschen zu den Chordatieren. Sie hat ein bisschen Hirn und eine Art Rückenmark. Über das Rückenmark schickt das Hirn seine Befehle runter an den Körper und bekommt dafür vom Körper interessante Neuigkeiten zurück. Beim Menschen bekommt es zum Beispiel von den Augen

das Abbild eines Straßenschildes gesendet, bei der Seescheide von den Augen, ob ein Fisch den Weg kreuzt. Beim Menschen von Hautsensoren die Information, wie die Temperatur draußen so ist, bei der Seescheide von Hautsensoren die Information, wie die Wassertemperatur in tieferen Schichten so ist. Beim Menschen, ob das Essen hier empfehlenswert ist – bei der Seescheide … auch.

Mit diesen Informationen ausgestattet, navigiert die junge Seescheide durch den großen Ozean. Sie sucht einen Ort, der ihr besonders gut gefällt. Sobald sie einen Felsen gefunden hat, der ihr sicher erscheint, wohltemperiert ist und sich in nahrhafter Umgebung befindet, wird sie sesshaft. Die Seescheide ist nämlich ein sessiles Tier – sprich: Hat sie sich einmal niedergelassen, bleibt sie an dieser Stelle, egal, was kommt. Das Erste, was die Seescheide in ihrer neuen Heimat tut, ist Folgendes: Sie isst ihr Gehirn auf. Wieso auch nicht? Leben und Seescheide sein kann man auch so.

Daniel Wolpert ist nicht nur ein vielfach ausgezeichneter Ingenieur und Mediziner, sondern auch ein Wissenschaftler, der die Einstellung der Seescheide sehr aussagekräftig findet. Seine These lautet: Der einzige Grund, ein Gehirn zu haben, ist Bewegung. Das klingt im ersten Moment so banal, dass man empört aufschreien möchte. Vielleicht halten wir aber nur die falschen Dinge für banal.

Bewegung ist das Außergewöhnlichste, was wir Lebewesen jemals zustande gebracht haben. Es gibt keinen anderen Grund, Muskeln zu haben, keinen anderen Grund, Nerven an diesen Muskeln zu haben, und vermutlich keinen anderen Grund, ein Gehirn zu haben. Alles, was jemals die Menschheitsgeschichte verändert hat, war nur möglich, weil wir uns bewegen können. Bewegung ist eben nicht nur das Laufen oder das Werfen eines Balles, Bewegung ist auch ein Gesichtsausdruck, das Artikulieren von Wörtern oder das Umsetzen von Plänen. Unser Gehirn koordiniert seine Sinne und kreiert Erfahrung, um Bewegung zu verursachen. Bewegungen des Mundes, der Hände, Bewegung über viele Kilometer hinweg oder Bewegung über wenige Millimeter. Manchmal können wir die Welt auch dadurch

beeinflussen, dass wir Bewegung unterdrücken. Ist man allerdings ein Baum und hat keine Wahl zwischen zwei Optionen, braucht man auch kein Gehirn.

Die gemeine Seescheide braucht kein Gehirn mehr, wenn sie fest an einem Ort etabliert ist. Die Zeit des Bewegens ist dann vorbei, das Gehirn somit nicht mehr nötig. Denken *ohne* Bewegung bringt weniger, als ein Mundloch für Plankton zu besitzen. Letzteres beeinflusst wenigstens in kleinem Maße das Gleichgewicht der Welt ein bisschen.

Wir Menschen sind sehr stolz auf unser besonders komplexes Gehirn. Das Nachdenken über Grundgesetze, Philosophie, Physik oder Religion ist eine Spitzenleistung und kann sehr durchdachte Bewegungen auslösen. Es ist eindrucksvoll, dass unser Gehirn so etwas schafft. Mit der Zeit ist unsere Bewunderung aber ausgeufert. Wir schieben dem Kopf plötzlich unser komplettes Lebenserlebnis zu – Wohlgefühl, Freude oder Zufriedenheit denken wir uns im Gehirn. Bei Unsicherheit, Angst oder Depressionen schämt man sich für einen scheinbar kaputten Lebenscomputer im Oberstübchen. Das Philosophieren oder Forschen über Physik ist und bleibt eine Kopfangelegenheit – aber unser »Ich« ist mehr als das.

Diese Lektion lehrt uns ausgerechnet der Darm. Ein Organ, das für kleine braune Häufchen und Pupstöne in unterschiedlichen Trompetenvariationen bekannt ist. Genau dieses Organ sorgt in der Forschung derzeit für ein Umdenken – man beginnt die absolute Führungsstellung des Gehirns vorsichtig zu hinterfragen. Der Darm hat nicht nur unfassbar viele Nerven, sondern – im Vergleich zum Restkörper – auch unfassbar andersartige Nerven. Er besitzt einen ganzen Fuhrpark an verschiedenen Signalstoffen, Nerven-Isolationsmaterialien und Verschaltungsarten. Es gibt nur ein Organ, das ebenfalls eine so große Vielfalt besitzt – das Gehirn. Das Nerven-Netzwerk des Darms wird deshalb auch Darmhirn genannt, eben weil es so groß ist und chemisch ähnlich komplex. Wäre der Darm nur dafür zuständig, Nahrung zu transportieren und uns von Zeit zu Zeit zum Rülpsen zu bringen, wäre ein so ausgetüfteltes Nervensystem eine seltsame

Energieverschwendung – kein Körper würde solche Neuronennetze für ein simples Pupsrohr bauen. Es muss mehr dahinterstecken.

Wir Menschen wissen eigentlich schon seit Urzeiten, was die Forschung erst langsam entdeckt: Unser Bauchgefühl hat einen großen Anteil daran, wie es uns geht. Wir »haben Schiss« oder »die Hosen voll«, wenn wir ängstlich sind. »Kommen nicht zu Potte«, wenn wir etwas nicht hinkriegen. Wir »schlucken Enttäuschung herunter«, müssen Niederlagen erst einmal »verdauen« und eine gemeine Bemerkung »stößt uns sauer auf«. Sind wir verliebt, haben wir »Schmetterlinge im Bauch«. Unser »Ich« besteht aus Kopf und Bauch – mittlerweile nicht mehr nur auf sprachlicher Ebene, sondern immer öfter auch im Labor.

Wie der Darm das Hirn beeinflusst

Wenn Wissenschaftler Gefühle erforschen, versuchen sie erst einmal irgendetwas zu messen. Sie vergeben Punkte je nach Selbstmordneigung, messen Hormonspiegel, wenn es um Liebe geht, oder testen Tabletten gegen Angst. Das sieht für Außenstehende oft nicht besonders romantisch aus. In Frankfurt gab es sogar eine Studie, bei der die Wissenschaftler aufwendige Hirnscans anfertigten, während eine studentische Hilfskraft den Probanden die Genitalien mit einer Zahnbürste kitzelte. Durch Experimente wie dieses findet man heraus, in welchen Hirnbereichen Signale aus bestimmten Körperregionen ankommen. Das hilft dabei, eine Karte des Gehirns zu erstellen.

So wissen wir mittlerweile, dass Signale der Genitalien oben mittig, knapp unter dem Scheitel ankommen. Angst entsteht im Inneren des Gehirns, sozusagen zwischen den beiden Ohren. Für das Formen von Wörtern ist ein Bereich zuständig, der etwas oberhalb der Schläfe sitzt. Moralische Gedanken entstehen hinter der Stirn und so weiter und so fort. Um die Beziehung zwischen Darm und Hirn besser zu verstehen, muss man ihre Kommunikationswege ablaufen. Wie kommen die Signale vom Bauch zum Kopf, und was können sie dort bewirken.

Signale aus dem Darm können in verschiedene Hirnbereiche gelangen, aber nicht in alle. Niemals kommen sie zum Beispiel in der Sehrinde im Hinterkopf an. Wäre dem so, würden wir Bilder oder Effekte von dem sehen, was im Darm passiert. Wohin sie allerdings kommen können, ist die Insula, das limbische System, der präfrontale Cortex, die Amygdala, der Hippocampus oder auch der anteriore cinguläre Cortex. Neurowissenschaftler werden jetzt verletzt aufschreien, wenn ich die Zuständigkeiten dieser Bereiche grob so zusammenfasse: »Ich«-Gefühl, Gefühlsverarbeitung, Moral, Angstempfinden, Gedächtnis und Motivation. Das bedeutet nicht, dass unser Darm unsere moralischen Gedanken steuert – es räumt ihm aber die Möglichkeit ein, diese zu beeinflussen. Im Labor muss man sich über Versuche Stück für Stück herantasten, um solche Möglichkeiten genauer zu überprüfen.

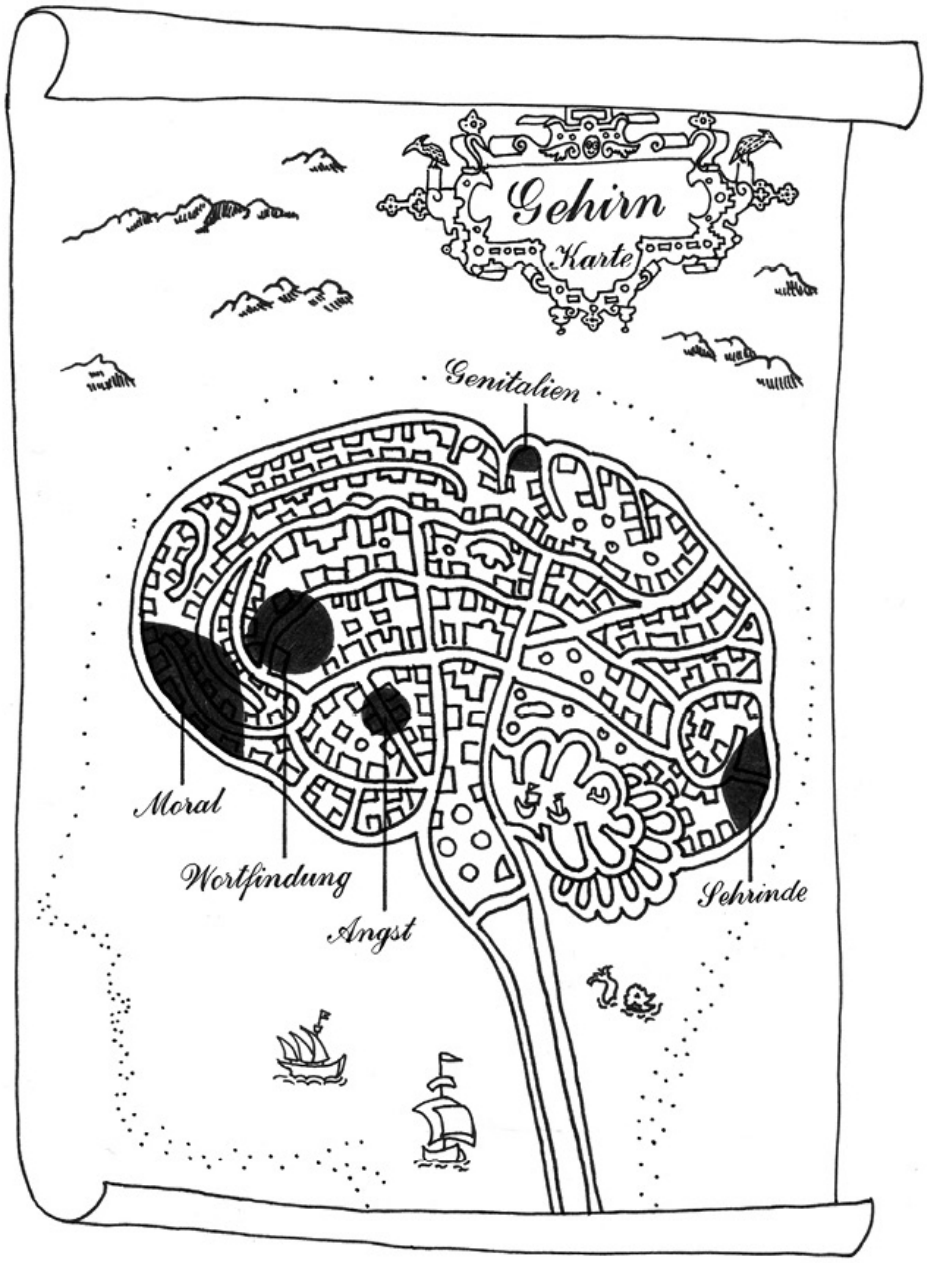


Abb.: Aktivierte Hirnregionen beim Sehen, beim Angsthaben, beim Wörterbilden, beim Moralempfinden und bei stimulierten Genitalien.

Die schwimmende Maus ist eines der aufschlussreichsten Experimente aus der Motivations- und Depressionsforschung. Eine Maus wird in ein kleines Wasserbecken gesetzt. Sie kommt mit den Füßchen nicht auf den Boden, also paddelt sie herum, denn sie will

wieder an Land. Die Frage dabei ist: Wie lange wird die Maus für ihren Wunsch schwimmen? Im Grunde ist das eine Ursituation des Lebens. Wie sehr suchen wir nach etwas, das unserer Meinung nach da sein müsste? Das kann etwas Konkretes wie Boden unter den Füßen sein, ein Schulabschluss oder auch etwas Abstraktes wie Befriedigung und Freude.

Mäuse mit depressiven Eigenschaften schwimmen nicht sehr lange. Sie verharren immer wieder regungslos. In ihren Gehirnen können hemmende Signale scheinbar sehr viel besser durchgestellt werden als motivierende und antreibende Impulse. Außerdem reagieren sie stärker auf Stress. Normalerweise kann man neuartige Antidepressiva an solchen Mäusen untersuchen – schwimmen sie nach der Einnahme länger, ist das ein interessanter Hinweis, dass eine Substanz funktionieren könnte.

Die Forscher aus dem Team des irischen Wissenschaftlers John Cryan gingen noch einen Schritt weiter. Sie fütterten die Hälfte ihrer Mäuse mit einem Bakterium, das dafür bekannt ist, den Darm zu pflegen: *Lactobazillus rhamnosus JB-1*. Dieser Gedanke, das Verhalten der Mäuse über den Bauch zu ändern, war 2011 noch sehr neuartig. Die Mäuse mit dem so aufgepimpten Darm schwammen tatsächlich nicht nur länger und hoffnungsvoller, in ihrem Blut ließen sich auch weniger Stresshormone nachweisen. Außerdem schnitten sie in Gedächtnis- und Lerntests deutlich besser ab als ihre Artgenossen. Durchtrennten die Wissenschaftler aber den sogenannten Nervus Vagus, gab es keinen Unterschied mehr zwischen den Mäusegruppen.

Dieser Nerv ist der wichtigste und schnellste Weg vom Darm zum Hirn. Er läuft durch das Zwerchfell, zwischen Lunge und Herz an der Speiseröhre hoch, durch den Hals bis in das Hirn. In einem Versuch an Menschen konnte man feststellen, dass sich die Probanden wahlweise wohl fühlten oder Angst bekamen, wenn der Nerv mit bestimmten Frequenzen stimuliert wurde. Seit 2010 ist in Europa sogar eine Therapie bei Depressionen zugelassen, die darauf beruht, den *Vagus*-Nerv so zu reizen, dass es den Patienten dadurch bessergeht. Der Nerv funktioniert also ein bisschen wie

eine Telefonleitung zur Kopfzentrale, über die ein Außendienstmitarbeiter seine Eindrücke mitteilt.

Das Gehirn braucht diese Informationen, um sich ein Bild davon machen zu können, wie es im Körper so zugeht. Denn es ist so isoliert und geschützt wie sonst kein anderes Organ. Es sitzt in einem knöchernen Schädel, ist umhüllt von einer dicken Gehirnhaut und filtert jeden Tropfen Blut noch einmal durch, bevor er die Hirnbereiche durchströmen darf. Der Darm dagegen befindet sich mitten im Getümmel. Er kennt alle Moleküle aus unserem letzten Essen, fängt herumschwirrende Hormone neugierig im Blut ab, fragt die Immunzellen nach ihrem Tag oder lauscht andächtig dem Surren der Darmbakterien. Er kann dem Gehirn Dinge über uns erzählen, von denen es sonst niemals eine Ahnung hätte.

All diese Informationen sammelt der Darm nicht nur mit Hilfe eines beachtlichen Nervensystems, sondern auch auf einer riesigen Fläche. Das macht ihn zum größten sensorischen Organ des Körpers. Augen, Ohren, Nase oder Haut sind nichts dagegen. Ihre Informationen gelangen ins Bewusstsein und werden dazu benutzt, um auf die Umwelt reagieren zu können. Sie sind damit so etwas wie Einparkhilfen, wenn es um unser Leben geht. Der Darm dagegen ist eine riesige Matrix – er empfindet unser Innenleben und arbeitet im Unterbewusstsein.

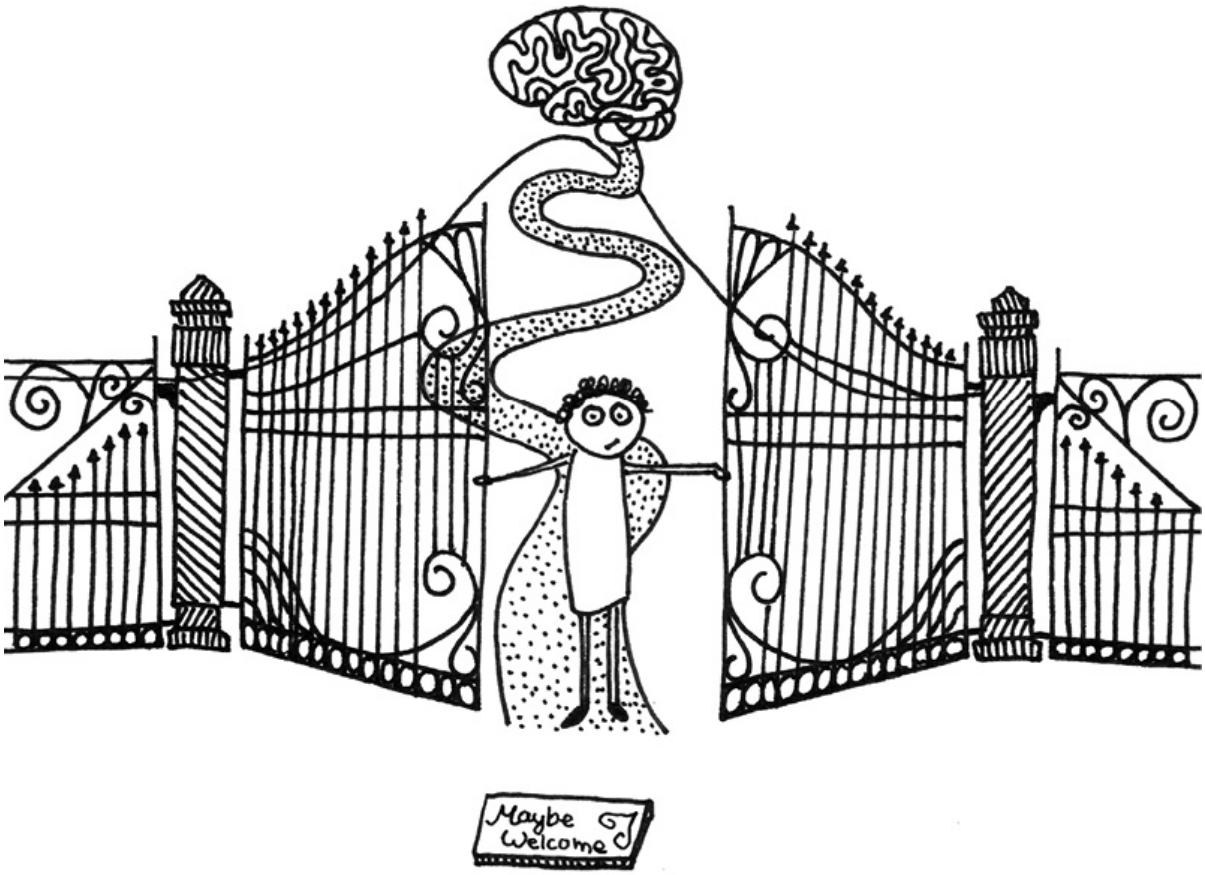
Darm und Hirn arbeiten schon sehr früh zusammen. Die beiden entwerfen einen großen Teil unserer ersten Gefühlswelt als Säuglinge. Wir lieben wohlige Sattheit, verzweifeln über Hunger und quälen uns quengelnd mit Blähungen herum. Vertraute Personen füttern, wickeln und machen Bäuerchen mit uns. Als Babys besteht unser »Ich« stark fühlbar aus Darm und Hirn. Wenn wir älter werden, erfahren wir die Welt immer mehr mit allen Sinnen. Wir weinen dann nicht mehr lauthals, wenn im Restaurant das Essen schlecht ist. Die Verbindung von Darm zu Hirn ist allerdings nicht plötzlich weg, sondern nur deutlich verfeinert. Ein Darm, der sich nicht gut fühlt, könnte uns jetzt subtiler aufs Gemüt drücken, und ein gesunder, wohlernährter Darm unsere Stimmung diskreter verbessern.

Die erste Studie über die Auswirkung von Darmpflege auf gesunde menschliche Hirne wurde 2013 veröffentlicht – zwei Jahre nach der Mäusestudie. Die Versuchsleiter waren davon ausgegangen, dass bei Menschen kein sichtbarer Effekt auftreten würde. Ihre Ergebnisse überraschten nicht nur sie selbst, sondern auch die restliche Forscherwelt. Nach der vierwöchigen Einnahme von einem Mix aus bestimmten Bakterien waren einige Hirnareale deutlich verändert, darunter vor allem Bereiche für Gefühls- und Schmerzverarbeitung.

Von gereizten Därmen, Stress und Depressionen

Nicht jede unzerkaute Erbse darf im Gehirn mitmischen. Der gesunde Darm leitet kleine unwichtige Verdauungssignale nicht über den *Vagus* zum Gehirn weiter, sondern verarbeitet sie mit seinem eigenen Hirn – dafür hat er ja eins. Wenn ihm allerdings etwas wichtig vorkommt, kann er es für nötig halten, das Gehirn miteinzubeziehen.

Das Gehirn stellt auch nicht gleich jede Information zum Bewusstsein durch. Wenn der *Vagus*-Nerv Informationen zu den extrem wichtigen Orten im Kopf bringen will, muss er sozusagen am Türsteher des Gehirns vorbei. Das ist der Thalamus. Melden die Augen ihm zum zwanzigsten Mal, dass im Wohnzimmer immer noch dieselben Gardinen hängen, weist der Thalamus diese Information ab – sie ist für das Bewusstsein nicht wirklich wichtig. Die Meldung über *neue* Vorhänge würde beispielsweise wieder durchgelassen. Nicht bei jedem Thalamus, aber bei den meisten.



Eine unzerkaute Erbse schafft es nicht über die Schwelle von Darm und Hirn. Bei anderen Reizen sieht das wieder anders aus. So gelangen Meldungen aus dem Bauch bis in den Kopf und können dort zum Beispiel das »Brechzentrum« über einen merkwürdig hohen Alkoholgehalt informieren, dem »Schmerzzentrum« von starken Blähungen berichten oder das Auftauchen von unguten Krankheitserregern dem Sachbearbeiter »Unwohlsein« melden. Diese Reize kommen durch, weil die darmeigene Schwelle und der hirneigene Türsteher sie wichtig finden. Das gilt nicht nur für unangenehme Informationen. Manche Signale können uns auch am Weihnachtsabend satt und zufrieden auf der Couch einschlafen lassen. Bei einigen können wir ganz bewusst sagen, dass sie vom Bauch kommen; andere werden in unbewussteren Hirnbereichen verarbeitet und können daher nicht so zugeordnet werden.

Bei Menschen mit einem gereizten Darm kann die Verbindung vom Darm zum Hirn sehr belastend sein. Das sieht man auch auf Hirnscans. In einem Experiment wurde Probanden ein kleiner Ballon innerhalb des Darms aufgeblasen, während gleichzeitig Bilder der Hirnaktivität erstellt wurden. Bei beschwerdefreien Testpersonen bekam man ein normales Hirnbild ohne auffallende Gefühlskomponenten. Bei den Reizdarm-Patienten dagegen löste das Ausdehnen des Ballons eine deutliche Aktivität in einem emotionalen Hirnbereich aus, in dem sonst unangenehme Gefühle verarbeitet werden. Der gleiche Reiz konnte bei diesen Probanden also beide Schwellen überwinden. Die Patienten fühlten sich schlecht, obwohl sie gar nichts Schlimmes getan hatten.

Beim Reizdarm-Syndrom spürt man häufig ein unangenehmes Drücken oder Gluckern im Bauch und tendiert zu Durchfall oder Verstopfungen. Betroffene leiden überdurchschnittlich häufig auch unter Angstzuständen oder Depressionen. Experimente wie die der Ballon-Studie zeigen, dass Unwohlsein und schlechte Gefühle über die Darm-Hirn-Achse entstehen könnten – wenn die Schwelle des Darms abgesenkt ist oder das Hirn die Information unbedingt haben will.

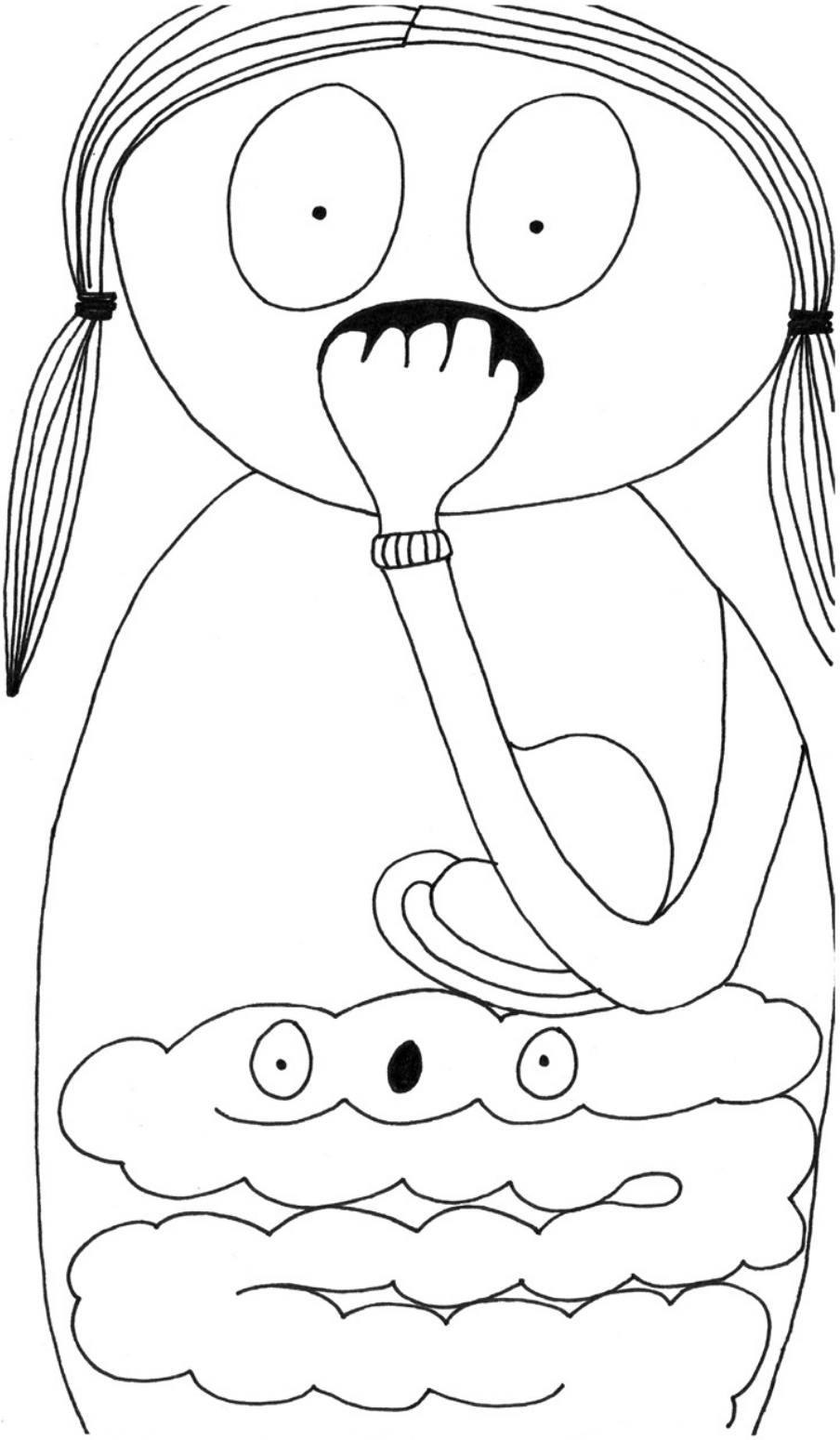
Mögliche Ursachen für einen solchen Zustand können über einen längeren Zeitraum andauernde winzige (sogenannte Mikro-)Entzündungen, eine ungute Darmflora oder unentdeckte Nahrungsmittel-Unverträglichkeiten sein. Einige Ärzte betrachten Reizdarm-Patienten trotz aktueller Forschungsergebnisse allerdings immer noch als »Hypochonder« oder Simulanten – weil sich bei Untersuchungen keine sichtbaren Schäden im Darm finden lassen.

Das ist bei anderen Darmerkrankungen anders. Während akuter Phasen sind bei Menschen mit einer chronischen Entzündung im Bauch wie *Morbus Crohn* oder *Colitis ulcerosa* im Darm tatsächlich echte Wunden festzustellen. Bei diesen Patienten liegt das Problem nicht darin, dass schon kleine Reize aus dem Darm in das Gehirn gelangen. Bei ihnen halten die Schwellen so etwas noch auf. Es ist die erkrankte Darmschleimhaut, die für die Beschwerden sorgt. Ähnlich wie die Reizdarmpatienten sind aber auch unter

diesen Betroffenen höhere Raten an Depressionen und Angstzuständen zu verzeichnen.

Momentan gibt es nur wenige, aber dafür sehr gute Forscherteams, die an der Stärkung von Darm- und Hirnschwelle forschen. Das ist nicht nur für Patienten mit Darmproblemen von Bedeutung, sondern für alle Menschen. Stress ist vermutlich einer der wichtigsten Reize, die Hirn und Darm miteinander besprechen. Wenn unser Gehirn ein großes Problem (wie Zeitdruck oder Ärger) fühlt, dann will es dieses Problem lösen. Dafür braucht es Energie. Die leiht es sich vor allem vom Darm. Der Darm bekommt über sogenannte sympathische Nervenfasern mitgeteilt, dass hier gerade eine Notsituation herrscht und er ausnahmsweise gehorchen muss. Er spart kollegialerweise Energie beim Verdauen ein, produziert weniger Schleimstoffe und fährt seine eigene Durchblutung herunter.

Dieses System ist allerdings nicht für die Daueranwendung gebaut. Wenn das Gehirn permanent Ausnahmesituationen meldet, nutzt es die Gutmütigkeit des Darms aus. In so einem Moment muss der Darm auch mal unschöne Signale zum Gehirn schicken – sonst ginge es ja immer so weiter. Wir können uns dann abgeschlagener fühlen oder unter Appetitlosigkeit, Unwohlsein oder Durchfall leiden. Wie beim emotionalen Erbrechen in einer aufregenden Situation wird der Darm auch hier Nahrung los, um mit dem Energieentzug durch das Gehirn fertig zu werden. Mit dem Unterschied, dass echte Stressphasen sehr viel länger andauern können. Wenn der Darm zu lange herhalten muss, ist das für ihn ungesund. Fehlende Durchblutung und ein dünnerer Schleimschutzmantel schwächen die Darmwände. Die darin hausenden Immunzellen schütten dann besonders viele Signalstoffe aus, die das Darmhirn immer stärker sensibilisieren und so die erste Schwelle herabsetzen. Stressphasen bedeuten geliehene Energie – man sollte nie zu viele Schulden machen, sondern versuchen, möglichst gut zu haushalten.



Eine Theorie von Bakterienforschern ist außerdem: Stress ist unhygienisch. Unter den veränderten Lebensbedingungen im Darm überleben nämlich andere Bakterien als zu entspannten Zeiten. Stress verändert sozusagen das Wetter im Bauch. Herbe Gesellen, die mit den Turbulenzen wunderbar klarkommen, vermehren sich dann besonders erfolgreich – sie verbreiten nach Feierabend aber nicht unbedingt die beste Stimmung. Damit wären wir nicht einfach nur Opfer unserer Darmbakterien und ihrer Wirkung auf unser Gemüt, sondern praktisch eigene Gärtner der Welt im Bauch. Das hieße außerdem, dass unser Darm imstande ist, uns auch über die akute Stressphase hinaus die ungute Stimmung spüren zu lassen.

Die Gefühle von unten, und besonders solche mit üblem Nachgeschmack, bringen das Hirn dazu, das nächste Mal sehr genau zu überlegen, ob es einen Vortrag vor dem Büro halten will, das viel zu scharfe Chili trotzdem isst oder vielleicht lieber nicht. So könnte auch die Rolle des Darms bei »Bauchentscheidungen« sein: Seine Gefühle in einer ähnlichen Situation werden gespeichert und notfalls zu Rate gezogen. Wenn auch gute Lektionen so verstärkt werden könnten, dann ginge Liebe tatsächlich durch den Magen – und zwar schnurstracks zum Darm.

Dass unser Bauch nicht nur bei Gefühlen oder bei gewissen (Bauch-)Entscheidungen mitmischen könnte, sondern eventuell auch unser Verhalten beeinflusst, ist eine interessante Hypothese, an deren Untermauerung verschiedene Wissenschaftler arbeiten. Das Team um Stephen Collins ging mit einem Experiment sehr weit. Probanden waren Mäuse aus zwei verschiedenen Stämmen, deren Verhalten genau untersucht ist. Tiere aus dem BALB/c-Stamm sind ängstlicher und handeln schüchterner als Artgenossen aus dem NIH-SWISS-Stamm, die erkundungsfreudiger und mutiger sind. Die Wissenschaftler gaben den Tieren einen Mix aus drei verschiedenen Antibiotika, die nur im Darm wirken, und löschten dort jegliche Bakterienlandschaft aus. Im Anschluss flößten sie den Tieren typische Darmbakterien des jeweils anderen Stammes ein. In Verhaltenstests waren die Rollen auf einmal vertauscht – die BALB/c-Mäuse wurden mutiger, die NIH-SWISS-Mäuse ängstlicher. Ein Beleg dafür, dass der Darm zumindest das Verhalten von

Mäusen beeinflussen kann. Auf den Menschen übertragen lässt sich das noch nicht. Hierzu fehlt uns noch sehr viel Wissen über die verschiedenen Bakterien, das Darmhirn und die Darm-Hirn-Achse.

Bis dahin können wir die Kenntnisse nutzen, die wir bereits gesammelt haben. Das fängt bei kleinen Dingen an, wie unseren täglichen Mahlzeiten, und heißt zum Beispiel auch: keine Belastung, keine Hektik beim Essen. Mahlzeiten sollten stressfreie Zonen sein ohne Schimpfen, ohne Sätze wie »Du bleibst so lange am Tisch sitzen, bis du aufgegessen hast«, ohne Hin- und Hergezappe am Fernseher. Das gilt vor allem für kleine Kinder, bei denen sich das Darmhirn parallel mit dem Kopfhirn entwickelt, aber eben auch noch für Erwachsene – je früher man damit anfängt, desto besser. Jeglicher Stress aktiviert Nerven, die unsere Verdauung hemmen – dadurch holen wir nicht nur weniger Energie aus dem Essen, sondern brauchen dafür auch länger und belasten unseren Darm.

Wir können mit diesem Wissen spielen und herumexperimentieren. Es gibt Reisekaugummis und Mittel gegen Übelkeit, die Nerven im Darm betäuben. Ängstliche Gefühle verschwinden dann oft gleichzeitig mit der Übelkeit. Wenn unerklärliche Grummellaunen oder Angst aber tatsächlich auch sonst (ohne Übelkeit) aus dem Darm kommen können, könnte man diese dann etwa auch mit solchen Mitteln loswerden? Sozusagen, indem man einen besorgten Darm für kurze Zeit betäubt? Alkohol erreicht nicht zuerst die Nerven im Kopf, sondern die im Darm – wie viel von der Entspannung durch das »eine Glas Wein« am Abend kommt von einem ruhiggestellten Hirn im Bauch? Welche Bakterien sind in den verschiedenen Joghurtsorten im Supermarkt? Tut mir ein *Lactobacillus reuteri* besser als ein *Bifidobacterium animalis*? Ein Forscherteam aus China konnte mittlerweile sogar im Labor zeigen, dass *Lactobacillus reuteri* imstande ist, Schmerzsensoren im Darm zu hemmen.

Lactobacillus plantarum und *Bifidobacterium infantis* können mittlerweile schon zur Schmerzbehandlung beim Reizdarm-Syndrom empfohlen werden. Wer heute unter einer niedrigen Schmerzschwelle des Darms leidet, nimmt oft einfach Mittelchen

gegen Durchfall oder gegen Verstopfungen oder krampflösende Substanzen. Damit werden Auslöser gemildert, das eigentliche Problem wird aber nicht beseitigt. Wer auch durch das Weglassen eventuell unverträglicher Lebensmittel oder durch den Wiederaufbau der Darmflora keine Besserung erfährt, muss das Übel am Schopf packen: an den Nervenschwellen. Es gibt bislang wenige Maßnahmen, die sich hierbei in Studien als hilfreich erwiesen haben – die Hypnotherapie ist eine solche.

Wirklich gute Psychotherapien funktionieren wie Krankengymnastik für unsere Nerven. Sie lockern Verspannungen und bringen uns gesunde Bewegungsalternativen bei – auf neuronaler Ebene. Weil Hirnnerven kompliziertere Gesellen sind als Muskeln, muss man als Trainer auch abgefahrene Übungen draufhaben. Hypnotherapeuten arbeiten oft mit Gedankenreisen oder Vorstellungskraft. Damit sollen Schmerzsignale abgemildert und die Wahrnehmung bestimmter Reize umgearbeitet werden. Wie beim Training von Muskeln können auch bestimmte Nerven stärker werden, wenn man sie öfter benutzt. Man wird dabei nicht hypnotisiert wie im Fernsehen. Das würde sogar gegen die Regeln verstoßen, denn bei dieser Therapieform soll der Patient selbst die Kontrolle behalten. Bei der Suche nach einem Therapeuten sollte man allerdings darauf achten, einen seriösen Anbieter zu finden. Eine gute Anlaufstelle ist hier die Milton-Erickson-Gesellschaft (MEG), die ausgebildete Therapeuten vermittelt (siehe: www.meg-hypnose.de).

Bei Reizdarm-Patienten hat die Hypnotherapie gute Erfolge gebracht. Viele benötigen deutlich weniger Medikamente, einige sogar gar keine mehr. Vor allem bei betroffenen Kindern ist diese Therapieform mit einer Reduktion der Schmerzen um etwa 90 Prozent weitaus erfolgreicher als Medikamente, die es im Durchschnitt nur auf 40 Prozent schaffen. Es gibt sogar Krankenhäuser, in denen spezifische, bauchbezogene Konzepte angeboten werden, wie im Klinikum Saarbrücken.

Wer neben einer Darmkrankheit auch sehr stark unter Angstzuständen und Depressionen leidet, bekommt vom Arzt oft die Empfehlung, Antidepressiva zu nehmen. Selten wird aber

erklärt, warum. Das hat einen einfachen Grund: Kein Arzt oder Wissenschaftler weiß das. Erst als man in Studien feststellte, dass diese Medikamente stimmungsaufhellende Wirkung haben, fing man an, die Mechanismen dahinter zu suchen. Eine klare Antwort haben wir bis heute nicht. Über Jahrzehnte wurde vermutet, dass der Effekt durch die Verstärkung des »Glückshormons« Serotonin zustande kommt. Die neuere Depressionsforschung nimmt auch andere Beobachtungen unter die Lupe: Unsere Nerven könnten durch die Einnahme wieder plastisch werden.

Plastizität beschreibt bei Nerven die Fähigkeit, sich zu ändern. Pubertät ist für ein heranwachsendes Gehirn deshalb so verwirrend, weil die Nerven unglaublich plastisch sind – vieles ist nicht festgelegt, alles kann, nichts muss, es gibt eine Menge Umhergefunke. Bis etwa zum 25. Lebensjahr schließt man diesen Prozess ab. Jetzt reagieren bestimmte Nerven nach eingeübten Mustern. Was sich bewährt hat, behält man bei, was nicht so toll war, eher nicht. So verschwinden nicht nur unerklärliche Wut- und Lachanfälle, sondern auch die Poster an der Zimmerwand. Es ist dann schwieriger, sich ruckartig zu verändern, man ist aber eben auch auf angenehmere Weise stabil. Allerdings können sich auch unangenehme Denkmuster festsetzen wie »Ich bin nichts wert« oder »Alles, was ich tue, scheitert«, auch das nervöse Hochgefunke eines besorgten Darms könnte sich so stabil im Kopf verankern. Wenn Antidepressiva die Plastizität erhöhen, könnten solche Muster wieder aufgelockert werden. Das ergibt dann am meisten Sinn, wenn eine gute Psychotherapie begleitend stattfindet. Sie kann die Gefahr verringern, wieder in den alten Trott zu verfallen.

Die Nebenwirkungen marktüblicher Antidepressiva wie beispielsweise Prozac erzählen uns außerdem etwas Wichtiges über das »Glückshormon« Serotonin. Jeder Vierte erlebt typische Effekte wie Übelkeit, eine Phase mit Durchfall und nach längerer Einnahme Verstopfungen. Das liegt daran, dass unser Darmhirn genau die gleichen Nervenrezeptoren besitzt wie das Kopfhirn. Antidepressiva behandeln also immer automatisch beide. Der amerikanische Forscher Dr. Michael Gershon geht noch einen

Gedankenschritt weiter. Er fragt sich, ob bei manchen Menschen auch solche Antidepressiva anschlagen könnten, die nur am Darm wirken und gar nicht mehr in das Gehirn gelangen?

Eine völlig abwegige Idee ist das nicht – 95 Prozent unseres körpereigenen Serotonins wird schließlich in Darmzellen produziert. Dort erleichtert es den Nerven die Muskelbewegungen enorm und dient als wichtiges Signalmolekül. Verändert man die Wirkungen hier, könnten also auch ganz andere Meldungen an das Gehirn abgeschickt werden. Das wäre vor allem dann interessant, wenn Menschen auf einmal von starken Depressionen heimgesucht werden, obwohl ihr Leben an sich ganz in Ordnung ist. Vielleicht muss nur ihr Bauch auf die Couch – und der Kopf ist gar nicht schuld daran?

Jeder, der unter ängstlichen oder depressiven Stimmungen leidet, sollte sich daran erinnern, dass auch ein gebeutelter Bauch ungute Gefühle auslösen kann. Manchmal völlig zu Recht – sei es nach zu viel Stress oder wegen einer unentdeckten Nahrungsmittelunverträglichkeit. Wir sollten die Schuld nicht nur in unserem Gehirn oder bei Ereignissen in unserem Leben suchen, denn … wir sind mehr als das.

Wo das Ich entsteht

Grummelige Stimmungen, Freude, Unsicherheit, Wohlbefinden oder Sorgen kommen nicht nur isoliert aus dem Schädel. Wir sind Menschen mit Armen und Beinen, Geschlechtsorganen, Herz, Lungen und Darm. Die Verkopfung unserer Wissenschaft hat uns lange blind dafür gemacht, dass auch unser Ich mehr als das Gehirn ist. Die Forschung am Darm hat in letzter Zeit einiges dazu beigetragen, den Spruch »Ich denke, also bin ich« vorsichtig zu hinterfragen.

Einer der interessantesten Hirnbereiche, zu denen Informationen aus dem Darm gelangen können, ist die Insula. Die Insula ist das Forschungsgebiet eines der genialsten Köpfe unserer Zeit: Bud Craig. Er hat über zwanzig Jahre mit einer schier unmenschlichen

Geduld Nerven eingefärbt und ihre Verläufe ins Hirn verfolgt. Irgendwann kam er aus seinem Labor und hielt einen einstündigen Vortrag über folgende Hypothese: Die Insula ist der Ort, an dem unser Ich entsteht.

Hier der erste Teil: Die Insula bekommt Gefühlsinformationen aus dem gesamten Körper. Jede Information ist wie ein Pixel – die Insula setzt aus vielen Pixeln ein Bild zusammen. Dieses Bild ist wichtig, denn es ergibt eine Landkarte der Gefühle. Wenn wir also gerade auf einem Stuhl sitzen, merken wir die plattgedrückte Popohaut, stellen vielleicht fest, dass uns kalt ist oder wir Hunger haben. All das zusammen ergibt einen hungrigen, frierenden Menschen, der auf einem harten Stuhl sitzt. Das Gesamtbild dieser Gefühle finden wir vielleicht nicht fabelhaft, aber auch nicht furchtbar, eher so lala.

Teil zwei: Die Aufgabe unseres Gehirns ist laut Daniel Wolpert Bewegung – egal, ob man als Seescheide einen schönen Unterwasserfelsen sucht oder als Mensch ein möglichst gutes Leben. Bewegungen haben die Absicht, etwas zu bewirken. Mit der Karte der Insula kann das Gehirn sinnvolle Bewegungen planen. Wenn das Ich fröstelnd und hungrig herumsitzt, ist das eine gute Motivation für andere Hirnbereiche, etwas daran zu ändern. Man kann anfangen zu zittern oder aufstehen und zum Kühlschrank gehen. Eines der höchsten Ziele unserer Bewegungen ist es, uns immer wieder zu einem gesunden Gleichgewicht zu bewegen – sei es von kalt zu warm, von unglücklich zu glücklich oder von müde zu wach.

Dritter Teil: Auch das Gehirn ist nur ein Organ. Wenn die Insula also ein Bild vom Körper erstellt, schließt das unser Oberstübchen mit ein. Hier gibt es ein paar beachtenswerte Einrichtungen wie Bereiche für soziales Mitgefühl, Moral und Logik. Soziale Hirnbereiche mögen es vielleicht nicht, wenn man Streit mit dem Partner hat, logische Bereiche verzweifeln an einem schweren Rätsel. Um das »Ich«-Bild der Insula sinnvoll zu erstellen, fließen vermutlich auch Wahrnehmungen der Umwelt oder Erfahrungen aus der Vergangenheit mit ein. Wir merken dann nicht nur Kälte, sondern können gleich in einem Kontext fühlen: »Komisch, dieses

Kältegefühl. Ich bin doch in einem voll beheizten Raum. Hm. Vielleicht werde ich krank?« Oder auch: »Okay, vielleicht sollte ich bei diesen Temperaturen nicht mehr nackt im Wintergarten herumspringen.« Wir können auf diese Art sehr viel komplexer auf das Erstgefühl »Kälte« reagieren als andere Tiere.

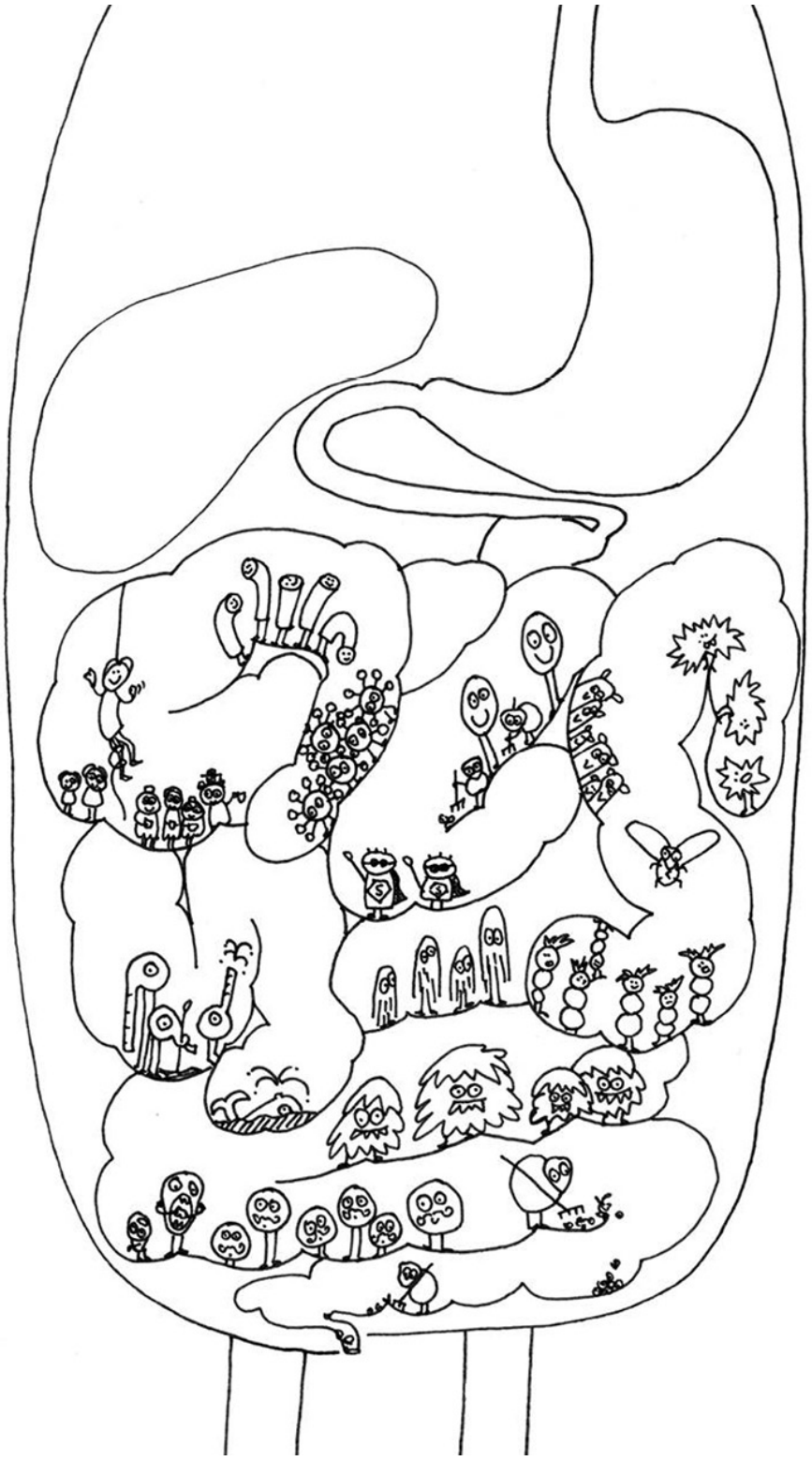
Je mehr Informationen wir verbinden, desto klügere Bewegungen können wir machen. Vermutlich gibt es hier sogar eine Hierarchie der Organe. Was besonders wichtig für unser gesundes Gleichgewicht ist, bekommt dann ein größeres Mitspracherecht in der Insula. Gehirn und Darm hätten hier durch ihre vielseitigen Qualifikationen schon mal gute Plätze sicher – wenn nicht sogar die besten.

Die Insula kreiert also ein kleines Bild von unserem gesamten fühlenden Körper. Dieses Bild können wir dann mit unserem komplexen Hirn bereichern. Nach Bud Craig wird etwa alle vierzig Sekunden ein so aufwendiges Bild erstellt. Hintereinander ergeben diese Bilder eine Art Film. Der Film unseres Ichs, unser Leben.

Das Gehirn steuert sicher einen großen Teil dazu bei, aber nicht alles. Es ist keine üble Idee, René Descartes ein wenig zu ergänzen: »Ich fühle, daraufhin denke ich, also bin ich.«

3

DIE WELT DER MIKROBEN



Wenn man aus dem Weltall auf die Erde schaut, sieht man uns Menschen nicht. Die Erde erkennt man – sie ist ein runder leuchtender Punkt neben anderen leuchtenden Punkten auf dunklem Hintergrund. Geht man näher heran, sieht man, dass wir Menschen an ganz unterschiedlichen Orten auf der Erde leben. Nachts leuchten unsere Städte als kleine helle Punkte. Manche Völker leben in Gebieten mit großen Städten, andere überall verteilt auf dem Land. Wir leben in kühlen nordischen Gefilden, aber auch im Regenwald oder an den Rändern von Wüsten. Wir sind überall, auch wenn man uns aus dem Weltall nicht sehen kann.

Schaut man sich uns Menschen näher an, stellt man fest, dass jeder von uns wie eine eigene Welt ist. Die Stirn ist eine luftige kleine Wiese, der Ellbogen ein trockenes Ödland, die Augen sind salzige Seen, und der Darm ist der abgefahrenste, riesigste Wald mit den unfassbarsten Kreaturen. So wie wir Menschen den Planeten bewohnen, werden auch wir besiedelt. Unter dem Mikroskop kann man unsere Bewohner – die Bakterien – gut erkennen. Sie sehen dann aus wie kleine leuchtende Punkte vor dunklem Hintergrund.

Jahrhundertelang haben wir uns mit der großen Welt beschäftigt. Wir haben sie vermessen, Pflanzen und Tiere erforscht und über das Leben philosophiert. Wir haben riesige Maschinen gebaut und sind zum Mond geflogen. Wer heute neue Kontinente und Völker entdecken will, muss die kleine Welt erkunden, die sich in uns selbst befindet. Unser Darm ist dabei der faszinierendste Kontinent. Nirgendwo leben so viele Spezies und Familien wie hier. Die Forschung fängt gerade erst an, wirklich loszulegen. Es entsteht eine Art neue *»Bubble«* – vergleichbar mit der Entschlüsselung unseres Genoms – mit vielen Hoffnungen und neuen Erkenntnissen. Diese Bubble könnte platzen oder Vorbote zu mehr sein.

Erst seit 2007 arbeitet man an einer Bakterienkarte. Dafür werden viele, viele Menschen an allen möglichen Stellen mit Wattestäbchen abgetupft. An drei Stellen im Mund, unter den Achseln, auf der Stirn … Es werden Stuhlproben analysiert und Genitalabstriche ausgewertet. Orte, die bislang als keimfrei galten,

stellen sich plötzlich als besiedelt heraus – zum Beispiel die Lunge. Der Darm ist in Sachen Bakterienatlas die absolute Königsdisziplin. Von den Mikrobiota – also der Gesamtheit aller Mikroorganismen, die auf uns herumwuseln – befinden sich 99 Prozent im Darm. Nicht etwa, weil es sonst kaum welche an anderen Stellen gibt, sondern weil es im Darm einfach so unfassbar viele sind.

Der Mensch als Ökosystem

Wir kennen Bakterien als kleine Lebewesen, die aus nur einer Zelle bestehen. Manche leben in kochenden Wasserquellen in Island, andere auf einer kalten Hundeschnauze. Einige brauchen Sauerstoff, um Energie herzustellen, und »atmen« ähnlich wie Menschen. Wieder andere sterben an der frischen Luft; sie beziehen ihre Energie nicht aus Sauerstoff, sondern aus Metallatomen oder Säuren – das kann ziemlich interessant riechen. Fast alles, was an einem Menschen riechbar ist, sind Bakterien. Vom wohligen Hautgeruch einer Person, die man liebt, bis zum Mundgeruch des frivolen Nachbarshunds – all das entsteht durch die emsige Mikrobenwelt auf uns.

Wir schauen sportlichen Athleten gerne beim Surfen zu, denken beim Niesen aber keine Sekunde daran, was für ein unglaubliches Action-Surf-Szenario gerade in unserer Nasenflora abgeht. Wir schwitzen hart beim Sport – aber niemand bemerkt die Freude der Bakterien über den sommerlichen Klimawandel in unseren Turnschuhen. Wir essen klammheimlich ein winziges Stück Torte, denken, keiner hat’s gesehen, und in unserem Bauch brüllt es laut: »TOOOORTEEEE«. Um all die Neuigkeiten aus dem Mikrobenreich eines einzelnen Menschen sachgerecht wiederzugeben, bräuchte es einen großen internationalen Nachrichtendienst. Wenn wir uns also tagsüber langweilen, tun wir das, während auf uns und in uns die spannendsten Dinge passieren.

Langsam wächst das Bewusstsein, dass die allermeisten Bakterien harmlos und sogar hilfreich sind. Ein paar Fakten sind wissenschaftlich schon bekannt. Unsere Darmmikrobiota wiegt bis zu 2 Kilo und beherbergt rund 100 Billionen Bakterien. In einem Gramm Kot sind mehr Bakterien als Menschen auf der Erde. Bekannt ist außerdem, dass die Mikrobengemeinschaft unverdauliches Essen für uns aufknackt, unseren Darm mit Energie versorgt, Vitamine herstellt, Gifte oder Medikamente abbaut und unser Immunsystem trainiert. Verschiedene Bakterien stellen

unterschiedliche Stoffe her: Säure, Gase, Fette – Bakterien sind kleine Produzenten. Wir wissen, dass unsere Blutgruppen durch Darmbakterien zustande kommen oder dass man von üblen Gesellen Durchfall bekommt.

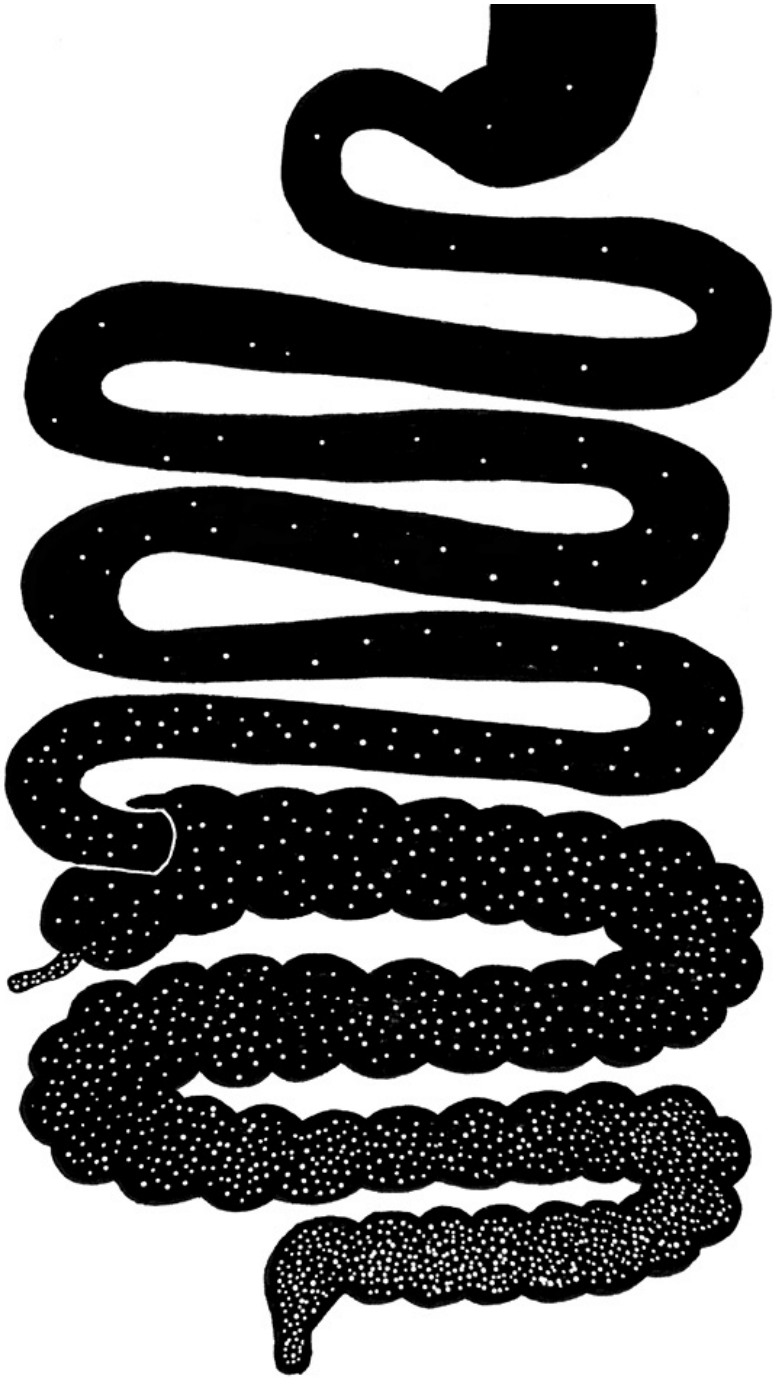


Abb.: Die Bakteriendichte in verschiedenen Darmabschnitten.

Nicht bekannt ist, was das alles für den Einzelnen bedeutet! Wir merken ziemlich schnell, ob wir uns Durchfallbakterien eingefangen haben. Aber merken wir auch etwas von der täglichen Arbeit der vielen Millionen, Milliarden, Billionen anderen Winzigwesen in unserem Körper? Spielt es vielleicht auch eine Rolle, wer genau uns da besiedelt? Bei Übergewicht, Mangelernährung, Nervenkrankheiten, Depressionen oder chronischen Darmproblemen stößt man auf veränderte Bakterienverhältnisse im Darm. Mit anderen Worten: Wenn etwas schiefläuft bei unseren Mikroben, laufen wir vielleicht auch schiefer.

Vielleicht hat jemand bessere Nerven, weil er einen beachtlichen Bestand an Vitamin-B-produzierenden Bakterien besitzt. Ein anderer kann aus Versehen angeknabbertes Schimmelbrot besser wegstecken oder wird viel schneller dick durch etwas übermütig zufütternde Moppelbakterien. Die Forschung fängt an, den Menschen als Ökosystem zu begreifen. Noch geht die Mikrobiotaforschung zur Grundschule und hat eine Zahnlücke.

Als man Bakterien noch nicht gut kannte, zählte man sie zu den Pflanzen – daher der Begriff »Darmflora«. Eigentlich ist der Begriff »Flora« also nicht ganz korrekt, aber er ist schön anschaulich. Ähnlich wie Pflanzen haben Bakterien unterschiedliche Eigenschaften, wenn es um ihren Wohnort, ihre Nahrung oder den Grad ihrer Giftigkeit geht. Wissenschaftlich korrekt sagt man Mikrobiota (= kleine Leben) oder auch Mikrobiom zu unserer Mikrobensammlung und ihren Genen.

Generell kann man sagen, dass in den oberen Abschnitten des Verdauungsschlauchs weniger und in den unteren Abschnitten wie Dickdarm und Rektum sehr, sehr viele Bakterien sitzen. Manche bevorzugen den Dünndarm, andere leben ausschließlich im Dickdarm. Es gibt große Fans des Blinddarms, brave Schleimhauthocker und etwas frechere Kollegen, die sich ganz nah an unsere Darmzellen setzen.

Es ist nicht immer leicht, die Darmmikroben im Einzelnen kennenzulernen. Sie lassen sich nicht so einfach aus ihrer Welt mitnehmen. Setzt man sie im Labor auf Nährböden, um sie zu beobachten, machen sie einfach nicht mit. Hautkeime würden

munter das Laborfutter essen und zu kleinen Bakterienbergen heranwachsen – bei Darmkeimen läuft das nicht. Über die Hälfte der Bakterien aus unserem Verdauungsschlauch sind einfach zu sehr an uns gewöhnt, als dass sie außerhalb überleben könnten. Unser Darm ist ihre Welt. Dort sind sie geschützt vor Sauerstoff, sie mögen feuchte Wärme und schätzen das vorgekostete Essen.

Vor zehn Jahren hätten viele Wissenschaftler vermutlich noch behauptet, dass es einen festen Bestand an Darmbakterien gibt, der bei allen Menschen ungefähr gleich ist. Wenn sie Kot auf einen Nährboden ausstrichen, fanden sie beispielsweise immer E.coli-Bakterien. So einfach war das. Heute können wir mit Geräten ein Gramm Kot molekular abtasten. Dadurch findet man genetische Überreste von vielen Milliarden Bakterien. Wir wissen mittlerweile, dass E.coli weniger als ein Prozent der Wesen im Darm ausmacht. Es gibt in unseren Därmen mehr als tausend verschiedene Bakterienspezies. Dazu kommen außerdem Minderheiten aus dem Reich der Viren und Hefen, sowie Pilze und diverse Einzeller.

Unser Immunsystem wäre die erste Instanz, die etwas an dieser massiven Besiedelung auszusetzen hätte. Auf seiner Agenda steht ziemlich weit oben: Körper gegen Fremdes verteidigen. Manchmal bekriegt das Immunsystem schon kleine Pollen, die versehentlich in unsere Nase eingebogen sind. Allergiker reagieren darauf mit einer laufenden Nase und roten Augen. Wie kann da gleichzeitig ein bakterielles Woodstock in unseren Eingeweiden abgefeiert werden?

Das Immunsystem und unsere Bakterien

Jeden Tag könnten wir mehrere Male sterben. Wir bekommen Krebs, beginnen zu schimmeln, werden von Bakterien angeknabbert oder von Viren infiziert. Jeden Tag wird uns mehrere Male das Leben gerettet. Seltsam wachsende Zellen werden abgetötet, Pilzsporen werden eliminiert, Bakterien zerlöchert und Viren durchgeschnitten. Diesen angenehmen Service erledigt unser Immunsystem mit sehr vielen kleinen Zellen. Es verfügt über Experten zur Erkennung von Fremdem, über Auftragskiller, Hutmacher und Streitschlichter. Sie alle arbeiten Hand in Hand und machen das bemerkenswert gut.

Der größte Teil unseres Immunsystems (etwa 80 Prozent) sitzt im Darm. Und das aus gutem Grund. Hier steht nämlich die Hauptbühne für dieses bakterielle Woodstock, und das sollte man unbedingt mal gesehen haben als Immunsystem. Die Bakterien sitzen in einem abgesteckten Reservoir – der Darmschleimhaut – und rücken nicht bedrohlich nahe an unsere Zellen. Das Immunsystem kann hier mit ihnen spielen, ohne dass sie gefährlich für den Körper werden. So können unsere Abwehrzellen viele neue Arten kennenlernen.

Trifft eine Immunzelle zu einem späteren Zeitpunkt außerhalb des Darms auf ein bekanntes Bakterium, kann sie schneller reagieren. Das Immunsystem muss im Darm wahnsinnig aufmerksam sein – es muss dauernd seinen Verteidigungsinstinkt unterdrücken, um die vielen Bakterien dort am Leben zu lassen. Gleichzeitig muss es zu gefährliche Wesen in der Masse erkennen und aussortieren. Wenn wir zu jedem unserer Darmbakterien »Hi« sagen würden, kämen wir mit etwa 3 Millionen Jahren ganz gut hin. Unser Immunsystem sagt nicht nur »Hi«, es sagt eben auch noch »Du bist ganz okay« oder »Du gefällst mir tot besser«.

Außerdem – und das klingt im ersten Moment vielleicht etwas befremdlich – muss es zwischen den Bakterienzellen und den eigenen, menschlichen Zellen unterscheiden können. Das ist nicht

immer ganz einfach. Auf der Oberfläche mancher Bakterien befinden sich nämlich Strukturen, die denen unserer kleinen Körperzellen ähneln. Bei Bakterien, die Scharlach-Angina verursachen, sollte man deshalb nicht zu lange mit Antibiotika warten. Wird die Krankheit nicht rechtzeitig bekämpft, kann das verwirrte Immunsystem versehentlich Gelenke oder andere Organe misstrauisch angreifen. Es hält dann beispielsweise unser Knie für einen miesen Halsweh-Verursacher, der sich da unten versteckt hat. Das passiert nur in seltenen Fällen – aber es kann passieren.

Einen ähnlichen Effekt haben Wissenschaftler bei dem oft im Jugendalter auftretenden Diabetes beobachtet. Hier zerstört das Immunsystem die eigenen Insulin produzierenden Zellen. Eine mögliche Ursache könnte ein Kommunikationsproblem mit unseren Darmbakterien sein. Vielleicht bilden sie schlecht aus, oder das Immunsystem versteht sie einfach nur falsch.

Eigentlich hat der Körper gegen solche Kommunikationsprobleme und Verwechslungsunfälle ein sehr rigoroses System eingerichtet. Bevor eine Immunzelle ins Blut gelassen wird, muss sie das härteste Bootcamp absolvieren, das für Zellen existiert. Sie muss unter anderem einen langen Weg zurücklegen, auf dem ihr dauernd körpereigene Strukturen präsentiert werden. Wenn die Immunzelle sich nicht ganz sicher ist, ob das Präsentierte körpereigen oder -fremd ist, bleibt sie stehen und pikst kurz mal mit dem Finger daran herum. Das war dann eine fatale Fehlentscheidung. Diese Immunzelle wird niemals im Blut ankommen.

Immunzellen werden also schon im Bootcamp aussortiert, wenn sie eigenes Gewebe angreifen. In ihrem Trainingslager im Darm lernen sie, tolerant gegenüber Fremden beziehungsweise besser auf Fremdes vorbereitet zu sein. Dieses System funktioniert ziemlich gut, und meistens gibt es keine Zwischenfälle.

Eine Übung ist jedoch besonders knifflig: Was tun, wenn *fremde* Dinge das Immunsystem an Bakterien erinnern – obwohl es keine Bakterien sind? Rote Blutkörperchen zum Beispiel tragen auf ihrer Oberfläche bakterienähnliche Proteine. Eigentlich würde unser Immunsystem unser Blut angreifen, wenn es nicht im Bootcamp

gelernt hätte, dass unser eigenes Blut nicht angetastet werden darf. Haben unsere Blutkörperchen selbst Blutgruppenmerkmal A auf der Oberfläche, tolerieren wir auch Blut von fremden Menschen der Gruppe A. Bei einem Motorradunfall oder einer Geburt mit viel Blutverlust kann es schon mal nötig sein, Blutspenden in die eigenen Adern laufen zu lassen.

Wir können kein Blut von jemandem erhalten, der andere dieser Blutgruppenmerkmale auf der Oberfläche hat. Unser Immunsystem würde sofort an Bakterien erinnert, und da diese nichts in unserem Blut zu suchen haben, würde es die fremden Blutkörperchen in aller Feindschaft zerklumpen. Ohne diese Kampfbereitschaft – trainiert durch unsere Darmbakterien – hätten wir keine »Blutgruppen« und könnten munter fremdes Blut an jeden verteilen. Bei neugeborenen Babys mit nur wenigen Darmkeimen funktioniert das auch noch so. Ihnen könnte man theoretisch jede Blutgruppe geben ohne Gegenreaktion. (Weil Antikörper der Mutter in das Blut des Kindes gelangen, benutzt man im Krankenhaus sicherheitshalber die mütterliche Blutgruppe.) Sobald sich Immunsystem und Darmflora ansatzweise entwickelt haben, darf man nur noch Blut aus derselben Blutgruppe erhalten.

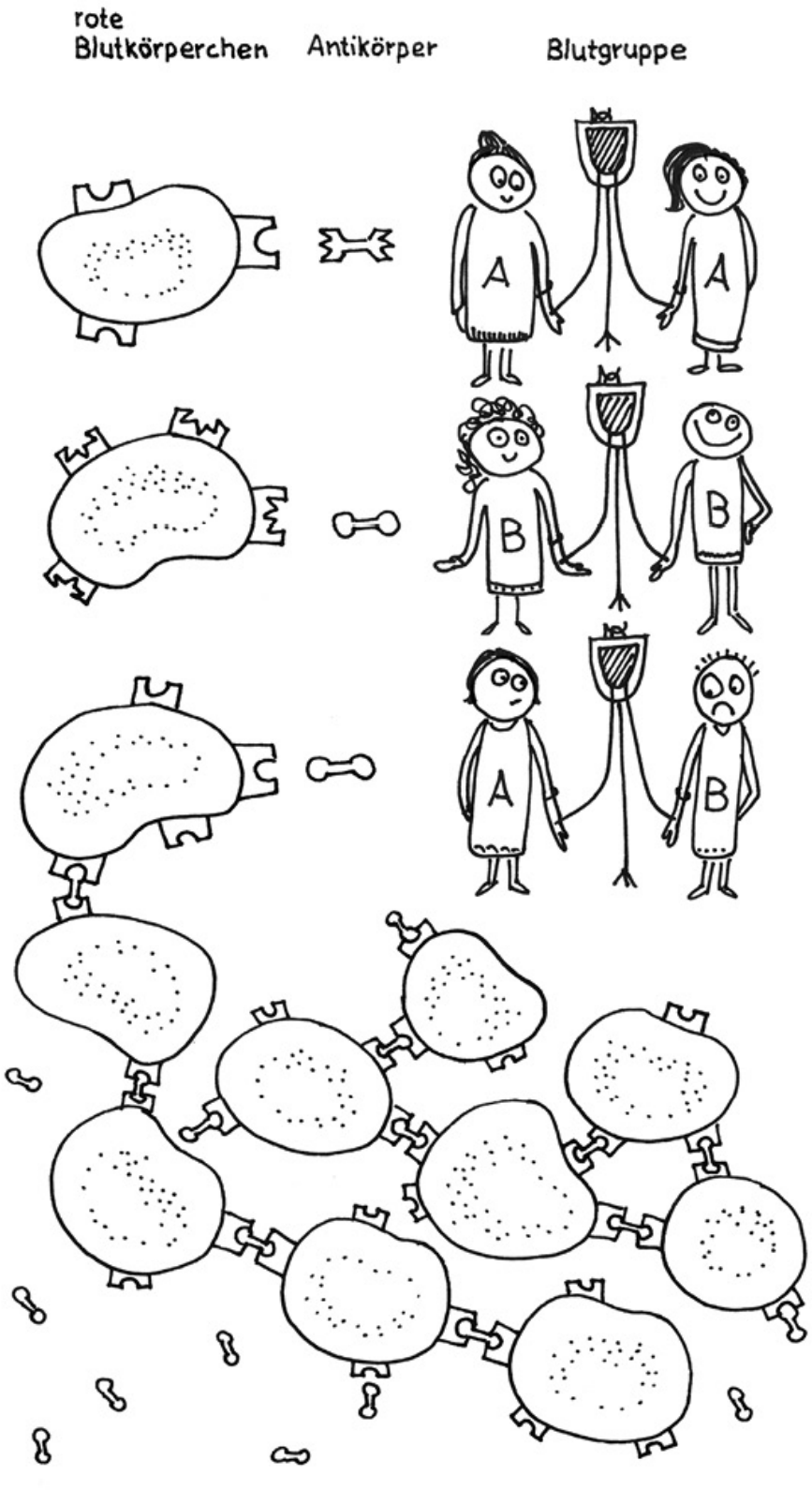

rote
Blutkörperchen
Antikörper
Blutgruppe
A
A
B
B
A
B

Abb.: Passen Antikörper auf fremde Blutzellen, verklumpen diese Blutgruppe B besitzt Antikörper gegen Blutgruppe A

Die Blutgruppenentstehung ist nur eines von vielen immunologischen Phänomenen, das von Bakterien verursacht wird. Vermutlich kennen wir die meisten noch gar nicht. Vieles, was Bakterien so tun, geht eher in Richtung »Fine-Tuning«. Es gibt pro Bakteriensorte ganz unterschiedliche Wirkungen auf das Immunsystem. Bei einigen Arten konnte man feststellen, dass sie unser Immunsystem toleranter machen. Indem sie beispielsweise dafür sorgen, dass mehr friedlich-vermittelnde Immunzellen gebildet werden, oder wie Cortison und andere entzündungshemmende Medikamente auf unsere Zellen einwirken. Das Immunsystem wird so milder und weniger kampflustig. Das ist vermutlich ein ganz guter Schachzug dieser Kleinstlebewesen – denn so ist auch ihre Chance höher, im Darm geduldet zu werden.

Dass gerade im Dünndarm von jungen Wirbeltieren (inklusive uns Menschen) Bakterien gefunden wurden, die das Immunsystem anstacheln, lässt Raum für Vermutungen. Könnte es sein, dass uns diese Anstachler helfen, die Bakteriendichte im Dünndarm niedriger zu halten? Der Dünndarm wäre dann ein Gebiet geringerer Bakterientoleranz und hätte beim Verdauen erst mal seine Ruhe. Die Anstachler selbst halten sich nicht etwa brav in der Schleimhaut auf, sondern haften fest an den Dünndarmzotten. Eine ähnliche Vorliebe haben Krankheitserreger wie gefährliche Versionen von E.coli. Wenn diese sich im Dünndarm ansiedeln wollen und ihre Plätze schon von den Anstachlern besetzt sind, müssen sie wohl oder übel wieder gehen.

Diesen Effekt nennt man Kolonisationsschutz. Die meisten unserer Darmmikroben schützen uns allein dadurch, dass sie keinen Platz für bösartige Bakterien lassen. Die Dünndarm-Anstachler gehören übrigens zu jenen Kandidaten, die wir immer noch nicht außerhalb des Darms anzüchten können. Können wir ausschließen, dass sie uns nicht vielleicht sogar schaden? Nein. Vielleicht schaden sie manchen Menschen, indem sie das Immunsystem überreizen. Fragen gibt es hier viele.

Für erste Antworten gibt es die keimfreien Mäuse aus Laboratorien in New York. Sie sind die saubersten Lebewesen der Welt. Keimfreie Kaiserschnittgeburten, sagrotanreine Gehege und dampfsterilisierte Nahrung. Desinfizierte Tiere wie sie kann es in der Natur nicht geben. Wer mit den Mäusen arbeiten möchte, muss ultimativ achtsam sein, denn bereits in ungefilterter Luft können Keime herumfliegen. Dank dieser Mäuse konnten Forscher dabei zugucken, was passiert, wenn ein Immunsystem völlig arbeitslos ist. Was geht in einem Darm ohne Mikroben vor? Wie reagiert das untrainierte Immunsystem auf Krankheitserreger? Wo kann man den Unterschied mit bloßem Auge erkennen?

Jeder, der schon einmal mit solchen Tieren zu tun hatte, würde sagen: Keimfreie Mäuse sind merkwürdig. Sie sind oft hyperaktiv und verhalten sich auffallend unvorsichtig für Mäuse. Sie essen mehr als ihre normal besiedelten Kollegen und brauchen länger beim Verdauen. Sie haben riesige Blinddärme, verkümmert-unzottige Darmschläuche mit wenig Blutgefäßen und weniger Immunzellen. Relativ ungefährliche Krankheitserreger können sie leicht umhauen.

Flößt man ihnen Darmbakteriencocktails anderer Mäuse ein, kann man Erstaunliches beobachten. Bekommen sie Bakterien von Typ-2-Diabetikern, entwickeln sie kurze Zeit später selbst die ersten Probleme beim Zuckerstoffwechsel. Bekommen keimfreie Mäuse Darmbakterien übergewichtiger Menschen, werden sie viel eher selbst übergewichtig, als wenn sie die Keimlandschaft Normalgewichtiger erhalten. Man kann ihnen aber auch einzelne Bakterien verabreichen und beobachten, was die so draufhaben. Manche Bakterien können im Alleingang die meisten Auswirkungen der Keimfreiheit wieder rückgängig machen – sie kurbeln das Immunsystem hoch, schrumpfen den Blinddarm auf Normalgröße und normalisieren das Essverhalten. Andere tun nichts. Wieder andere entfalten ihre Wirkung ausschließlich in Zusammenarbeit mit Kollegen anderer Bakterienfamilien.

Studien an diesen Mäusen haben uns ein gutes Stück weitergebracht. Wir können mittlerweile vermuten: Ähnlich wie uns die große Welt beeinflusst, in der wir leben, beeinflusst uns auch

die kleine Welt, die in uns lebt. Umso spannender ist, dass sie bei jedem Menschen etwas anders aussieht.

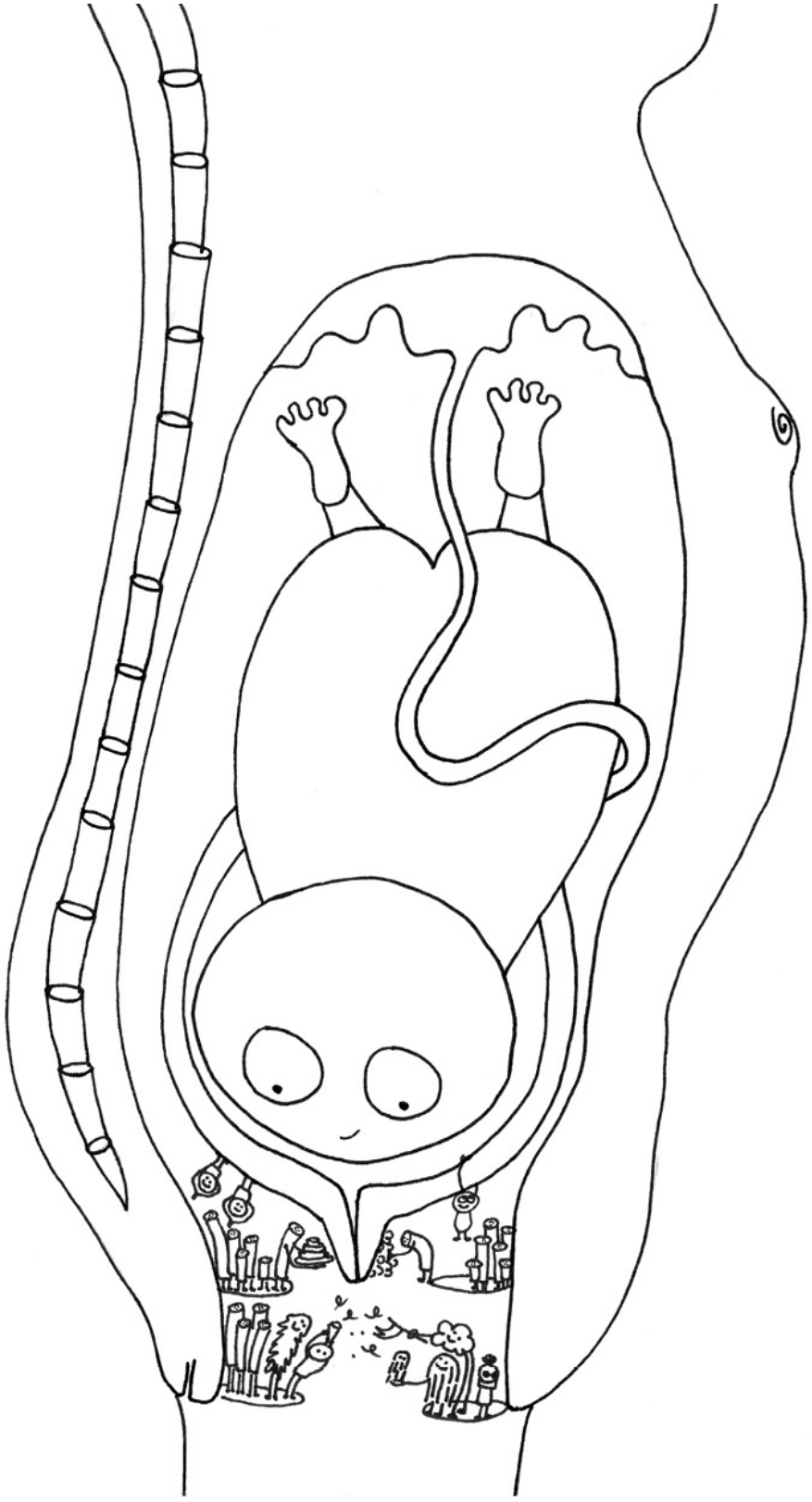
Die Entwicklung der Darmflora

Als Babys in der Gebärmutter sind wir in der Regel völlig keimfrei. Neun Monate lang berührt uns niemand außer unserer Mutter. Unsere Nahrung wird vorverdaut, unser Sauerstoff vorgeatmet. So filtern mütterliche Lunge und Darm alles, bevor es zu uns kommt. Wir essen und atmen durch ihr Blut, das durch ihr Immunsystem keimfrei gehalten wird. Wir sind ummantelt von der Fruchtblase und umschlossen von einer muskulären Gebärmutter, die wiederum durch einen dicken Pfropfen zugekorkt ist wie ein großer Tonkrug. So kann uns kein Parasit, kein Virus, kein Bakterium, kein Pilz und schon gar kein anderer Mensch antasten. Wir sind sauberer als ein Operationstisch nach Desinfektionsmittelflutung.

Dieser Zustand ist außergewöhnlich. Wir werden nie wieder in unserem Leben so behütet und so alleine sein. Wären wir außerhalb der Gebärmutter dazu angelegt, keimfrei zu sein, wären wir anders gebaut. So aber hat jedes größere Lebewesen mindestens ein anderes Lebewesen, das ihm hilft und als Gegenleistung auf ihm wohnen darf. Deswegen haben wir Zellen, deren Oberfläche sich sehr gut zum Andocken von Bakterien eignet, und Bakterien, die sich über Jahrtausende mit uns mitentwickelt haben.

Sobald die schützende Fruchtblase irgendwo undicht ist, geht die Besiedlung los. Waren wir eben noch Wesen aus 100 Prozent menschlichen Zellen, besiedeln uns bald schon so viele Kleinstlebewesen, dass wir zellenmäßig nur noch zu 10 Prozent Mensch und zu 90 Prozent Mikrobe sind. Da unsere menschlichen Zellen wesentlich größer sind als die unserer neuen Mitbewohner, sieht man das nur nicht. Bevor wir unserer Mutter das erste Mal in die Augen blicken, haben sich die Bewohner ihrer Körperhöhlen erst mal unsere Augen angesehen. Zunächst lernen wir die vaginale Schutzflora kennen – ein Volk, das wie eine Armee dazu da ist, ein sehr wichtiges Gebiet zu verteidigen. Dafür stellt es zum Beispiel Säuren her, die andere Bakterien verscheuchen, und hält

so den Weg zur Gebärmutter von Zentimeter zu Zentimeter sauberer.



Während die Nasenlochflora noch etwa 900 verschiedene Bakteriensorten bietet, wird im Geburtskanal streng aussortiert. Übrig bleibt der hilfreiche Mantel aus Bakterien, der sich schützend um den sauberen Babykörper legt. Die Hälfte dieser Bakterien besteht aus nur einer Sorte: Laktobazillen. Sie stellen besonders gerne Milchsäure her. Logisch, dass hier auch nur leben kann, was durch die sauren Sicherheitskontrollen kommt.

Geht alles gut, muss man sich als Kind bei der Geburt nur noch entscheiden, wohin man mit dem Kopf gucken möchte. Es gibt zwei attraktive Möglichkeiten: Richtung Hintern oder weg davon. Danach folgt allerlei Hautkontakt, bis man meist von einer fremden Person in Plastikhandschuhen angefasst und in irgendetwas eingewickelt wird.

Jetzt befinden sich die Gründerväter unserer ersten mikrobiellen Besiedlung in uns und auf uns: hauptsächlich mütterliche Vaginal- und Darmflora, dazu Hautkeime und wahlweise noch, was das Krankenhaus selbst so im Repertoire hat. Das ist ein recht guter Mix für den Anfang. Die Säure-Armee schützt vor schlechten Eindringlingen, andere beginnen schon mal das Immunsystem zu trainieren, und die ersten unverdaulichen Bestandteile der Muttermilch werden von helfenden Keimen für uns zerlegt.

Manche dieser Bakterien benötigen knapp zwanzig Minuten, um die nächste Generation zu gründen. Wofür wir Menschen zwanzig Jahre und mehr brauchen, das passiert hier in einem Bruchteil der Zeit – einem Bruchteil so winzig wie die Bewohner selbst. Während unser erstes Darmbakterium seine Urururur-enkel an sich vorbeischwimmen sieht, liegen wir gerade mal zwei Stunden in den Armen unserer Eltern.

Trotz dieser rasanten Bevölkerungsentwicklung wird es noch ungefähr drei Jahre dauern, bis sich in den darmigen Gefilden eine passende Flora eingependelt hat. Bis dahin spielen sich in unserem Bauch dramatische Machtwechsel und große Bakterienschlachten ab. Einige Völker, die wir irgendwie in den Mund bekommen, breiten sich rasant in unserem Bauch aus und verschwinden genauso schnell wieder. Andere werden ein Leben lang bei uns bleiben. Wer sich ansiedelt, hängt zum Teil von uns ab: Mal

lutschen wir an unserer Mutter herum, dann knabbern wir an einem Stuhlbein, und zwischendurch geben wir der Autoscheibe oder dem Nachbarshund warme Dampfküsschen. Alles, was es auf diese Weise in unseren Mund schafft, könnte kurze Zeit später sein Imperium in unserer Darmwelt aufbauen. Ob es sich durchsetzen wird, ist unklar. Ob es gute oder schlechte Absichten haben wird, auch. Wir sammeln unser Schicksal sozusagen mit dem Mund – die Stuhlprobe zeigt, was hinten dabei rauskommt. Es ist ein Spiel mit vielen Unbekannten.

Ein paar Dinge helfen uns dabei, allem voran unsere Mutter. Egal, wie viele Dampfküsschen an Scheiben verteilt werden – wer oft an seiner Mama knutscheln darf, wird von ihren Mikroben gut geschützt. Auch durch das Stillen fördert sie ganz bestimmte Darmflorakeime, beispielsweise muttermilch-liebende *Bifido*-Bakterien. Diese Bakterien formen durch ihre frühe Besiedlung spätere Körperfunktionen mit, wie das Immunsystem oder den Stoffwechsel. Wenn ein Kind im ersten Lebensjahr zu wenige *Bifido*-Bakterien im Darm hat, ist später die Wahrscheinlichkeit höher, übergewichtig zu werden, als wenn es viele hat.

Unter den vielen verschiedenen Bakterienarten gibt es gute und weniger gute. Beim Stillen kann man das Gleichgewicht hin zu den guten verschieben und so zum Beispiel das Risiko auf Gluten-Unverträglichkeit verringern. Die ersten Darmbakterien von Babys bereiten den Darm auf seine »erwachseneren« Bakterien vor, indem sie Sauerstoff und Elektronen aus dem Darm entfernen. Sobald die Luft frei von Sauerstoff ist, können sich typischere Mikroben dort niederlassen.

Muttermilch kann so viel, dass man sich als einigermaßen wohlernährte Mutter entspannt zurücklehnen kann, wenn es um gesunde Kindsernährung geht. Misst man die enthaltenen Nährstoffe und vergleicht sie mit ausgerechneten Bedarfswerten von Kindern, ist die Muttermilch der Streber unter den Nahrungsergänzungsmitteln. Sie hat alles, sie weiß alles, sie kann alles. Und als ob der Nährstoffgehalt nicht schon gut genug wäre, kriegt sie noch ein Extrasternchen, weil sie das Kind zusätzlich mit einem Stück Immunsystem der Mutter versorgt. Im Sekret der

Muttermilch sind Antikörper, die zu schädliche Bakterienbekanntschaften (z. B. durch das Ablutschen von Haustieren) abfangen können.

Nach dem Abstillen erfährt die Bakterienwelt des Babys eine erste Revolution. Denn plötzlich ändert sich die komplette Nahrungszusammensetzung. Clevererweise hat die Natur die typischen Erstsiedlerkeime so ausgestattet, dass diejenigen, die Muttermilch mögen, auch schon die Gene für einfache Kohlenhydrate wie Reis im Gepäck haben. Tischt man dem Säugling aber gleich so komplexe pflanzliche Dinge wie Erbsen auf, schafft das die Baby-Flora nicht alleine. Es müssen neue Sorten an Mitverdauern her. Diese Bakterien können je nach Ernährung auch Eigenschaften dazugewinnen oder abgeben. Afrikanische Kinder haben Bakterien, die allerlei Werkzeuge herstellen können, um auch die faserigste, pflanzenreichste Nahrung aufzuspalten. Mikroben europäischer Kinder verzichten eher auf diese harte Arbeit; das können sie auch guten Gewissens tun, denn sie essen vor allem pürierte Breichen und etwas Fleisch.

Bakterien können aber nicht nur bei Bedarf bestimmte Werkzeuge herstellen, manchmal leihen sie sich auch welche: In der japanischen (Darm-)Bevölkerung tauschten sich Darmbakterien mit Meeresbakterien aus. Sie borgten sich von ihren Meereskollegen ein Gen aus, das ihnen beim Aufspalten der Meeresalgen hilft, die zum Beispiel um Sushi gewickelt werden. Wie unser Darmvolk zusammengesetzt ist, kann also auch zu einem guten Teil davon abhängen, welche Werkzeuge für die Aufspaltung unserer Nahrung nötig sind.

Sinnvolle Darmbakterien können wir über Generationen weitergeben. Wer als Europäer schon einmal nach einem »All you can eat«-Sushi-Buffet Verstopfungen hatte, wird nachvollziehen können, dass es nett wäre, wenn irgendwo in seiner Familie auch japanische Algen-Verarbeiter-Bakterien vorgekommen wären. Es ist aber gar nicht so einfach, sich und seinen Kindern ein paar Sushi-Verdau-Helfer einzuflößen. Bakterien müssen auch gerne dort leben, wo sie arbeiten sollen.

Wenn ein Mikroorganismus besonders gut zu unserem Darm passt, heißt das: Er mag die Architektur der Darmzellen, kommt mit dem Klima gut zurecht, und ihm schmeckt, was es zu essen gibt. Alle drei Faktoren sind von Mensch zu Mensch unterschiedlich. Unsere Gene entwerfen unseren Körper mit – aber sie sind nicht die Chefarchitekten, wenn es um die Mikroben-Aufstellung geht. Eineiige Zwillinge haben zwar dieselben Gene, nicht aber eine identische Bakterienzusammensetzung. Sie haben noch nicht einmal wesentlich mehr Gemeinsamkeiten als andere Geschwisterpaare. Unser Lebensstil, zufällige Bekanntschaften, Krankheiten oder Hobbys tragen mit dazu bei, wie die kleine Welt im eigenen Bauch aussieht.

Auf dem Weg zu unserer relativ ausgereiften Darmflora in unserem dritten Lebensjahr, nehmen wir allerlei in den Mund, einiges können wir gut brauchen, und es passt zu uns. So akquirieren wir immer mehr Kleinstlebewesen, bis wir von einigen hundert verschiedenen Bakterienspezies langsam auf über viele Hunderte Sorten Darmbewohner anwachsen. Für einen Zoo wäre das ein ganz schönes Angebot, das wir da mal so nebenbei aus dem Ärmel schütteln.

Dass unsere allerersten Bauchvölker wichtige Grundbausteine für die Zukunft unseres gesamten Körpers legen, ist mittlerweile allgemein anerkannt. Studien zeigen hier vor allem, wie wichtig unsere ersten bakteriensammelnden Lebenswochen für das Immunsystem sind. Schon drei Wochen nach unserer Geburt kann man anhand der Stoffwechselprodukte unserer Darmbakterien voraussagen, ob wir ein erhöhtes Risiko für Allergien, Asthma oder Neurodermitis haben. Wie kann es passieren, dass wir so früh Bakterien sammeln, die uns eher schaden als nutzen?

Ein gutes Drittel der Kinder in westlichen Industrienationen wird elegant per Kaiserschnitt in die Welt gehoben. Kein enges Gequetsche durch den Geburtskanal, keine unschönen Nebeneffekte wie »Dammriss« oder »Nachgeburt« – eigentlich klingt das nach einer feinen Welt. Kaiserschnittkinder kommen in ihren ersten Lebensmomenten größtenteils mit der Haut anderer Menschen in Kontakt. Ihre Darmflora müssen sie daraufhin

irgendwie zusammenklauben, denn sie ergibt sich nicht zwingend aus den spezifischen Keimen der Mutter. Es kann auch gerne mal ein bisschen rechter Daumen von Krankenschwester Susi sein, ein bisschen vom Blumengeschäft-Mitarbeiter, der Papa den Strauß in die Hand gedrückt hat, oder ein bisschen von Opas Hund. Plötzlich können Dinge eine Rolle spielen wie die Motivation der unterbezahlten Krankenhaus-Putzkraft. Hat sie Telefone, Tische und Badezimmerarmaturen liebevoll oder lustlos abgewischt?

Unsere Hautflora ist nicht so streng reguliert wie die Geburtskanalgefilde und wesentlich stärker der Außenwelt ausgesetzt. Was auch immer sich dort sammelt, könnte eventuell bald im Babydarm sitzen. Krankheitserreger – aber auch weniger auffällige Gestalten, die das junge Immunsystem mit ulkigen Methoden trainieren. Bei Kindern, die per Kaiserschnitt geboren werden, dauert es Monate oder länger, bis sie normale Darmbakterien haben. Dreiviertel der Neugeborenen, die sich typische Krankenhauskeime einfangen, sind Kaiserschnittbabys. Sie haben außerdem ein erhöhtes Risiko, Allergien oder Asthma zu entwickeln. Laut einer amerikanischen Studie kann das Schlucken von bestimmten Laktobazillen das Allergierisiko bei diesen Kindern wieder senken. Bei normal entbundenen Säuglingen allerdings nicht. Sie sind sozusagen schon während der Geburt in den Probiotika-Zaubertrunk gefallen.

Ab dem siebten Lebensjahr kann man kaum noch Unterschiede ausmachen zwischen der Darmflora normal entbundener Kinder oder der von Kaiserschnittbabys. Die frühen Phasen, in denen das Immunsystem und der Stoffwechsel beeinflusst werden, sind dann allerdings schon vorbei. Nicht nur eine Kaiserschnittgeburt kann ungute Anfangszusammensetzungen im Darm kreieren – schlechte Ernährung, unnötiger Einsatz von Antibiotika, zu viel Sauberkeit oder zu viele Begegnungen mit unguten Keimen können auch ihren Anteil haben. Man sollte sich hiervon allerdings nicht verrückt machen lassen. Wir Menschen sind so riesige Lebewesen, wir können nicht alles mikrobig Kleine kontrollieren.

Die Darmbewohner eines Erwachsenen

In Sachen Mikrobiota gilt man als erwachsen, wenn man etwa drei Jahre alt ist. Erwachsen sein heißt in einem Darm: wissen, wie man funktioniert und was man mag. Von jetzt an befinden sich bestimmte Darmmikroben auf einer gigantischen Reiseexpedition durch unser Leben. Die Route geben wir vor: mit dem, was wir essen, ob wir Stress haben, in die Pubertät kommen, krank sind oder altern.

Wer auf Facebook Bilder von seinem Abendessen hochlädt und sich wundert, dass Freunde das tolle Foto nicht kommentieren, hat sich einfach nur ans falsche Zielpublikum gewendet. Gäbe es Mikroben-Facebook, würde ein Millionenpublikum beim Anblick des Bildes begeistert applaudieren oder schaudern. Täglich wechselnde Möglichkeiten bieten sich an: Mal sind praktische Milchverdauer im Käsebrot, mal ein Haufen Salmonellen im köstlichen Tiramisu. Manchmal verändern wir unsere Darmflora, und manchmal verändert sie uns. Wir sind ihr Wetter und ihre Jahreszeiten. Sie können uns pflegen oder vergiften.

Wir wissen bei Erwachsenen nur ansatzweise, was die bauchige Bakteriengemeinschaft alles bewegen kann. Bei Bienen ist das besser erforscht. Bienen mit vielseitigeren Darmbakterien haben sich in der Evolution durchgesetzt. Von ihren fleischfressenden Wespenvorfahren konnten sie sich nur deshalb weiterentwickeln, weil sie neuartige Darmmikroben aufsammelten, die Energie aus pflanzlichen Pollen herausholten. So wurden diese Tiere Vegetarier. Bei Nahrungsknappheit sorgen gute Bakterien für Sicherheit: Eine Biene kann in Notsituationen auch fremden Nektar aus weit entfernten Gegenden verdauen. Einseitige Verwerter kommen da längst nicht so weit. In Krisenlagen stellt sich dann heraus, wer eine gute Mikroben-Armee hat. Bienen mit gut ausgestatteten Darmfloren trotzen manchen Parasitenplagen besser als andere. Darmbakterien sind hier ein unfassbar wichtiger Faktor, wenn es um das Überleben geht.

Leider können wir diese Ergebnisse nicht einfach auf den Menschen übertragen. Menschen sind Wirbeltiere und haben Facebook. Hier muss man noch mal ganz von vorne anfangen. Wissenschaftler, die sich mit unseren Darmbakterien beschäftigen, müssen eine noch fast unbekannte neue Welt verstehen und in Bezug zu der großen Welt setzen. Sie müssen wissen, wer da wie in unserem Darm wohnt.

Also noch mal – und jetzt genauer: Wer sind sie???

In der Biologie ordnet man gerne. Das funktioniert beim eigenen Schreibtisch genauso wie bei unserer Erde. Zuerst einmal wird alles in zwei große Schubladen gepackt: Lebendiges kommt in die eine, Nicht-Lebendiges in die andere. Dann wird weiter unterteilt. Alles Lebendige wird in drei Bereiche aufgeteilt: *Eukaryoten*, *Archaeen* und Bakterien. Von allen dreien findet man auch Vertreter im Darm. Ich verspreche nicht zu viel, wenn ich sage: Jeder der drei hat einen gewissen Charme.

Eukaryoten bestehen aus den größten und komplexesten Zellen. Sie können mehrzellig und ziemlich groß werden. Ein Wal ist ein *Eukaryot*. Menschen sind *Eukaryoten*. Ameisen übrigens auch, obwohl sie schon viel kleiner sind. *Eukaryoten* lassen sich nach der modernen Biologie in sechs Untergruppen aufteilen: amöbig kriechende Wesen, Wesen mit »Scheinfüßchen« (also ohne echte Füße), Pflanzenartige, Einzeller mit Mundgruben, Algige und *Opisthokonta*.

Falls der Begriff *Opisthokonta* (griechisch für »Hinterpolige«)nicht bekannt ist: Das sind alle Tiere, inklusive Menschen, aber auch Pilze. Wenn man also einer Ameise auf der Straße begegnet, darf man biologisch korrekt seinem *Opisthokonta*-Kollegen zuwinken. Die häufigsten *Eukaryoten* im Darm sind Hefen, die im Übrigen auch zu den *Opisthokonta* gehören. Wir kennen sie zum Beispiel aus dem Hefeteig, es gibt aber noch viele andere Hefen.

Archaeen sind irgendwie so ein Zwischending. Keine richtigen Eukaryoten, aber auch keine Bakterien. Ihre Zellen sind klein und komplex. Um dem etwas verwaschenen Image etwas entgegenzusetzen, könnte man sagen: *Archaeen s*ind echt krass.

Sie stehen auf die Extreme im Leben. Es gibt *Hyperthermophile*, die sich bei über 100 °C richtig wohl fühlen und oft bei Vulkanen abhängen. *Acidophile*, die in hochkonzentrierten Säuren umherschippern. *Barophile*, die großen Druck auf ihre Zellwände mögen wie auf dem Meeresgrund. Und *Halophile*, die am besten in stark versalzten Gewässern klarkommen (das Tote Meer finden sie prima). Die wenigen, die sich auf ein Leben im relativ unextremen Labor einlassen, sind meist die kälteliebenden *Archaeen*. Sie mögen die -80 °C-Gefrierschränke. In unserem Darm kommt oft eine *Archaeen*-Art vor, die vom Abfall anderer Darmbakterien lebt und leuchten kann.

Und damit zurück zum Hauptthema. Bakterien machen mehr als 90 Prozent der Darmwesen aus. Wenn wir Bakterien ordnen, teilen wir sie in etwas mehr als zwanzig Stämme ein. Diese Gruppen haben manchmal so viele Gemeinsamkeiten wie ein Mensch und ein Einzeller mit Mundgrube. Nämlich wenige. Die meisten Darmbewohner kommen größtenteils aus fünf Stämmen: hauptsächlich *Bacteroideten* und *Firmicuten*, zusätzlich *Actino*bakterien, *Proteobacteria* und *Verrucomicrobia*. Innerhalb dieser Stämme gibt es verschiedene Ober- und Untereinteilungen, bis man irgendwann vor einer Bakterienfamilie steht. Innerhalb dieser Familie ist man sich relativ ähnlich. Man isst dieselben Dinge, sieht relativ gleich aus, hat ähnliche Freunde und Fähigkeiten. Die einzelnen Familienmitglieder haben dann so eindrucksvolle Namen wie *Bacteroides uniformis*, *Lactobacillus acidophilus* oder *Helicobacter pylori*. Das Königreich der Bakterien ist riesengroß.

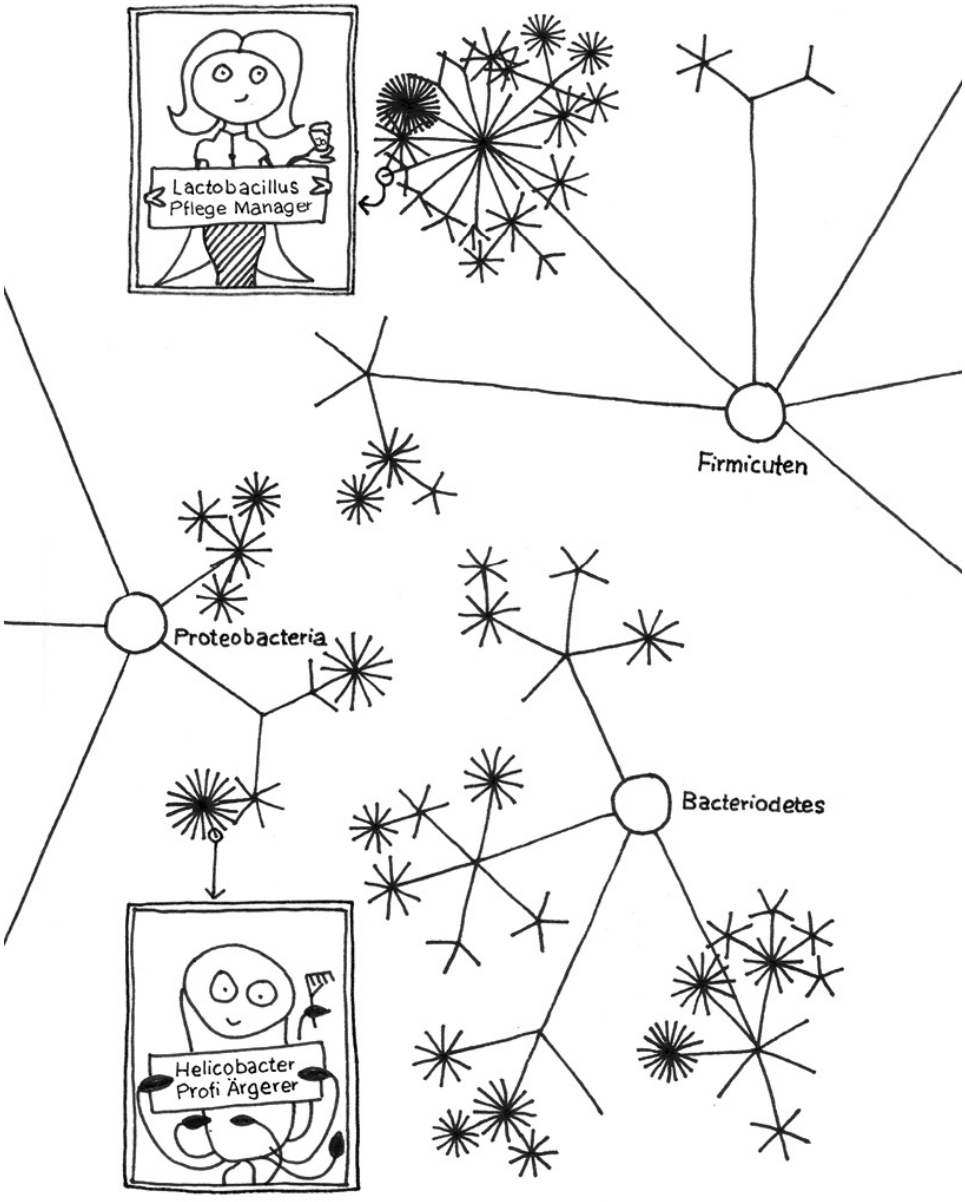


Abb.: Grober Ausschnitt der drei wichtigsten Bakterienstämme und ihren Untergruppen. Lactobacilli gehören beispielsweise zu den Firmicuten

Wenn man bei Menschen nach einzelnen Bakterien sucht, entdeckt man immer wieder völlig unbekannte Arten. Oder auch bekannte

Arten an unerwarteten Plätzen. Einige Forscher aus den USA untersuchten im Jahre 2011 aus Spaß Bauchnabelfloren. Im Bauchnabel eines Probanden fanden sie Bakterien, die man bis dahin nur aus dem Meer vor Japan kannte. Dabei war der Betreffende selbst noch nie in Asien gewesen. Globalisierung passiert nicht nur, wenn aus Tante Emma McDonald's wird, sondern dringt bis zu unseren Bauchnäbeln vor. Täglich fliegen Milliarden und Abermilliarden ausländische Mikroorganismen, ohne einen Cent zu bezahlen, um die Welt.

Jeder Mensch hat seine ganz eigene Sammlung aus Bakterien. Man könnte von uns sogar einen bakteriellen Fingerabdruck nehmen. Würde man dann einen Hund abtupfen und dessen Bakteriengene analysieren, könnte man mit großer Sicherheit das passende Herrchen dazu finden. Funktioniert genauso mit Computertastaturen. Alles, was wir oft berühren, trägt unsere Mikrobenhandschrift. Jeder hat irgendwelche abgefahrenen Sammelstücke, die kaum jemand anderes hat.

So einzigartig sieht es allerdings auch in unseren Därmen aus! Wie sollen Mediziner da wissen, was gut oder schlecht ist? Für die Forschung sind solche Einzigartigkeiten problematisch. Wenn sich die Frage stellt: Welchen Einfluss haben Darmbakterien auf die Gesundheit? Dann wollen wir nicht hören: »Also, Herr Mayer hat ein abgefahrenes Asiatisches und ganz viel ulkige Sorten hiervon.« Wir wollen Muster erkennen und daraus Wissen ableiten.

Wenn sich Wissenschaftler mehr als tausend unterschiedliche Bakterienfamilien aus Därmen ansehen, stehen sie daher vor der Frage: Reicht es, grob Stämme zu definieren, oder muss man letztlich jedes uniformierte *Bacteroides*-Bakterium einzeln angucken? E.coli und sein böser Zwilling EHEC gehören beispielsweise zur selben Familie. Die Unterschiede sind verschwindend gering – spürbar sind sie trotzdem: E.coli ist ein harmloser Darmbewohner, EHEC verursacht schlimme Blutungen und starken Durchfall. Es macht nicht immer Sinn, Stämme oder Familien zu erforschen, wenn man wissen will, welchen Schaden Bakterien im Einzelnen anrichten können.

Die Gene unserer Bakterien

Gene sind Möglichkeiten. Gene sind Informationen. Gene können einem dominant etwas aufzwingen oder aber eine Fähigkeit anbieten. Vor allem sind Gene Pläne. Sie können nichts, solange sie nicht gelesen und verwendet werden. Um manche dieser Pläne kommt man nicht herum – sie entscheiden darüber, ob man ein Mensch oder ein Bakterium ist. Andere kann man lange aufschieben (wie Altersflecken), und wieder andere hat man vielleicht, aber sie werden nicht Realität, zum Beispiel große Brüste. Für den einen ist das gut, für den anderen schade.

Alle unsere Darmbakterien zusammen haben 150 Mal mehr Gene als ein Mensch. Diese riesige Gensammlung nennt man Mikrobiom. Wenn wir uns 150 verschiedene Lebewesen aussuchen könnten, deren genetische Baupläne wir gerne hätten, was würden wir nehmen? Einige würden an die Kraft eines Löwen, die Flügel der Vögel, das Hörvermögen von Fledermäusen oder die praktischen Campinghäuser der Schnecken denken.

Es gibt nicht nur optische Gründe, warum es praktischer ist, sich Bakteriengene anzueignen. Sie lassen sich bequem über den Mund aufnehmen, entfalten ihre Fähigkeiten im Darm und passen sich dabei auch noch an unser Leben an. Niemand braucht dauernd ein Schnecken-Campinghaus, niemand braucht dauernd Muttermilch-Verdauungshilfen. Letztere verschwinden nach dem Abstillen langsam. Es ist noch nicht möglich, alle Darmbakteriengene auf einmal anzugucken. Einzelne Gene kann man allerdings ganz gezielt suchen, wenn man sie kennt. Wir können zeigen: Es gibt bei Babys mehr aktive Gene zum Verdauen von Muttermilch als bei Erwachsenen. Im Darm von übergewichtigen Menschen findet man oft mehr bakterielle Gene für den Abbau von Kohlenhydraten, bei älteren weniger Bakteriengene gegen Stress, in Tokio können sie Seealgen zerlegen und in Pforzheim eher nicht. Unsere Darmbakterien geben grobe Auskunft darüber, wer wir sind: jung, moppelig oder asiatisch.

Die Gene unserer Darmbakterien geben auch Auskunft darüber, was wir können. Das Schmerzmittel Paracetamol kann für manche Menschen giftiger sein als für andere: Einige Darmbakterien stellen einen Stoff her, der die Leber beim Entgiften der Schmerztablette beeinflusst. Ob man bedenkenlos bei Kopfweh Tabletten schlucken kann oder nicht, wird unter anderem im Bauch entschieden.

Ähnliche Vorsicht ist geboten bei allgemeinen Ernährungstipps: Die Schutzwirkung von Soja vor Prostata-Krebs, Gefäßerkrankungen oder Knochenproblemen ist mittlerweile belegt. Mehr als 50 Prozent der Asiaten profitieren davon. Unter der westlichen Bevölkerung findet man die Wirkung nur bei 25 bis 30 Prozent. Genetische Unterschiede erklären das nicht. Bestimmte Bakterien machen den Unterschied: Sie kommen eher in asiatischen Därmen vor und kitzeln aus Tofu & Co. die gesündesten Essenzen heraus.

Für die Wissenschaft ist es großartig, wenn sie einzelne Bakteriengene findet, die für diese Schutzwirkung verantwortlich sind. Die Frage: »Wie beeinflussen Darmbakterien unsere Gesundheit?«, haben sie in diesem einen Fall schon beantwortet. Allerdings wollen wir mehr – wir wollen das große Ganze verstehen. Wenn wir alle bis jetzt bekannten Bakteriengene auf einmal angucken, treten einzelne Gengrüppchen für die Verarbeitung von Schmerzmitteln oder Sojaprodukten in den Hintergrund. Am Ende überwiegen die Gemeinsamkeiten: Jedes Mikrobiom beinhaltet viele Gene für den Abbau von Kohlenhydraten, Proteinen oder für die Herstellung von Vitaminen.

Ein Bakterium hat in der Regel ein paar tausend Gene, pro Darm gibt es bis zu hundert Billionen Bakterien. Erste Auswertungen von unseren bakteriellen Gensammlungen lassen sich nicht in Balken- oder Tortendiagrammen darstellen – die ersten Diagramme der Mikrobiomforscher sehen aus wie moderne Kunst.

Die Wissenschaft hat mit dem Mikrobiom ein Problem, das die Generation Google gerade auch hat. Wir stellen eine Frage, und sechs Millionen Quellen antworten uns gleichzeitig. Da sagt man nicht einfach: »Jetzt bitte noch mal jeder einzeln.« Wir müssen kluge Bündel packen, deftig aussortieren und wichtige Muster

erkennen. Ein erster Schritt in diese Richtung war die Entdeckung von drei *Enterotypen* im Jahr 2011.

Heidelberger Forscher hatten damals die Bakterienlandschaft mit der neusten Technik untersucht. Man erwartete das gewohnte Bild: chaotische Mischungen aus allen möglichen Bakterien und ein großer Batzen unbekannter Spezies. Das Ergebnis war überraschend. Trotz Vielfalt gibt es eine Ordnung. Eine von drei Bakterienfamilien stellte jeweils die Mehrheit im Reich der Bakterien. Dadurch wirkt das Riesenkuddelmuddel aus mehr als tausend Familien plötzlich viel aufgeräumter.

Die drei Darmtypen

Zu welchem der drei Darmtypen man gehört, hängt davon ab, welche Bakterienfamilie den größten Teil in der Bevölkerung ausmacht. Zur Wahl stehen Familien mit den schönen Namen *Bacteroides*, *Prevotella* oder *Ruminococcus*. Forscher fanden diese sogenannten *Enterotypen* bei Asiaten, Amerikanern und Europäern, egal, ob man alt oder jung war, männlich oder weiblich. Durch die Zugehörigkeit zu einem Darmtypen ist es zukünftig vielleicht möglich, auf eine ganze Reihe von Eigenschaften zu schließen: wie Soja-Verwertung, starke Nerven oder das Risiko, an bestimmten Krankheiten zu leiden.

Vertreter der traditionellen chinesischen Medizin besuchten damals das Institut in Heidelberg. Sie sahen eine Möglichkeit, ihre uralten Lehren mit moderner Medizin zu verknüpfen. In der klassischen chinesischen Medizin wird der Mensch seit jeher in drei Gruppen eingeteilt – je nachdem, wie er auf bestimmte Heilpflanzen wie etwa Ingwer anspricht. Die Bakterienfamilien unseres Körpers haben unterschiedliche Eigenschaften. Sie spalten Nahrung auf verschiedene Weise auf, stellen diverse Stoffe her und entgiften bestimmte Gifte. Außerdem könnten sie die Darmflora dadurch beeinflussen, dass sie jeweils andere Bakterien fördern oder bekriegen.

Bacteroides

Bacteroides sind die bekannteste Darmfamilie und bilden oft die größte Fraktion. Sie sind die Meister der Kohlenhydrataufspaltung und besitzen eine riesige Sammlung an genetischen Bauplänen, mit denen sie bei Bedarf jedes Aufspaltungsenzym herstellen können. Ob wir ein Steak essen, einen großen Salat oder betrunken an einer Bastmatte kauen – *Bacteroides* checken sofort, welche Enzyme sie brauchen. Egal, was kommt, sie sind dafür gewappnet, daraus Energie zu machen.

Durch ihre Fähigkeit, aus allem das Maximum herauszuholen und an uns weiterzugeben, sind sie unter Verdacht geraten, uns leichter Gewicht ansetzen zu lassen als andere. Tatsächlich scheinen *Bacteroides* Fleisch und gesättigte Fettsäuren zu mögen. In Därmen von Menschen, die gerne viel Wurst und Co. essen, kommen sie häufiger vor. Machen sie nun fett, oder kommen sie durch Fett? Diese Frage ist noch unbeantwortet. Wer *Bacteroides* beherbergt, hat vermutlich auch ein Faible für ihre Kollegen: die *Parabacteroides*. Die sind ebenfalls besonders geschickt dabei, möglichst viele Kalorien an uns weiterzugeben.

Dieser *Enterotyp* fällt unter anderem auch dadurch auf, dass er besonders viel Biotin produzieren kann. Andere Begriffe für Biotin sind auch Vitamin B7 oder Vitamin H. Vitamin H wurde es in den dreißiger Jahren getauft, weil es eine Hautkrankheit *heilen* kann, die durch den Verzehr von zu viel rohem Eiweiß auftritt. H wie »Heilen« ist vielleicht nicht besonders kreativ, aber irgendwie kann man es sich trotzdem immer merken.

Vitamin H neutralisiert einen Giftstoff, der sich in rohen Eiern befindet: Avidin. Die Hautkrankheit kommt nur deshalb zustande, weil man zu wenig Vitamin H hat. Zu wenig Vitamin H hat man, weil es damit beschäftigt ist, das Avidin zu neutralisieren. Der Genuss von rohem Eiweiß verursacht also Vitamin-H-Mangel, der dann wiederum zu einer Hautkrankheit führen kann.

Ich weiß nicht, wer damals so viel rohe Eier gegessen hat, dass man diesen Zusammenhang überhaupt erkennen konnte. Wer in Zukunft so viel Avidin essen könnte, dass es eng wird mit dem

Vitamin H, lässt sich schon eher beantworten: Schweine, die sich blöderweise in ein Feld mit Genmais verirrt haben. Um den Mais weniger anfällig für Schädlinge zu machen, hat man ihn mit Genen versetzt, mit deren Hilfe er Avidin herstellen kann. Verzehren Schädlinge oder naive Schweine den Mais, vergiften sie sich damit. Sobald man diesen Mais allerdings kocht, ist er in Sachen Avidin so genießbar wie gut durchgekochte Frühstückseier.

Dass unsere Darmmikroben einiges an Vitamin H herstellen können, weiß man auch deshalb, weil manche Leute mehr davon ausscheiden, als sie aufgenommen haben. Da keine menschliche Zelle es produzieren kann, bleiben nur noch unsere Bakterien als heimliche Fabrikanten übrig. Wir brauchen es nicht nur für »schöne Haut, glänzende Haare und feste Nägel«, wie das so manche Tablettenpackung im Drogeriemarkt nahelegt. Biotin ist an elementar wichtigen Stoffwechselprozessen beteiligt: Wir stellen damit Kohlenhydrate und Fette für unseren Körper her und bauen Proteine ab.

Ein Mangel an Biotin kann neben Störungen von Haut, Haaren und Nägeln beispielsweise auch depressive Stimmung, Schläfrigkeit, Infektanfälligkeit, Nervenstörungen und erhöhte Cholesterinwerte hervorrufen. Hier ein dickes ACHTUNG: Die Liste von Symptomen bei Vitaminmangel ist bei jedem Vitamin beeindruckend. Man kann sich ziemlich sicher immer angesprochen fühlen. Wichtig ist: Man kann auch mal einen Schnupfen haben und ein bisschen lethargisch sein, ohne gleich unter Biotinmangel zu leiden. Und man hat natürlich eher hohe Cholesterinwerte durch den Genuss von einer großen Portion Speck als nach einem leicht glibberigen Frühstücksei mit Avidin.

Wer allerdings zu einer Risikogruppe gehört, darf an Biotinmangel denken. Dazu zählt, wer über einen längeren Zeitraum Antibiotika einnimmt, zu viel Alkohol trinkt, wem ein Stück Dünndarm entnommen wurde, wer auf Dialyse angewiesen ist oder bestimmte Medikamente nehmen muss. Diese Menschen brauchen mehr Biotin, als sie über das Essen aufnehmen können. Eine »gesunde« Risikogruppe sind Schwangere: Babys ziehen Biotin wie alte Kühlschränke Strom.

Es ist noch in keiner Studie genau untersucht worden, in welchem Maß unsere Darmbakterien uns Biotin parat stellen. Wir wissen, dass sie es produzieren und bakterienfeindliche Substanzen, wie Antibiotika, zu einem Mangel führen können. Ob jemand mit dem *Enterotyp Prevotella* eher zu Biotinmangel neigt als ein *Bacteroides*-Besiedelter, wäre ein ziemlich spannendes Forschungsprojekt. Da wir allerdings erst seit 2011 von *Enterotypen* wissen, gibt es sicher noch ein paar Fragen, die vorher beantwortet werden wollen.

Bacteroides sind nicht nur dadurch so erfolgreich, dass sie einen guten »Output« haben, sie arbeiten auch Hand in Hand mit anderen zusammen. Es gibt Spezies, die sich allein dadurch im Darm halten, dass sie den Müll von *Bacteroides* wegräumen. *Bacteroides* können in einem aufgeräumten Umfeld besser arbeiten, und die Müllabfuhrwesen haben eine sichere Einkommensquelle. Eine Ebene weiter kommen die Komposter – sie verwerten den Müll nicht nur, sie stellen außerdem noch Produkte daraus her, die *Bacteroides* wieder benutzen können. Bei einigen Stoffwechselwegen schlüpfen *Bacteroides* aber auch selbst in die Rolle des Komposters: Brauchen sie mal ein Kohlenstoffatom, um irgendetwas umzubauen, greifen sie einfach in die Luft im Darm und holen es sich. Dabei werden sie immer fündig: Bei unserem Stoffwechsel fällt Kohlenstoff als Abfall an.

Prevotella

Die *Prevotella*-Familie ist oft das Gegenteil von den *Bacteroides.* Studien zufolge kommt sie häufiger bei Vegetariern vor, aber auch bei Menschen, die es mit dem Fleischkonsum nicht übertreiben, oder auch bei absoluten Fleischliebhabern. Was wir essen ist eben nicht der einzige Faktor, der bei der Besiedlung unseres Darms eine Rolle spielt. Dazu gleich mehr.

Auch die *Prevotella* haben bakterielle Kollegen, mit denen sie besonders gerne arbeiten: die *Desulfovibrionales*. Die haben oft lange Propellerfäden, mit denen sie sich fortbewegen können, und

sind ebenso wie *Prevotella* gut darin, unsere Schleimhaut nach brauchbaren Proteinen zu durchforsten. Diese Proteine können sie dann essen oder wer weiß was damit bauen. Beim Arbeiten der *Prevotella* fallen Schwefelverbindungen an. Den Geruch kennt man von gekochten Eiern. Würden die *Desulfovibrionales* nicht umherpropellern und schnell aufsammeln, was anfällt, stünden *Prevotella* bald irritiert in ihrem eigenen Schwefelsumpf herum. Ungesund ist dieses Gas übrigens nicht. Unsere Nase mag es nur vorsichtshalber nicht, weil es in tausendfacher Konzentration langsam gefährlich würde …

Ebenfalls schwefelhaltig und von einem interessanten Geruch begleitet ist das typische Vitamin dieses *Enterotyps*: *Thiamin*, oder auch Vitamin B1, eines der bekanntesten und wichtigsten Vitamine überhaupt. Unser Hirn braucht es nicht nur, um die Nervenzellen gut zu ernähren, sondern auch, um sie von außen mit einem elektrisch-isolierenden Fettmantel einzuhüllen. *Thiamin*-Mangel ist deshalb eine der möglichen Ursachen für zittrige Muskeln und Vergesslichkeit.

Menschen mit einem sehr starken Vitamin-B1-Mangel bekommen die Krankheit Beriberi. Sie wurde im asiatischen Raum schon 500 n. Chr. beschrieben. Beriberi heißt übersetzt »ich kann nicht, ich kann nicht« – gemeint ist, dass die Betroffenen aufgrund der geschädigten Nerven und des Muskelschwunds nicht mehr gerade laufen können. Inzwischen weiß man, dass polierter Reis kein Vitamin B1 enthält; bei sehr einseitiger Ernährung kann Vitamin-B1-Mangel innerhalb von wenigen Wochen zu ersten Symptomen führen.

Außer den Nerven- und Gedächtnisstörungen kann man bei einem weniger gravierenden Mangel leichter gereizt sein, häufig Kopfschmerzen oder Konzentrationsprobleme haben; im fortgeschrittenen Fall kann man zu Ödemen und Herzschwäche neigen. Aber auch hier gilt: Diese Probleme können sehr viele Ursachen haben. Sie sind eher bedenklich, wenn sie auffallend oft oder stark vorkommen, und sie beruhen selten ausschließlich auf Vitaminmangel.

Mangelsymptome helfen eher zu verstehen, woran die Vitamine generell beteiligt sind. Wer sich nicht ausschließlich von poliertem Reis oder Alkohol ernährt, ist in den allermeisten Fällen ganz gut versorgt. Dass unsere Darmbakterien uns bei unserer Versorgung unterstützen können, macht sie zu viel mehr als nur einem Haufen herumpropellernder Schwefelpupser – und das ist das Spannende.

Ruminococcus

An dieser Familie scheiden sich die Geister, zumindest die der Wissenschaftler. Einige, die die Existenz der *Enterotypen* selbst nachgeprüft haben, konnten nur *Prevotella* und *Bacteroides* finden, aber keine *Ruminococcus*-Gruppe. Andere schwören auf diese dritte, und wieder andere meinen, es gebe auch eine vierte, fünfte usw. Gruppe aus anderen Bakterienfamilien. So etwas kann einem ganz schön die Kaffeepause auf einem Kongress versauen.

Einigen wir uns darauf: Es könnte sein, dass diese Gruppe existiert. Vorgeschlagenes Lieblingsessen: pflanzliche Zellwand. Eventuelle Kollegen: *Akkermansia*-Bakterien, die Schleim abbauen und Zucker ziemlich schnell in sich aufsaugen. Als Substanz produzieren *Ruminococcen* Häm. Das braucht man im Körper zum Beispiel, wenn man Blut herstellt.

Einer, der Probleme bei der Hämproduktion hatte, war vermutlich Graf Dracula. In seiner Heimat Rumänien kennt man einen genetischen Defekt, der so aussieht: Unverträglichkeit von Knoblauch und Sonnenlicht sowie die Produktion von rotem Urin. Der rote Urin kommt daher, dass die Blutproduktion nicht funktioniert und der Betroffene unfertige Zwischenprodukte auspinkelt. Die Schlussfolgerung damals war allerdings: Wer rot pinkelt, hat vorher Blut getrunken. Heute werden Menschen mit dieser Krankheit behandelt und nicht Hauptdarsteller in einer Gruselgeschichte.

Auch wenn es keine *Ruminococcus*-Gruppe geben sollte, diese Bakterien kommen trotzdem in unseren Därmen vor. Deshalb schadet es nicht, dass wir jetzt schon mal etwas mehr über sie

wissen – und über Dracula und die Urin-Nuancen. Mäuse ohne jegliche Darmbakterien haben beispielsweise Probleme bei der Hämbildung; dass hierfür Bakterien wichtig sind, ist also kein völliger Irrsinn.

Jetzt haben wir die kleine Welt der Darmmikroben besser kennengelernt. Ihre Gene sind ein riesiger Pool ausgeliehener Fähigkeiten. Sie helfen uns damit beim Verdauen, stellen Vitamine her und andere nützliche Stoffe. Wir beginnen *Enterotyp*-Bündel zu packen und nach Mustern zu suchen. Wir tun das aus einem Grund: 100 Billionen kleine Lebewesen sitzen in unserem Bauch, und es liegt nahe, dass das nicht spurlos an uns vorbeigeht. Gehen wir einen Schritt weiter zu spürbaren Effekten und schauen uns genauer an, wie diese Darmbakterien bei unserem Stoffwechsel mitmischen, welche uns guttun und welche Schaden anrichten.

Die Rolle der Darmflora

Manchmal erzählen wir unseren Kindern große Lügen. Weil sie sehr schön sind, wie die vom bärtigen Mann, der einmal im Jahr allen Kindern etwas schenkt und dazu mit seinen aufgetunten Rentieren durch die Luft fliegt. Oder die vom Osterhasen, der im Garten Eier versteckt. Manchmal merken wir gar nicht, wenn wir nicht die Wahrheit sagen. Wie bei dem typischen Fütterritual: »Ein Löffel für die Tante. Ein Löffel für den Onkel. Einen für die Mama, einen für die Oma …« Würde man sein Baby wissenschaftlich korrekt beim Füttern unterhalten wollen, müsste man sagen: »Ein Löffel für dich, Baby. Ein geringer Teil des nächsten Löffels für deine *Bacteroides*-Bakterien. Ein ebenfalls geringer Teil für deine *Prevotella*-Bakterien. Und dann noch ein ganz winziger Teil für einige andere Mikroorganismen, die gerade in deinem Bauch sitzen und auf ihr Essen warten.« Man könnte auch noch den mitfütternden Mikrokollegen im Bauch einen freundlichen Gruß ausrichten. *Bacteroides* und Co. helfen beim Ernähren unseres Babys nämlich fleißig mit. Und das nicht nur im Säuglingsalter. Auch der erwachsene Mensch wird von seinen Darmbakterien häppchenweise zurückgefüttert. Darmbakterien bearbeiten Nahrungsmittel, die wir sonst nicht aufspalten könnten, und teilen die Überbleibsel mit uns.

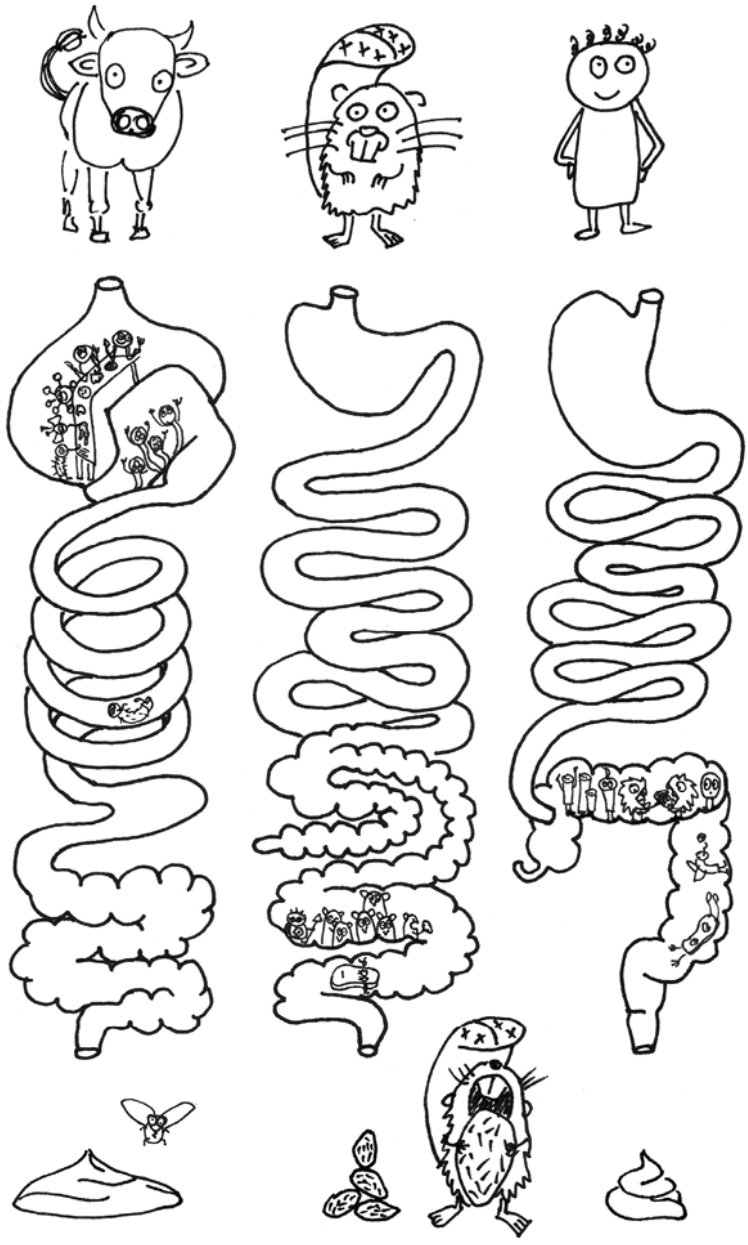
Die Überlegung, ob Darmbakterien unseren Stoffwechsel insgesamt beeinflussen und so auch unser Gewicht mitregulieren, ist gerade mal ein paar Jahre alt. Zuerst zum Basiskonzept: Wenn Bakterien bei uns mitessen, dann klauen sie nichts von uns. Darmbakterien halten sich kaum dort im Dünndarm auf, wo wir selbst unsere Nahrung aufspalten und absorbieren. Die höchsten Bakterienkonzentrationen sind dort, wo das Verdauen schon beinahe vorüber ist und nur noch das Unverdaute durchtransportiert wird. Je näher man vom Dünndarm zum Darmausgang kommt, umso mehr Bakterien befinden sich pro Quadratzentimeter auf der Darmschleimhaut. Diese Verteilung soll

auch so bleiben, dafür sorgt unser Darm. Ist das Gleichgewicht gestört, und die Bakterien wandern übermütig und in großer Zahl in den Dünndarm, nennt man das »bacterial overgrowth«, also bakterielle Überbesiedlung. Symptome und Folgen dieses noch relativ unerforschten Krankheitsbildes können starke Blähungen, Bauchschmerzen, Gelenkschmerzen, Darmentzündungen oder auch Nährstoffmangel und Blutarmut sein.

Bei Wiederkäuern wie Kühen ist das genau andersherum organisiert. Diese doch recht großen Tiere halten sich ziemlich gut dafür, dass sie lediglich Gras und andere Pflanzen verspeisen. Kein anderes Tier würde Veganer-Witze über sie reißen. Ihr Geheimnis? Kühe haben ihre Bakterien sehr weit oben im Verdauungsschlauch sitzen. Sie versuchen noch nicht mal zuerst selbst zu verdauen, sondern übergeben die komplizierten pflanzlichen Kohlenhydrate gleich *Bacteroides* und Co. Diese bereiten daraus ein leicht verdauliches Festmahl.

Wenn man seine Bakterien so weit oben im Verdauungsschlauch sitzen hat, ist das praktisch. Bakterien sind proteinreich – also essenstechnisch gesehen kleine Steaks. Wenn sie im Kuhmagen ausgedient haben, rutschen sie abwärts und werden dort verdaut. Die Kuh hat damit eine großartige Proteinquelle: winzige Mikrobensteaks aus eigener Zucht. Unsere Darmbakterien sitzen für diesen praktischen Steak-Service zu weit hinten im Darm – wir scheiden sie unverdaut aus.

Nagetiere tragen ihre Mikroben auch so weit hinten wie wir, lassen sich die Bakterienproteine aber nur ungerne entgehen. Sie essen daher einfach ihren Kot. Wir tun das nicht und gehen stattdessen in den Supermarkt und kaufen Fleisch oder Tofu – als Ausgleich dafür, dass wir die proteinreichen Bakterien im Dickdarm nicht verwerten können. Von ihrer Arbeit profitieren wir allerdings auch, selbst wenn wir sie nicht verdauen: Bakterien stellen so kleine Nährstoffe her, dass wir diese durch unsere Darmzellen aufnehmen können.



Das können sie im Übrigen auch schon außerhalb des Darmes tun. Joghurt ist nichts anderes als von Bakterien vorverdaute Milch. Der Milchzucker (Laktose) wird zu großen Teilen aufgespalten und zu Milchsäure (Laktat) und kleineren Zuckermolekülen umgewandelt. Das macht Joghurt insgesamt saurer und süßer als Milch. Die neugebildete Säure hat noch einen weiteren Effekt: Durch sie gerinnt das Milcheiweiß, und das macht die Milch fester. Deshalb hat Joghurt auch eine andere Konsistenz. Vorverdaute Milch (Joghurt) spart unserem Körper Arbeit – wir müssen nur noch weiterverdauen.

Dabei ist es klug, wenn wir solche Bakterien vorverdauen lassen, die besonders gesunde Endprodukte herstellen. Joghurthersteller mit milder Achtsamkeit setzen daher oft Bakterien ein, die mehr »rechtsdrehende« Milchsäure herstellen als »linksdrehende«. Linksdrehende Milchsäure ist ein Molekül, das genau spiegelverkehrt ist zum rechtsdrehenden Milchsäuremolekül. Das ist für unsere menschlichen Verdauungsenzyme wie eine Linkshänder-Schere für routinierte Rechtshänder: schwer bekömmlich. Deshalb greift man im Supermarkt besser zu dem Joghurt, auf dessen Inhaltsliste so etwas steht wie: »… enthält vorwiegend rechtsdrehende Milchsäure«.

Bakterien zerlegen unser Essen nicht einfach nur, sie stellen dabei auch ganz neue Stoffe her. Ein Weißkohl zum Beispiel hat weniger Vitamine als das Sauerkraut, das später aus ihm wird – Bakterien stellen die zusätzlichen Vitamine her. Im Käse sind Bakterien und Pilze für Geschmack, cremige Substanz und Käselöcher verantwortlich. Und in Lyoner oder Salami werden oft sogenannte Starterkulturen hineingegeben. Starterkulturen ist das Wort für: »Wir trauen es uns kaum zu sagen, aber die Bakterien (vor allem *Staphylokokken*) machen es erst köstlich.« An Wein oder Wodka schätzen wir ein Stoffwechsel-Endprodukt von Hefen namens Alkohol. Die Arbeit der Kleinstlebewesen endet aber bei weitem nicht im Weinfass. Fast alles, was ein Weinverkoster Ihnen erzählt, findet sich so nicht in der Weinflasche. Verzögerte Geschmäcke wie der »Abgang vom Wein« sind deshalb verzögert, weil Bakterien für ihre Arbeit Zeit brauchen. Sie sitzen auf dem

hinteren Bereich unserer Zunge und bauen schon dort das Essen und Trinken um. Was dabei von ihnen freigesetzt wird, gibt einen Nachgeschmack. Jeder Gourmet-Weinkenner wird ein bisschen anders schmecken – abhängig von den individuellen Zungenbakterien. Trotzdem nett, dass er uns von seinen Mikroben erzählt. Wer tut das heutzutage schon so stolz?

In unserem Mund lebt etwa ein Zehntausendstel der Bakterien, die es im Darm gibt, und trotzdem schmecken wir ihre Arbeit schon. Unser Verdauungsschlauch kann sehr dankbar dafür sein, dass er ein so großes Volk mit den unterschiedlichsten Fähigkeiten besitzt. Während einfache Glucose oder Fruchtzucker an sich noch gut verdaulich ist, machen viele Därme bei Laktose, also Milchzucker, schon schlapp. Ihre Besitzer leiden dann unter Laktose-Unverträglichkeit. Bei komplizierten pflanzlichen Kohlenhydraten wäre ein Darm völlig aufgeschmissen, müsste er für jedes davon das passende Aufspalte-Enzym parat haben. Unsere Mikroben sind Experten für diese Substanzen. Wir geben ihnen Unterkunft und Essensreste – und sie beschäftigen sich mit dem Kram, der zu kompliziert für uns ist.

Westliche Ernährung besteht zu 90 Prozent aus der Nahrung, die man isst, und zu 10 Prozent aus dem, was unsere Bakterien uns täglich füttern. Nach neun Mittagessen geht der nächste Hauptgang sozusagen aufs Haus. Erwachsenenfütterung ist eine Hauptbeschäftigung für manche unserer Bakterien. Dabei ist es überhaupt nicht egal, was wir essen – und auch nicht egal, welche Bakterien uns füttern. Anders formuliert: Wenn es um das Thema Gewicht geht, sollte man nicht nur an fette Kalorien denken, sondern auch an die Bakterienwelt, die immer mit am Essenstisch sitzt.

Wie können Bakterien dick machen? Drei Hypothesen

1.

Die Darmflora beinhaltet zu viele Moppelbakterien. Moppelbakterien sind effiziente Kohlenhydrat-Aufspalter. Nehmen die Moppelbakterien überhand, haben wir ein Problem. Schlanke Mäuse scheiden einen bestimmten Teil unverdaulicher Kalorien aus – ihre dicken Kollegen deutlich weniger. Ihre Moppel-Darmflora holt aus demselben Essen das letzte Fitzelchen heraus und füttert es frohgemut Herrn/Frau Maus. Auf den Menschen übertragen, kann das heißen: Manche kriegen lästige Fettpolster, obwohl sie nicht mehr essen als andere – ihre Darmflora holt eventuell einfach mehr aus dem Essen heraus.

Wie ist das möglich? Aus unverdaulichen Kohlenhydraten können Bakterien verschiedene Fettsäuren herstellen: gemüseliebende Bakterien machen eher Fettsäuren für Darm und Leber, andere Bakterien produzieren Fettsäuren, die auch noch den Rest unseres Körpers mitfüttern. Eine Banane kann deshalb weniger dick machen als ein halber Schokoriegel mit derselben Kalorienanzahl – pflanzliche Kohlenhydrate erregen eher die Aufmerksamkeit der Lokalversorger als die der Ganzkörper-Fütterer.

Bei Studien mit übergewichtigen Menschen hat man festgestellt, dass in ihrer Darmflora insgesamt weniger Vielfalt herrscht und bestimmte Bakteriengruppen überwiegen, die vor allem Kohlenhydrate verstoffwechseln. Damit man erfolgreich übergewichtig wird, müssen aber noch ein paar andere Faktoren gegeben sein. Bei Experimenten mit Labormäusen wogen einige 60 Prozent mehr als zu Beginn. So etwas schaffen »Fütterer« alleine nicht. Man zog deshalb einen anderen Marker für starkes Übergewicht heran: Entzündung.

2.

Bei Problemen mit dem Stoffwechsel wie Übergewicht, Diabetes und hohen Blutfettwerten kann man meistens leicht erhöhte Entzündungsmarker im Blut finden. Die Werte sind nicht so hoch, dass man sie behandeln müsste wie etwa bei einer großen Wunde

oder einer Blutvergiftung. Man nennt das Phänomen deshalb »subklinische Entzündung«. Wenn es jemanden gibt, der sich mit Entzündungen auskennt, dann Bakterien. Auf ihrer Oberfläche befindet sich ein Signalstoff, der dem Körper sagt: »Entzünde dich!«

Bei Wunden ist dieser Mechanismus hilfreich: Durch die Entzündung werden die Bakterien ausgeschwemmt und bekämpft. Solange Bakterien in ihrer Schleimhaut im Darm bleiben, interessiert der Signalstoff niemanden. Unter unguten Bakterienkombinationen und bei zu fettiger Nahrung kommt zu viel davon ins Blut. Unser Körper begibt sich in einen leichten Entzündungsmodus. Ein paar Fettreserven für harte Zeiten können da nicht schaden.

Signalstoffe der Bakterien können auch an anderen Organen andocken und den Stoffwechsel beeinflussen: In Nagetieren und Menschen binden sie an der Leber oder dem Fettgewebe selber und fördern, dass hier Fett eingelagert wird. Interessant ist auch die Wirkung an der Schilddrüse – bakterielle Entzündungsstoffe erschweren dort die Arbeit, so dass weniger Schilddrüsenhormone gebildet werden können. Dadurch wird die Fettverbrennung träger.

Anders als starke Infekte, die den Körper auszehren und dünner werden lassen, macht die subklinische Entzündung dick. Um dem Ganzen noch eins draufzusetzen: Nicht nur Bakterien können subklinische Entzündung verursachen – hormonelles Ungleichgewicht, zu viel Östrogene, Vitamin-D-Mangel oder auch zu viel glutenhaltiges Essen wurden ebenfalls als mögliche Ursachen beobachtet.

3.

Achtung: abgefahren! Eine 2013 postulierte Hypothese lautet: Darmbakterien können den Appetit ihrer Besitzer beeinflussen. Grob gesagt: Heißhungerattacken um 22 Uhr auf mit Schokolade überzogene Karamellbomben und hinterher noch eine Tüte Salzbrezeln entspringen nicht immer demselben Organ, das unsere

Steuererklärung ausrechnet. Nicht im Hirn, sondern in unserem Bauch sitzt eine Bakterienfraktion, die nach Hamburgern schmachtet, wenn sie die letzten drei Tage von einer Diät heimgesucht wurde. Irgendwie macht sie das auf besonders charmante Art und Weise, denn wir können ihr kaum einen Wunsch abschlagen.

Um diese Hypothese zu verstehen, muss man sich in die Materie »Essen« hineindenken. Wenn wir die Wahl zwischen verschiedenen Gerichten haben, entscheiden wir meistens nach Lust und Laune. Wie viel wir anschließend davon essen, wird vom Sattheitsgefühl bestimmt. Bakterien haben theoretisch Mittel und Wege beides zu beeinflussen: Lust und Sattheit. Dass sie auch ein Wörtchen mitreden, wenn es um unseren Appetit geht, kann man, wie gesagt, momentan nur vermuten. Ganz doof wäre es allerdings nicht – was und wie viel wir essen, kann in ihrer Welt Leben oder Tod bedeuten. In drei Milliarden Jahren Ko-Evolution hatten auch einfache Bakterien Zeit, sich optimal auf ihre Menschenwelt einzustellen.

Um Lust auf bestimmtes Essen zu erzeugen, muss man in das Gehirn gelangen. Und das ist schwer. Das Gehirn ist eingepackt in eine feste Hirnhaut. Noch viel dichter als diese Haut sind Mäntel, die um alle Gefäße gelegt sind, die das Gehirn durchziehen. Durch diesen Wust kommen nur purer Zucker und Mineralstoffe und alles, was so klein und fettlöslich ist wie ein neuronaler Signalstoff. Nikotin zum Beispiel darf rein und Belohnungsgefühle oder entspannte Wachheit auslösen.

Bakterien können solche kleinen Dinge herstellen, die trotz der Blutgefäßmäntel in das Hirn gelangen. Zum Beispiel *Tyrosin* und *Tryptophan*. Diese beiden Aminosäuren werden in Hirnzellen zu Dopamin und Serotonin umgewandelt. Dopamin? Na, hallo, wenn da nicht das Stichwort »Belohnungszentrum« aufkommt. Serotonin? Hat man auch schon mal gehört. Zu wenig davon bei Depression. Es kann zufrieden und schläfrig machen. Jetzt bitte einmal an das letzte große Weihnachtsessen denken. Auch zufrieden, träge und schläfrig auf dem Sofa dahingeschlummert?

Die Theorie ist also: Unsere Bakterien belohnen uns, wenn sie eine ordentliche Ladung Essen bekommen haben. Das ist angenehm und macht Lust auf bestimmte Mahlzeiten. Nicht nur pur durch ihre Stoffe, sondern auch dadurch, dass sie unsere eigenen Transmitter ankurbeln. Dieses Prinzip gilt auch bei der Sattheit.

In mehreren Studien konnte man zeigen, dass unsere eigenen Sattheits-Signalstoffe deutlich stärker ansteigen, wenn wir bakteriengerecht essen. Bakteriengerecht bedeutet: Dinge zu uns zu nehmen, die unverdaut im Dickdarm ankommen und dort von den Bakterien gegessen werden können. Nudeln und Toastbrot gehören überraschenderweise nicht dazu ;-) Mehr dazu auf Seite 263 (unter *Präbiotika*).

Sattheit wird generell von zwei Seiten signalisiert: einmal vom Gehirn und außerdem vom restlichen Körper. Hier kann schon viel schiefgehen: Gene für Sattheit können bei übergewichtigen Menschen fehlerhaft sein; sie schaffen es einfach nicht, ein Sattheitsgefühl hervorzurufen. Nach der Theorie des »egoistischen Gehirns« bekommt das Gehirn nicht genug von der Nahrung ab und entscheidet deshalb, dass es noch nicht satt ist. Aber nicht nur Körpergewebe und Denkorgan sind von unserem Essen abhängig – auch unsere Mikroben wollen ernährt werden. Sie wirken verhältnismäßig klein und unbedeutend – 2 Kilo Bakterien in einem Darm. Was haben die schon zu melden?

Wenn wir uns überlegen, wie viele Funktionen unsere Darmflora hat, scheint es einleuchtend, dass auch sie ihre Wünsche äußern kann. Ihre Bakterien sind schließlich wichtigste Trainer des Immunsystems, Verdauungshelfer, Hersteller von Vitaminen und Meister bei der Entgiftung von Schimmelbrot oder Medikamenten. Die Liste ist natürlich noch länger – die Aussage sollte aber hier schon klar sein: Ein Mitspracherecht bei der Sattheit dürfte drin sein.

Unklar ist noch, ob bestimmte Bakterien unterschiedliche Gelüste äußern. Wer eine lange Zeit keine Süßigkeiten isst, vermisst sie irgendwann nicht mehr so sehr. Wurde da etwa die Schoko- und Gummibärchenlobby ausgehungert? Wir können hier nur mutmaßen.

Vor allem darf man sich den Körper nicht als zweidimensionales Effekt-Wirkungs-Gebilde vorstellen. Hirn, Restkörper, Bakterien und Nahrungsbestandteile interagieren vierdimensional. Alle Achsen besser zu verstehen bringt uns sicher am meisten weiter. An den Bakterien können wir allerdings schon besser rumschrauben als an unserem Gehirn oder unseren Genen – und das macht sie so spannend. Was Bakterien uns füttern, ist nicht nur interessant für Bauchspeck und Oberschenkel-Pölsterchen; sie spielen zum Beispiel mit, wenn es um Blutfettwerte wie Cholesterin und Co. geht. In dieser Erkenntnis liegt einige Brisanz: Übergewicht und hoher Cholesterinspiegel sind mit den großen Gesundheitsproblemen unserer Zeit verknüpft: Bluthochdruck, Arteriosklerose und Diabetes.

Cholesterin und Darmbakterien

Der Zusammenhang von Bakterien und Cholesterin wurde erstmals in den siebziger Jahren entdeckt. Amerikanische Forscher hatten Massai-Krieger in Afrika untersucht und sich über ihre niedrigen Cholesterinspiegel gewundert, denn: Diese Krieger aßen praktisch nichts außer Fleisch und tranken Milch wie Wasser. Dieses Übermaß an tierischem Fett führte allerdings nicht zu hohen Blutfettwerten. Die Wissenschaftler vermuteten einen geheimnisvollen Milchstoff, der den Cholesterinspiegel niedrig halten könnte.

In der Folgezeit unternahmen sie alles, um diesen Milchstoff zu finden. Neben Kuh- wurden auch Kamel- und Rattenmilch getestet. Mal klappte es, den Cholesterinspiegel zu senken, mal nicht. Mit diesem Ergebnis konnten die Forscher nichts anfangen. In einem anderen Versuch wurde den Massai statt Milch ein pflanzlicher Ersatz (Coffeemate) mit hohem Cholesterinzusatz verabreicht – der Cholesterinspiegel der Probanden stieg trotzdem nicht. Dies sahen Wissenschaftler als die Widerlegung ihrer Milch-Hypothese an.

Dabei hatten sie fein säuberlich notiert, dass die Massai ihre Milch oft »geronnen« tranken. Dass es aber bestimmte Bakterien

braucht, um Milch gerinnen zu lassen, daran dachte niemand. Es wäre auch eine logische Erklärung des Coffeemate-Versuchs gewesen. Vorher angesiedelte Bakterien können im Darm schließlich auch weiterleben, wenn man auf pflanzliche Ersatzmilch mit Cholesterin umsteigt. Selbst als Massai ihre Cholesterinspiegel um 18 Prozent senkten, wenn sie »geronnene« statt normaler Milch tranken, suchte man noch immer den mysteriösen Milchstoff. Blinder Fleiß ohne Erfolg.

Diese Studien an den Massai würden heutigen Ansprüchen nicht mehr genügen. Die Versuchsgruppen waren sehr klein. Massai laufen täglich etwa 13 Stunden und durchleben jedes Jahr auch Monate des Fastens – man kann sie nicht einfach mit Fleisch essenden Europäern vergleichen. Allerdings wurden die Ergebnisse dieser Studien Jahrzehnte später wiederentdeckt. Von Forschern, die mittlerweile ein Bakterien-Bewusstsein hatten. Cholesterinsenkende Bakterien? Warum nicht mal im Labor ausprobieren: einen Kolben mit Nährstoffbrühe, bei angenehmen 37 °C, Cholesterin rein und Bakterien dazu – et voilà. Das verwendete Bakterium war *Lactobacillus fermentus*, und das beigefügte Cholesterin war … weg. Zumindest ein beachtlich großer Teil davon.

Experimente können sehr unterschiedlich ausgehen – je nachdem, ob man sie in einem Glaskolben oder in *Opisthokonta* durchführt. Es ist dann eine Achterbahnfahrt der Gefühle, wenn ich in wissenschaftlichen Artikeln Sätze lese wie: »Das Bakterium L. plantarum Lp91 kann hohe Cholesterinspiegel und andere Blutfettwerte deutlich senken, steigert das gute HDL und führt zu deutlich geringeren Arteriosklerose-Raten, *wie man erfolgreich an 112 syrischen Goldhamstern zeigen konnte*.« Noch nie war ich von syrischen Goldhamstern so enttäuscht. Versuche an Tieren sind der erste Weg, Experimente im lebenden System zu testen. Stünde da »wie man erfolgreich an 112 übergewichtigen Amerikanern zeigen konnte«, wäre die Sache wesentlich eindrucksvoller.

Ein solches Ergebnis ist trotzdem viel wert. Studien an Mäusen, Ratten und Schweinen haben für manche Bakterienarten so gute Ergebnisse gezeigt, dass man es sinnvoll fand, sie auch an

Menschen durchzuführen. Ihnen wurden regelmäßig Bakterien eingeflößt, und nach gewisser Zeit wurde ihr Cholesterinspiegel gemessen. Die dafür benutzten Bakterienarten, die Mengen, die Dauer oder auch die Art der Einnahme waren oft völlig unterschiedlich. Mal waren die Studien erfolgreich, mal nicht. Darüber hinaus wusste niemand de facto, ob überhaupt genug der verabreichten Bakterien die Magensäure überlebten, um den Cholesterinspiegel zu beeinflussen.

Wirklich schöne Studien gibt es erst seit wenigen Jahren. 2011 nahmen 114 Kanadier für eine Studie zwei Mal täglich speziell angefertigten Joghurt zu sich. Das beigefügte Bakterium war *Lactobacillus reuteri* – in einer besonders verdauungsresistenten Form. Innerhalb von sechs Wochen sank das schlechte LDL-Cholesterin durchschnittlich um 8,91 Prozent. Das ist etwa die Hälfte des Effekts, der durch die Einnahme eines milden Cholesterin-Medikaments erreicht wird – nur ohne Nebenwirkungen. In anderen Studien konnten mit anderen Bakterienstämmen Cholesterinwerte sogar um 11 bis 30 Prozent gesenkt werden. Es fehlen noch Folgestudien, um die erfolgreichen Ergebnisse zu überprüfen.

Es gibt mehrere hundert Bakterienkandidaten, die man in Zukunft ausprobieren könnte. Um sie herauszufiltern, muss man sich fragen: Welche Fähigkeiten muss so ein Bakterium haben – oder besser gesagt: welche Gene? Der Hauptkandidat dafür sind zurzeit BSH-Gene. BSH steht für »Bile Salt Hydroxylase«. Das bedeutet: Bakterien mit diesen Genen können Gallensalze umbauen. Was haben Gallensalze mit Cholesterin zu tun? Die Antwort steckt im Namen. Cholesterin besteht aus den Wortbausteinen »Chol« für Galle und »stereos« für fest. Als man Cholesterin das erste Mal entdeckte, fand man es in Gallensteinen. Die Galle ist in unserem Körper das Transportmittel für Fette und Cholesterin. Durch BSH können Bakterien die Galle so bearbeiten, dass sie schlechter funktioniert. Das gelöste Cholesterin und das Fett in der Galle werden bei der Verdauung dann auch nicht mehr aufgenommen und wandern, plump gesagt, ins Klo. Für Bakterien ist dieser Mechanismus hilfreich. Sie entkräften damit die Galle, die

ihre Zellmembran angreifen kann, und schützen sich dadurch, bis sie es endlich in den Dickdarm geschafft haben. Es gibt aber auch noch eine Handvoll anderer Mechanismen, wie Bakterien mit Cholesterin umgehen: Sie können es direkt aufnehmen und in ihre eigenen Zellwände einbauen; sie können es zu einem neuen Stoff umwandeln oder Organe manipulieren, die Cholesterin herstellen. Das meiste Cholesterin wird in der Leber und im Darm hergestellt: Hier können kleine Botenstoffe von Bakterien die Arbeit mitregulieren.

Jetzt sollte man ein bisschen vorsichtig sein und erst mal fragen: Will der Körper sein Cholesterin denn immer ausscheiden? Er stellt 70 bis 95 Prozent unseres Cholesterins selber her – und das ist viel Arbeit! Dank der einseitigen Medienpräsenz könnte man meinen, Cholesterin wäre per se schlecht. Das ist ziemlich falsch. *Zu viel* Cholesterin ist nicht so dufte, *zu wenig* aber auch nicht. Ohne Cholesterin hätten wir keine Sexualhormone, instabile Zellen und kein Vitamin D. Fett und Cholesterin ist nicht nur ein Thema für Oma Heide, die so gerne Törtchen und Würstle nascht. Es geht uns alle an. Zu wenig Cholesterin wird in Studien assoziiert mit Gedächtnisproblemen, Depression und aggressivem Verhalten.

Cholesterin ist der fabelhafte Grundstoff, mit dem wichtige Dinge gebaut werden können. Zu viel davon ist tatsächlich schädlich – es kommt eben auf das richtige Gleichgewicht an. Unsere Bakterien wären nicht unsere Bakterien, wenn sie uns dabei nicht helfen könnten. Manche Bakterien stellen mehr sogenanntes *Propionat* her, das die Cholesterinbildung hemmt. Andere produzieren mehr *Acetat*, das die Cholesterinbildung antreibt.

Hätten wir das gedacht? Dass wir in einem Kapitel, das mit kleinen, leuchtenden Bakterienpunkten anfängt, irgendwann bei Worten wie »Lust und Sattheit« oder »Cholesterin« ankommen? Ich fasse zusammen: Bakterien füttern uns mit, machen Stoffe verdaulicher und stellen eigene Stoffe her. Einige Wissenschaftler vertreten mittlerweile die Theorie, dass unsere Darm-Mikrobiota als ein Organ gesehen werden kann. Genauso wie die anderen Organe unseres Körpers hat es einen Ursprung, entwickelt sich mit

uns, besteht aus einem Haufen Zellen und ist ständig verbunden mit seinen Organkollegen.

Übeltäter – schlechte Bakterien und Parasiten

Es gibt Gutes und Schlechtes in der Welt – auch in der unserer Mikroben. Das Schlechte hat meistens eine Gemeinsamkeit: Es will eigentlich nur das Beste … für sich selbst.

Salmonellen mit Hüten

Beim Aufschlagen von Eiern überkommt den mutigen Küchenpionier manchmal eine Art Urangst vor einer rohen Bedrohung: Salmonellen! Jeder kennt wohl eine oder zwei Personen, denen das nicht ganz durchgebratene Hähnchen oder das Naschen von rohem Teig unendliche Arien aus Durchfall und Erbrechen beschert hat.

Salmonellen können auf unerwarteten Wegen an unser Essen kommen. Einige gelangen zum Beispiel durch die Globalisierung an Hühnerfleisch und Eier. Das funktioniert so: Futtergetreide für Hühner bekommt man selten so günstig wie aus Afrika. Also importieren wir es. In Afrika gibt es aber mehr freilaufende Schildkröten und Echsen als in Deutschland. Salmonellen reisen deshalb mit dem Getreide zusammen zu uns. Warum? Diese Bakterien sind normale Bestandteile der Darmflora bei Reptilien. Während also die Schildkröte entspannt ihren Haufen in das deutsch-outgesourcte Getreide setzt, ist der afrikanische Bauer schon auf dem Weg zum Ernten. Nach einer entspannten Schiffsreise vorbei am europäischen Kontinent kommt das Getreide samt Panzertierhäufchen-Bakterien in deutschen Zuchtbetrieben an und wird von einem hungrigen Huhn gegessen. Bei Hühnern sind Salmonellen nicht Bestandteil der natürlichen Darmflora, sondern oftmals Krankheitserreger.

So gelangen sie in den Darm der Tiere, können sich dort vermehren und werden dann vom Huhn ausgeschieden. Da Hühner nur ein Loch für jegliche Exportartikel aus ihrem Körper haben, kommt das Ei zwangsläufig mit den Salmonellen aus dem Hühnerkot in Kontakt. Deshalb sind Salmonellen zunächst nur auf der Schale von Eiern; sie kommen erst in ein Ei hinein, wenn die Schale irgendwo kaputt ist.

Aber wie kommen Salmonellen jetzt noch vom Darm in das Hühnerfleisch? Das ist eine unschöne Angelegenheit. Billig gefütterte Hühner werden in der Regel zu großen Schlachtbetrieben gefahren. Dort werden sie nach dem Töten und Entfernen des Kopfes durch große Wasserbecken gezogen. Diese Becken sind dann sozusagen Salmonellen-Wellness-Gebiet inklusive Darmeinlauf für das Huhn. In einem Betrieb, in dem täglich 200 000 Hühner geschlachtet werden, reicht eine Ladung Billigfutter-Hühner aus, um den Rest der Kollegen reich mit Salmonellen zu beschenken. Solche Hühner landen später gerne als günstige Tiefkühlware in Discountern. Wenn man sie schön heiß brät oder kocht, sind alle Salmonellen hinüber und können einem völlig egal sein.

Gut durchgegartes Fleisch ist in den meisten Fällen nicht der Grund einer Salmonelleninfektion. Problematisch wird es erst, wenn man das Tiefkühlhähnchen gemütlich im Spülbecken oder dem Salatsieb auftauen lässt. Bakterien lassen sich nämlich super einfrieren und dann wieder auftauen. Die riesige Bakterienbibliothek in unserem Labor besteht aus einer Sammlung kurioser Patientenkeime, die locker Temperaturen von –80 °C überstanden hat und auch nach dem Auftauen fröhlich weiterlebt. Erst bei Hitze gehen sie kaputt – schon zehn Minuten bei 75 °C reichen aus, um alle Salmonellen auszuknocken. Deshalb wird einem auch nicht das aufmerksam durchgebratene Hähnchen zum Verhängnis, sondern der in derselben Spüle kurz abgelegte Salat.

Dass wir regelmäßig mit der Darmflora unserer Nutztiere in Kontakt kommen, merken wir also erst, wenn mal völlig fremde Durchfallbakterien dabei sind. Alles andere ist sozusagen Alltag, irgendwoher müssen wir unsere Bakterien ja auch beziehen. Wenn

man brav bei ländlichen Bio-Eiern mit Futter aus eigenem Anbau bleibt, ist man tendenziell etwas sicherer vor gefährlicheren Bakterien – außer der Bauer selbst isst gerne Discounter-Huhn.

Hat es wirklich mal nicht hingehauen mit der Huhnzubereitung, essen wir nebst Hühnermuskelzellen auch noch ein paar Salmonellenzellen. Es braucht zwischen 10 000 und einer Million von diesen Einzellern, um uns außer Gefecht zu setzen. Eine Million dieser Bakterien sind so groß wie das Fünftel eines Salzkorns. Wie schafft dieses winzige Soldatenheer, uns als riesigen Koloss mit einem Volumen von etwa 600 000 000 Salzkörnern zur Kloschüssel zu bewegen? Das ist, als würde ein einzelnes Haar von Obama über alle Amerikaner regieren.

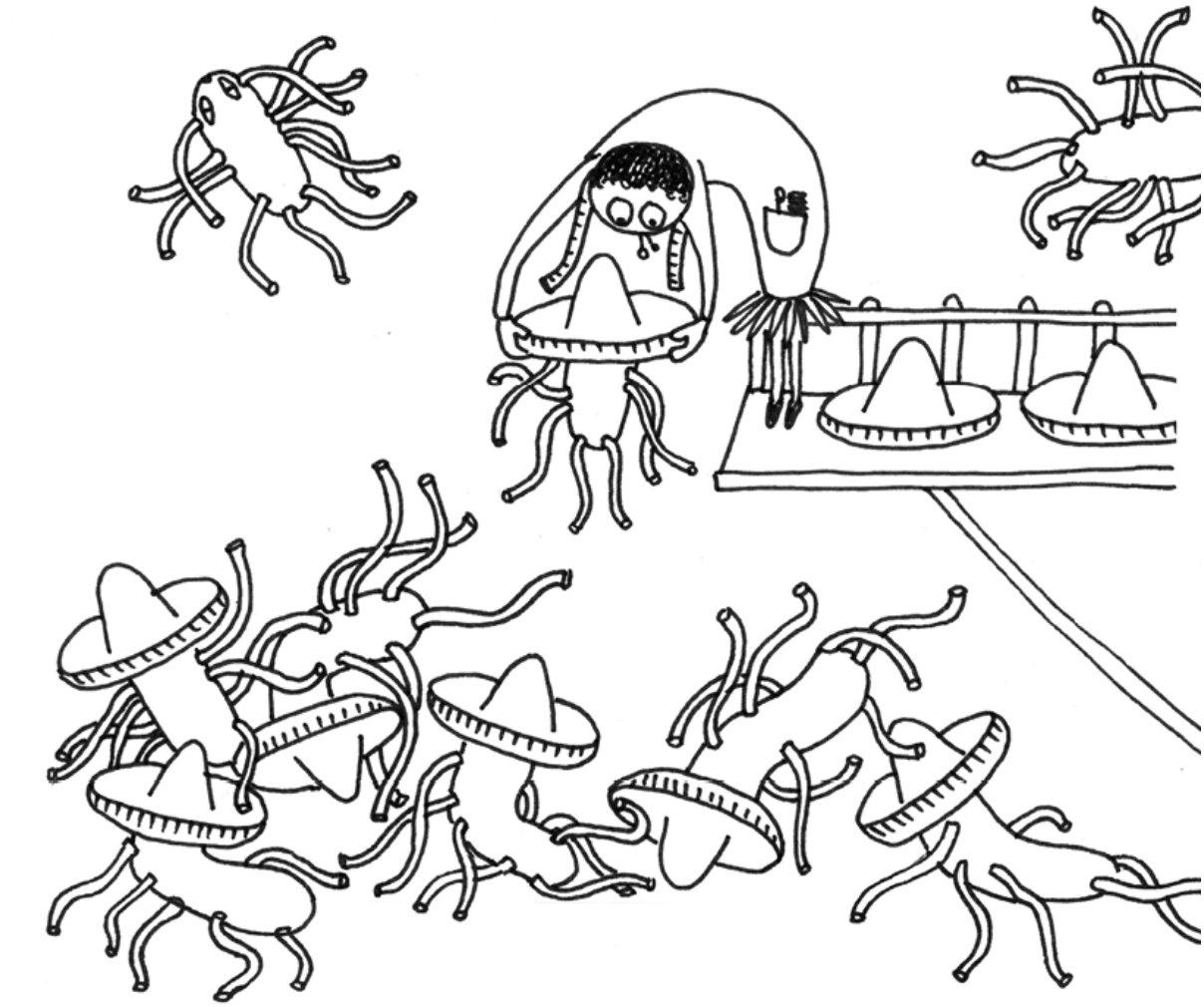
Salmonellen verdoppeln sich sehr viel schneller als Haare – das ist Punkt eins. Sobald Temperaturen von über 10 °C herrschen, erwacht die Salmonelle aus dem Winterschlaf und wächst fleißig. Sie hat viele filigrane Schwimmarme, mit denen sie umherfährt, bis sie an der Darmhaut andockt und sich dort festhängt. Von dort dringt sie in unsere Zellen ein, diese entzünden sich und schleusen jede Menge Flüssigkeit aus den Zellen in den Darm, um diesen Erreger so schnell wie möglich auszuspülen.

Von zufälliger Einnahme bis wasserreicher Ausschleusung vergehen wenige Stunden bis ein paar Tage. Ist man nicht zu klein, zu alt oder zu geschwächt, dann funktioniert so eine Selbstausspülung gut, Antibiotika würden mehr schaden als nutzen. Dennoch sollte man seinen Darm unterstützen und alles tun, um die Salmonellen fies auszugrenzen. Weder nach dem Toilettengang noch nach einer vollgekotzten Plastiktüte darf man sie an der Hand nehmen und ihnen das Leben da draußen zeigen. Man muss sie eiskalt knallheiß mit Seife und Wasser abspülen und ihnen damit klarmachen: Es liegt nicht an dir, es liegt an mir – ich komme mit deiner Anhänglichkeit einfach nicht zurecht.

Salmonellen sind die häufigsten Übeltäter, wenn man sich durch Essen etwas einfängt. Es gibt sie nicht nur auf Hühnerprodukten, allerdings tummeln sie sich dort besonders gerne. Es gibt verschiedene Sorten von ihnen. Wenn wir in unserem Labor Stuhlproben von Patienten bekommen, können wir diese mit

unterschiedlichen Antikörpern testen. Bindet ein Antikörper die Salmonellen, klumpen sie zu großen Brocken zusammen. Das kann man mit bloßem Auge sehen.

Passiert das, kann man sogar sagen: Der Antikörper gegen die Kotz-Brech-Salmonelle Nummer XY reagiert sehr stark, also ist es wohl eine Kotz-Brech-Salmonelle XY. Das ist der gleiche Mechanismus, der auch in unserem Körper passiert. Unser Immunsystem lernt ein paar neue Salmonellen kennen und sagt sich: »Hey, dazu hast du doch irgendwo vielleicht noch einen passenden Hut.« Dann geht es los und sucht in seinen Kleiderschränken den passenden Hut, rückt den noch etwas zurecht und beauftragt dann einen Hutmacher, der für eine Million Salmonellen die richtigen Hüte anfertigt. Wenn alle Salmonellen so einen Hut aufhaben, schauen sie nicht mehr gefährlich aus, sondern lächerlich. Sie sind dann zu schwer, um noch wendig umherschwirren zu können, und sehen auch nicht mehr genug, um noch irgendwas gezielt anzugreifen. Die Antikörper im Labor sind dann sozusagen eine kleine Auswahl verschiedener Hüte. Wenn einer passt, sinken die nun schwer behüteten Bakterien in Klumpen ab, und man kann – je nach Hut – sagen, welche Salmonellensorte in der Stuhlprobe vorkam.



Wenn man sein Immunsystem gar nicht erst auf Hutsuche schicken möchte und auch nicht unbedingt der größte Fan von Brechdurchfall ist, dann gibt es ein paar einfache Regeln.

Regel Nummer eins: Alles, was in Kontakt mit rohem Fleisch oder Eierschale kommt, sollte heiß und gründlich abgewaschen werden: Bretter und Hände, Besteck, Schwämme oder Salatsiebe.

Regel Nummer zwei: Fleisch oder eiige Nahrung – wenn möglich – gut durcherhitzen. Beim romantischen Dinner aufzustehen, um das Tiramisu zur Sicherheit noch mal in die Mikrowelle zu schieben, wäre hier ein etwas drastischer Move. Bei solchen Gerichten ist es einfach nur wichtig, frische und gute Eier zu kaufen und diese immer unter 10 °C zu lagern.

Regel Nummer drei: Denke außerhalb der Küche. Wer schon mal seinen Leguan gefüttert hat und kurz danach sich selbst und wiederum kurz danach die Kloschüssel, erinnert sich vielleicht an meine Worte: Salmonellen sind normale Darmflora-Bakterien bei Reptilien.

Helicobacter – das älteste »Haustier« der Menschheit

Thor Heyerdahl war ein ruhiger Mann mit klaren Ansichten. Er beobachtete Meeresströmungen und Winde, interessierte sich für alte Angelhaken oder Kleidung aus Baumrinde. All das zusammen brachte ihn zu der Überzeugung, dass Polynesien von Seglern aus Südamerika und Südostasien besiedelt worden sei. Per Floß könnten sie durch die Strömungen dorthin gelangt sein, lautete seine These. Niemand hielt es damals für möglich, dass ein einfaches Floß 8000 Kilometer auf dem Pazifik überstehen könnte. Thor Heyerdahl hielt sich nicht damit auf, andere stundenlang mit Argumenten zu bekehren. Er ging nach Südamerika, baute ein altertümliches Floß aus Bäumen, nahm ein paar Kokosnüsse und Dosenananas mit und fuhr nach Polynesien. Vier Monate später konnte er guten Gewissens sagen: »Aha! Es ist also möglich.«

Dreißig Jahre später startete ein anderer Wissenschaftler eine ähnlich aufregende Expedition. Allerdings begab er sich dafür nicht auf die Weltmeere, sondern in ein kleines Labor mit Neonröhren an der Decke. Dort nahm Barry Marshall ein Gefäß mit etwas Flüssigkeit in die Hand, setzte es an den Mund und schluckte den Inhalt mutig hinunter. Sein Kollege John Warren beobachtete ihn dabei gespannt. Barry Marshall bekam nach einigen Tagen eine Magenentzündung und sagte voller Stolz: »Aha! Es ist also möglich.«

Wiederum dreißig Jahre später verknüpften Wissenschaftler aus Berlin und Irland die Forschungsgebiete der beiden unterschiedlichen Männer. Der Magenkeim von Marshall sollte Auskunft über die Erstbesiedlung von Polynesien geben. Diesmal

segelte niemand, und niemand trank etwas. Diesmal bat man einige Wüsten-Ureinwohner und neuguineische Highlander um etwas Mageninhalt.

Es ist eine Geschichte über die Widerlegung von Paradigmen, die Hingabe an die eigene Forschung, einen Winzling mit Propeller und eine hungrige große Katze.

Das Bakterium *Helicobacter pylori* lebt im Magen der halben Menschheit. Diese Erkenntnis ist relativ neu und wurde zunächst belächelt. Warum sollte ein Lebewesen an einem so lebensfeindlichen Ort leben? In einer Höhle voller Säure und zersetzender Enzymen? *Helicobacter pylori* ist davon nicht beeindruckt. Das Bakterium hat zwei Strategien entwickelt, um genau in dieser unwirtlichen Gegend famos zurechtzukommen.

Erstens ist eines seiner Stoffwechselprodukte so basisch, dass es die Säure in direkter Nähe neutralisieren kann. Zweitens schlüpft es einfach unter die Schleimhaut, mit der sich die Magenwand selbst vor ihrer Säure schützt. Diese Schleimhaut, die normalerweise eine gelartige Konsistenz hat, kann *Helicobacter* flüssiger machen und sich dann geschmeidig in ihr fortbewegen. Es hat lange Proteinfäden, die es dafür wie einen Propeller umherwirbelt.

Marshall und Warren waren der Ansicht, dass *Helicobacter* Magenentzündungen und -geschwüre verursachte. Bis dahin war die anerkannte Lehrmeinung, dass derartige Magenprobleme eine psychosomatische Ursache (zum Beispiel Stress) hätten oder von einer fehlerhaften Magensäuresekretion kämen. Marshall und Warren mussten also nicht nur mit dem Vorurteil aufräumen, dass im sauren Magen gar nichts leben könne, sondern auch noch belegen, dass ein winziges Bakterium Krankheiten außerhalb des normalen Infektgeschehens auslösen könnte. Bis dahin kannte man Bakterien nur als Verursacher von infizierten Wunden, Fieber oder Erkältungen.

Nachdem der völlig gesunde Marshall durch das wissentliche Schlucken von *Helicobacter*-Bakterien eine Magenentzündung bekommen hatte, von der er sich durch Antibiotika wieder befreien konnte, dauerte es fast zehn Jahre, bis ihre Entdeckung von der

Wissenschaftswelt akzeptiert wurde. Heute gehört es zur Standarduntersuchung, einen Patienten mit Magenproblemen auf diesen Keim zu testen. Dazu trinkt man eine bestimmte Flüssigkeit, und wenn *Helicobacter* im Magen sitzen, zerspalten sie die Inhaltsstoffe der Flüssigkeit, und man atmet ein markiertes geruchloses Gas aus, das eine Maschine detektiert. Trinken, warten, atmen. Ein relativ einfacher Test.

Was die beiden Forscher nicht ahnen konnten: Sie hatten nicht nur die Ursache einer Krankheit entdeckt, sondern auch eines der ältesten »Haustiere der Menschheit«. *Helicobacter*-Bakterien leben seit mehr als 50 000 Jahren in uns Menschen, und sie haben sich parallel mit uns entwickelt. Als sich unsere Vorfahren auf die Völkerwanderung begaben, reisten ihre *Helicobacter*-Keime mit und bildeten ebenfalls neue Populationen. So gibt es mittlerweile drei afrikanische, zwei asiatische und einen europäischen Typ dieser Bakterien. Je weiter und je dauerhafter sich die Bevölkerungsgruppen voneinander entfernten, desto stärker unterschieden sich auch ihre Magenkeime.

Mit der Sklavenverschleppung gelangte der afrikanische Typ nach Amerika. In Nordindien beherbergen Buddhisten und Muslime zwei unterschiedliche Stämme. Familien in Industrieländern haben oft familieneigene *Helicobacter*, während Gesellschaften mit engerem Kontakt untereinander – in Ländern wie Afrika etwa – auch kommunale *Helicobacter* besitzen.

Nicht jeder, der *Helicobacter* im Magen hat, bekommt davon Probleme (in Deutschland wäre das sonst fast jeder Dritte). Aber die meisten Magenprobleme kommen vom *Helicobacter*. Das liegt daran, dass *Helicobacter* unterschiedlich gefährlich sein können. Es gibt zwei bekannte Merkmale, die für die angriffslustige Variante verantwortlich sind: Das eine heißt »cagA« und ist eine Art winzige Spritze, über die das Bakterium bestimmte Stoffe in unsere Zellen spritzen kann. Das andere Merkmal wird »VacA« genannt. Es stachelt die Magenzellen permanent an und bringt sie so dazu, schneller kaputtzugehen. Die Wahrscheinlichkeit, Magenprobleme zu bekommen, ist sehr viel höher, wenn ein *Helicobacter* die kleine

Spritze oder das Anstachel-Gen hat. Hat er das nicht, propellert *Helicobacter* sehr viel harmloser umher.

Trotz großer Gemeinsamkeiten ist jeder *Helicobacter*-Keim so einzigartig wie der Mensch, der ihn trägt. Das Bakterium passt sich immer seinem Träger an und verändert sich mit ihm. Diese Fähigkeit von *Helicobacter* kann man sich auch zunutze machen, wenn man nachverfolgen will, wer wen damit angesteckt hat. Großkatzen haben einen katzeneigenen *Helicobacter*. Er heißt *Helicobacter acinonychis*. Da er dem menschlichen *Helicobacter* in vielen Dingen so ähnlich ist, fragte man sich bald, wer damals wohl wen gefressen hat. Der Urmensch den Tiger oder der Tiger den Urmensch?

Anhand der Gene konnte man sehen, dass im Katzenerreger vor allem Gene inaktiviert worden waren, die ihm sonst geholfen hätten, sich gut am menschlichen Magen festzuhalten – nicht andersherum. Beim Verspeisen des Urmenschen hatte die Großkatze seinerzeit auch dessen Magenkeim mitgegessen. Weil dieser von ein paar Zähnen nicht zerquetscht wird und sich gut anpassen konnte, hat das Katzentier sich und seinen Nachfahren einen *Helicobacter* eingehandelt. Wenigstens etwas Gerechtigkeit.

Aber was ist *Helicobacter* denn nun – gut oder schlecht?

Helicobacter ist schlecht

Da der Keim sich in unserer Schleimhaut einnistet und dort chaotisch umherwirbelt, schwächt er diese Schutzbarriere. Mit der Folge, dass die aggressive Magensäure nicht nur unser Essen verdaut, sondern teilweise auch ein bisschen die eigenen Zellen. Wenn er dann noch zusätzlich über die winzige Spritze oder das Anstachel-Gen verfügt, gibt er unseren Magenzellen damit den Rest. Etwa jeder Fünfte, der dieses Bakterium hat, bekommt dadurch kleine Läsionen in der Magenwand. Dreiviertel aller Geschwüre im Magen und beinahe alle Geschwüre im Dünndarm entstehen nach einer Infektion mit *Helicobacter pylori*. Kann man den Keim durch Antibiotika loswerden, verschwinden auch die

Magenprobleme. Eine Alternative zu Antibiotika könnte bald ein konzentrierter Extrakt aus Broccoli werden – *Sulforaphan*. Diese Substanz kann das Enzym blockieren, mit dem *Helicobacter* die Magensäure neutralisiert. Wer es statt Antibiotika ausprobieren möchte, sollte auf gute Qualität achten und von seinem Arzt nachprüfen lassen, ob der *Helicobacter* nach zweiwöchiger Einnahme tatsächlich verschwunden ist.

Ein Dauerreiz ist nie besonders gut. Das kennt man von Insektenstichen – wenn es immer juckt, dann verliert man irgendwann die Geduld und kratzt die eigene Haut kaputt, damit es endlich aufhört. In etwa dasselbe passiert in den Magenzellen: Bei einer chronischen Entzündung werden dauernd Zellen gereizt, bis sie sich selber abbauen. Bei älteren Menschen kann dies auch dazu führen, dass sie immer weniger Appetit haben.

Im Magen gibt es Stammzellen, die fleißig Nachschub herstellen, um den Verlust schnell zu ersetzen. Wenn diese Nachschubhersteller überlastet sind, machen sie mehr Fehler und können so irgendwann Krebszellen werden. Es scheint auf den ersten Blick nicht weiter dramatisch, wenn man sich die Zahlen ansieht: Etwa ein Prozent der *Helicobacter*-Träger bekommt Magenkrebs. Wenn man sich aber in Erinnerung ruft, dass die Hälfte aller Menschen diesen Keim in sich trägt, dann ist ein Prozent eine verdammt große Zahl. Die Chance, ohne *Helicobacter* Magenkrebs zu bekommen, ist um das Vierzigfache niedriger als mit.

Für die Entdeckung des Zusammenhangs von *Helicobacter pylori* und Entzündungen, Geschwüren und Krebs wurden Marshall und Warren 2005 mit dem Nobelpreis ausgezeichnet. Vom Bakteriencocktail bis zum Siegercocktail hat es zwanzig Jahre gedauert.

Noch mehr Zeit verging, bis *Helicobacter* und Parkinson zusammengebracht wurden. Obwohl Ärzte schon in den sechziger Jahren gehäuft Magenprobleme bei ihren Parkinson-Patienten feststellten, war ihnen damals nicht klar, was Magen und zitternde Hände verbinden könnte. Erst eine Untersuchung von

verschiedenen Bevölkerungsgruppen auf der Insel Guam brachte mehr Licht ins Dunkel.

Auf Guam gibt es in manchen Gebieten eine erstaunliche Häufung von parkinsonartigen Symptomen bei der Bevölkerung. Die Betroffenen haben zitternde Hände, ihre Mimik ist schwächer, sie bewegen sich langsamer. Man fand heraus, dass die besonders hohen Erkrankungsquoten dort vorkamen, wo die Menschen Palmfarnsamen aßen. Diese Samen haben Inhaltsstoffe, die giftig für Nervenzellen sind. Einen fast identischen Stoff kann *Helicobacter pylori* herstellen. Gab man Mäusen einen Extrakt des Bakteriums – ohne sie mit lebenden Bakterien zu infizieren –, zeigten sie ähnliche Symptome wie die Palmfarn essenden Guamer. Auch hier gilt: Längst nicht jedes *Helicobacter*-Bakterium stellt dieses Gift her, aber es ist sicher nicht gut, wenn es dies tut.

Unterm Strich manipuliert *Helicobacter* an unseren Schutzbarrieren, kann unsere Zellen reizen und kaputtmachen, Gifte herstellen und so unseren gesamten Körper schädigen. Wie konnte unser Körper diesem Keim nur so viele Jahrtausende relativ unbewaffnet gegenüberstehen? Warum werden diese Bakterien von unserem Immunsystem so lange und ausgiebig toleriert?

Helicobacter ist gut

In einer der größten Studien zu *Helicobacter* und seinen Auswirkungen kam man zu folgendem Schluss: Vor allem der als gefährlich geltende Stamm mit der winzigen Spritze interagiert mit unserem Körper auch sehr vorteilhaft. Nach über zwölf Jahren Beobachtungszeit mit mehr als 10 000 Probanden konnte man sagen, dass bei den Besitzern dieses *Helicobacter*-Typs zwar eine erhöhte Wahrscheinlichkeit für Magenkrebs vorlag – die Gefahr, an Lungenkrebs oder einem Schlaganfall zu sterben, aber deutlich vermindert war. Und zwar um die Hälfte im Vergleich zu den übrigen Testteilnehmern.

Die Vermutung, dass ein so lange tolerierter Keim nicht nur schlecht sein könne, war auch schon vor dieser Studie laut

geworden. In Experimenten mit Mäusen hatte man zeigen können, dass *Helicobacter* in der Mäusekindheit für einen verlässlichen Schutz vor Asthma sorgte. Gab man ein Antibiotikum, verschwand der Schutz, und die Mäusekinder konnten wieder Asthma entwickeln. Wenn man erwachsenen Mäusen das Bakterium einflößte, war der Schutz noch da, allerdings geringer ausgeprägt. Nun kann man sagen: Mäuse sind nicht Menschen – allerdings passte diese Beobachtung ganz gut zu den generellen Trends, die man vor allem in Industrieländern sehen konnte: Krankheiten wie Asthma, Allergien, Diabetes oder Neurodermitis nahmen zu, während die *Helicobacter*-Raten gleichzeitig absanken. Diese Beobachtung ist bei weitem kein Beweis dafür, dass *Helicobacter* der allein rettende Asthma-Verhinderer ist – er könnte daran aber mitbeteiligt sein.

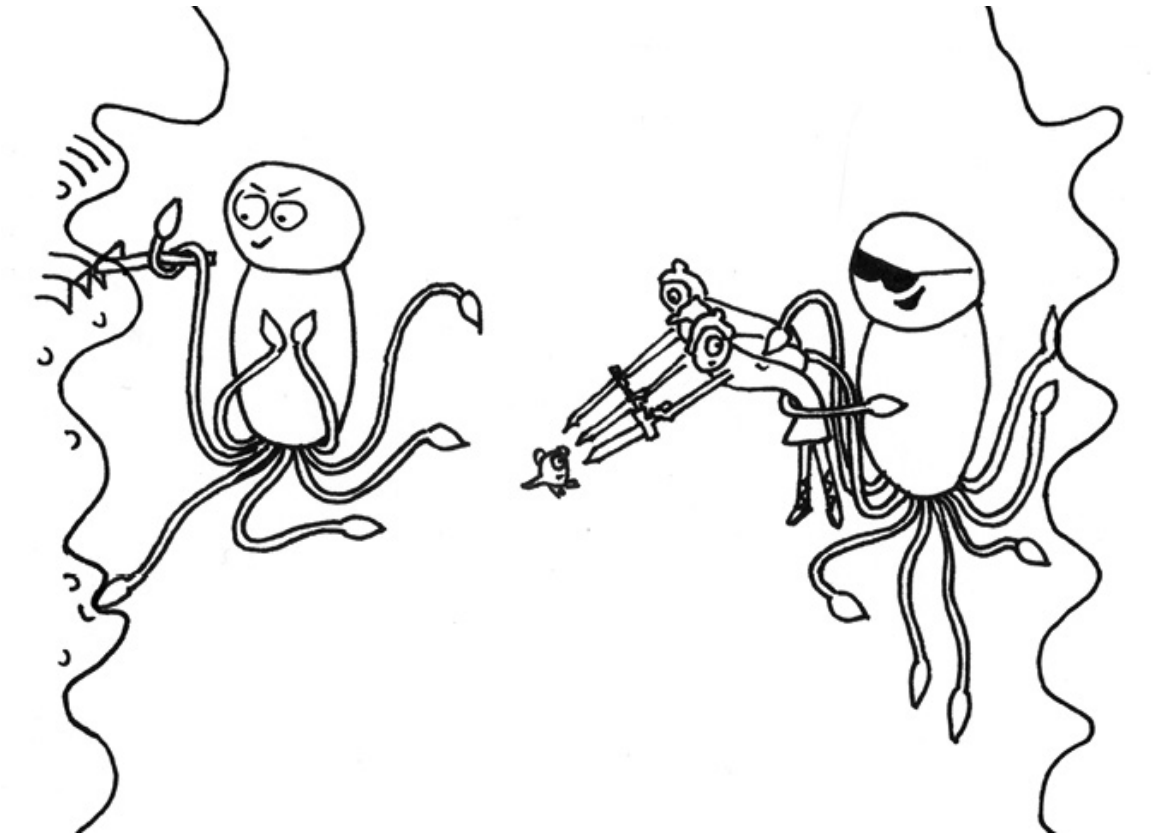
Man stellte deshalb folgende These auf: Dieses Bakterium bringt unserem Immunsystem wichtige Coolness bei. *Helicobacter* dockt in unserem Magen an und sorgt dafür, dass sehr viele sogenannte regulatorische T-Zellen hergestellt werden. Regulatorische T-Zellen sind Immunzellen, die bei einer plötzlich aggressiven Nachtclub-Stimmung ihrem angetrunkenen Freund, dem Immunsystem, die Hand auf die Schulter legen und sagen: »Ich regel das.« Vermutlich heißen sie nicht deshalb so, aber das ist an sich ihre Funktion.

Während das aufgebrachte Immunsystem noch schreit: »Verschwinde, du Pollen-Dings aus meiner Lunge, du Arsch!«, und eine Kampfansage mit dicken roten Augen und laufender Nase macht, sagt die regulatorische T-Zelle: »Komm, Immunsystem, das war jetzt echt etwas zu hart. Das Pollen-Ding ist doch auch nur auf der Suche nach seiner Blüte, die es bestäuben will. Da ist es aus Versehen hier gelandet. Das ist doch eher doof für das Pollenkorn. Hier findet es ja echt keine Blume.« Je mehr man von diesen korrekten Zellen hat, desto gechillter ist auch das eigene Immunsystem.

Werden in einer Maus durch *Helicobacter* besonders viel dieser regelnden Zellen hergestellt, kann man das Asthma einer anderen Maus allein dadurch bessern, dass man ihr nur diese Zellen

überträgt. Mit Sicherheit ein einfacheres Verfahren, als den Mäusen den Gebrauch winziger Asthma-Sprays näherbringen zu wollen.

Auch Hautekzeme treten bei Menschen mit *Helicobacter pylori* ein gutes Drittel seltener auf. Entzündliche Darmkrankheiten, Autoimmunprozesse oder chronische Entzündungen könnten unter anderem deshalb ein Trend unserer Zeit sein, weil wir unwissentlich auslöschen, was uns jahrtausendelang geschützt hat.



Helicobacter ist beides

Helicobacter pylori sind Bakterien mit vielen Fähigkeiten. Man kann sie nicht einfach in gut oder schlecht einteilen. Es hängt immer davon ab, was genau der Keim in uns treibt. Stellt er gefährliche Gifte her, oder interagiert er schützend mit unserem Körper? Wie reagieren wir auf den Keim? Sind unsere Zellen dauernd gereizt, oder stellen wir so viel Magenschleim her, dass er für das Bakterium und uns selbst reicht? Welche Rolle spielen

Magenschleimhautreizer wie Schmerzmittel, Rauchen, Alkohol, Kaffee oder Dauerstress? Ist es die Kombination, die letztlich erst Magenbeschwerden auslöst, weil unser Haustier solche Sachen nicht mag?

Die Weltgesundheitsorganisation empfiehlt, dass man bei Magenproblemen gut beraten ist, sich des potentiellen Verursachers zu entledigen. Wenn in der Familie Magenkrebs, bestimmte Lymphome oder Parkinson vorkommen, sollte man *Helicobacter* ebenfalls ausladen.

Thor Heyerdahl starb 2003 im Alter von 88 Jahren in Italien. Ein paar Jahre später, und er hätte miterlebt, wie durch das Untersuchen von *Helicobacter*-Stämmen seine Theorie der Besiedlung von Polynesien bestätigt wurde: In zwei Wellen eroberten zwei asiatische *Helicobacter*-Stämme die Neue Welt – und zwar tatsächlich über die Südostasienroute. Seine Südamerika-These wurde damit allerdings noch nicht bewiesen. Aber wer weiß, welches Bakterium wir noch kennenlernen werden, bis Thor Heyerdahls Theorie auch auf mikrobiologischen Segeltouren abgefahren sein wird.

Toxoplasmen – angstlose Katzenpassagiere

Eine 32-jährige Frau ritzt sich mit einer Rasierklinge aus dem Discounter einmal über die Innenseite ihres Handgelenks. Es ist dieser Reiz, der sie dazu bringt.

Ein fünfzigjähriger Rennautofanatiker rast volle Kanne gegen einen Baum. Er stirbt.

Eine Ratte legt sich in die Küche, direkt neben den Futternapf der Katze und drapiert sich als köstliche Mahlzeit.

Was haben die drei gemeinsam?

Sie hören nicht nur auf diese inneren Signale, die im Interesse unseres großen Zellverbandes eigentlich nur das Beste für uns wollen. Es gibt bei diesen drei noch andere Interessen als die ihrer eigenen Körper. Interessen, die irgendwann einmal aus einem Katzendarm gekommen sein könnten.

Katzendärme sind die Heimat für *Toxoplasma gondii*. Dieses winzige Wesen besteht aus nur einer einzigen Zelle, zählt aber schon zu den Tieren. Im Vergleich zu Bakterien fällt auf, dass die Erbinformation dieser Kreaturen wesentlich komplexer aufgebaut ist. Außerdem hat es andere Zellgrenzen und vermutlich ein etwas aufregenderes Leben.

Toxoplasmen vermehren sich in Katzendärmen. Die Katze ist ihr »Wirt«, und alle anderen Tiere, die den Toxoplasmen nur eine kurze Zeit als Taxi zur nächsten Katze dienen, nennt man »Zwischenwirte«. Eine Katze kann nur einmal in ihrem Leben Toxoplasmen bekommen und ist auch nur während dieser Zeit gefährlich für uns. Ältere Katzen haben ihre Toxoplasmeninfektion meist schon hinter sich und können uns dann nichts mehr anhaben. Während einer frischen Infektion sind Toxoplasmen im Kot der Tiere und nach rund zwei Tagen in der Katzenbox herangereift und startklar für die nächste Katze. Kommt keine des Weges, sondern nur ein pflichtbewusst Kot schaufelndes Katzenbesitzer-Säugetier, nehmen die winzigen Urtierchen dann eben dieses. Die Tierchen aus dem Katzenkot können bis zu fünf Jahre auf einen neuen Wirt warten. Es muss also nicht unbedingt einen Katzenbesitzer treffen – Katzen und andere Tiere bewegen sich durch Gärten, Gemüsefelder oder werden ab und zu getötet. Eine der Hauptquellen, sich Toxoplasmen einzufangen, ist rohes Essen. Die Wahrscheinlichkeit, selbst Toxoplasmen zu haben, ist in Prozenten etwa so groß wie das eigene Lebensalter. Circa ein Drittel aller Menschen auf dieser Welt beherbergen sie.

Toxoplasma gondii zählen zu den Parasiten, weil sie nicht einfach irgendwo auf einem kleinen Stück Erde leben und Gewässer und Pflanzen anzapfen, sondern auf kleinen Stücken Lebewesen leben. Wir Menschen nennen das dann Parasiten, weil wir im Gegenzug nichts zurückbekommen. Zumindest nichts Positives im Sinne von Miete oder Zuneigung. Im Gegenteil: Sie können uns zum Teil schaden, indem sie eine Art »Menschen-Umweltverschmutzung« betreiben.

Sie haben bei erwachsenen, gesunden Menschen keine allzu großen Auswirkungen. Manche Menschen merken ein paar

grippeartige Symptome, die meisten merken nichts. Toxoplasmen ziehen nach der akuten Infektion in winzige Apartments in unseren Geweben und begeben sich in eine Art Winterschlaf. Sie lassen uns für den Rest unseres Lebens zwar nicht mehr alleine, sind aber recht ruhige Untermieter. Wenn wir diesen Vorgang einmal mitgemacht haben, können wir nie wieder eine frische Infektion bekommen. Wir sind sozusagen schon vermietet.

Dramatisch kann eine Infektion allerdings bei Schwangeren verlaufen. Die Parasiten können durch das Blut bis zum Kind gelangen. Das Immunsystem kennt sie noch nicht und ist nicht schnell genug beim Abfangen. Das muss nicht immer passieren, aber wenn es geschieht, kann es zu starken Schäden bis hin zu einer Fehlgeburt führen. Wenn man die Infektion früh genug aufspürt, kann man Medikamente verabreichen. Da allerdings die wenigsten Menschen etwas davon mitbekommen, stehen die Chancen nicht allzu gut. Zumal in Deutschland der Toxoplasma-Scan nicht zum Standardprotokoll bei den Schwangerschaftsuntersuchungen gehört. Falls Ihr Frauenarzt bei der ersten Aufklärung merkwürdige Dinge fragt wie: »Haben Sie eine Katze?«, sollten Sie also nicht irritiert über den vermeintlichen Small Talk sein, sondern dankbar für einen gut ausgebildeten Fachmann an Ihrer Seite.

Toxoplasmen sind der Grund, warum Katzenklos täglich gereinigt werden sollten, wenn eine Schwangere zugegen ist (und nicht von der Schwangeren selbst!), warum rohes Fleisch tabu ist und es gut ist, Obst und Gemüse abzuwaschen. Andere Menschen mit Toxoplasmen können uns nicht anstecken. Nur die frischen Zöglinge aus dem zufällig gerade infizierten Katzendarm sind dazu in der Lage. Sie sind allerdings, wie schon gesagt, lange Zeit haltbar – auch an Katzenbesitzerhänden. Das gute, alte Händewaschen ist hier mal wieder Gold wert.

So weit, so gut. Alles in allem scheinen die Toxoplasmen also irrelevante bis unnette Kerlchen zu sein, sofern man nicht gerade schwanger ist. Jahrelang schenkte man ihnen auch kaum Beachtung – bis die angstlosen Ratten von Joanne Webster alles veränderten. Joanne Webster forschte in den Neunzigern an der

Universität Oxford. Sie führte ein einfaches, aber geniales Experiment durch: Sie platzierte vier Boxen in einem kleinen Gehege. In jeder dieser Boxen befand sich in einer Ecke ein Schälchen mit einer bestimmten Flüssigkeit: Rattenurin, Wasser, Kaninchenurin oder Katzenurin. Auch wenn Ratten noch nie in ihrem Leben eine Katze gesehen haben, meiden sie Katzenurin. Es ist ein biologisches Programm, das ihnen sagt: »Wenn da einer hingepinkelt hat, der dich essen will, dann gehst du da nicht hin.« Außerdem gibt es noch einen weiteren Merksatz unter Nagern, der in etwa so klingt: »Wenn dich jemand in ein merkwürdiges Gehege mit Urinboxen setzt, sei skeptisch.« Normalerweise verhalten sich alle Ratten gleich: Sie erkunden kurz die seltsame Umwelt und ziehen sich dann in eine Box mit ungefährlicherem Urin zurück.

Bei Websters Versuch gab es allerdings Ausnahmen: Ratten, die sich auf einmal völlig anders verhielten. Sie erkundeten risikofreudig das gesamte Gehege, liefen entgegen aller angeborenen Instinkte weit in die Katzenurinbox hinein und blieben dort gerne auch mal ein Weilchen. Über längere Beobachtungszeiträume konnte Webster sogar feststellen, dass sie diese Box den anderen Boxen vorzogen. Nichts schien sie so sehr zu interessieren wie aufgemischtes Katzenpipi.

Ein Geruch, der als Todesgefahr gespeichert war, wurde plötzlich als anziehend und interessant empfunden. Die Tiere wurden enthemmte Fans des eigenen Verderbens. Webster kannte den einzigen Unterschied zu normalen Ratten – die auffälligen Nager waren mit Toxoplasmen infiziert. Ein unfassbar cleverer Coup der Parasiten. Sie brachten die Ratten dazu, ihrem Hauptwirt, der Katze, praktisch in den Mund zu laufen.

Dieser Versuch erregte so viel Aufsehen unter Wissenschaftlern, dass einige Labore auf der Welt ihn nachstellten. Sie wollten wissen, ob hier alles mit rechten Dingen zugegangen war und ihre laboreigenen Ratten nach einer Infektion ein ähnliches Verhalten zeigen würden. Sie taten es, und das Experiment gilt seither als lupenrein. Man fand außerdem heraus, dass ausschließlich die Angst vor Katzen beseitigt war – Hundeurin erschreckte die Versuchsschnüffler immer noch gewaltig.

Die Ergebnisse lösten heftige Diskussionen aus: Wie können winzige Parasiten das Verhalten von kleinen Säugetieren in so drastischem Maße beeinflussen? Sterben oder nicht sterben – das ist doch eine gewaltige Frage, die ein moderner Organismus möglichst ohne Parasit im Entscheidungsgremium beantworten können sollte. Oder etwa nicht?

Vom kleinen Säugetier zum großen (= Mensch) war es dann nicht mehr weit. Würde man auch unter uns Kandidaten finden, die sich durch falsche Reflexe, Reaktionen oder Angstlosigkeit in ungute Situationen bringen und einer Art »Katzenfuttertrieb« verfallen. Ein Ansatz war es, Menschen, die in Verkehrsunfälle verwickelt waren, Blut abzunehmen. Man wollte wissen: Sind unter den unglücklichen Straßenmanövrierern mehr Toxoplasma-Träger als im nicht verunfallten Rest der Gesellschaft?

Die Antwort lautet: Ja. Die Wahrscheinlichkeit, in einen Verkehrsunfall zu geraten, ist erhöht, wenn man Toxoplasmen-Träger ist – vor allem dann, wenn die Infektion recht aktiv ist und nicht unbemerkt vor sich hin schlummert. Nicht nur drei kleinere Studien, sondern auch eine großangelegte bestätigten dieses Ergebnis. Bei der größten Studie nahm man 3890 Rekruten in Tschechien Blut ab, das man auf Toxoplasmen testete. In den nächsten Jahren wurden alle Verkehrsunfälle der Rekruten ausgewertet. Starke Toxoplasmen-Infektionen gepaart mit einer bestimmten Blutgruppe (Rhesus negativ) waren die Hauptrisikofaktoren. Blutgruppen können bei Parasitenbefall tatsächlich eine Rolle spielen. Manche Gruppen sind besser vor den Auswirkungen einer Infektion geschützt als andere.

Aber wie passt jetzt unsere Frau mit der Rasierklinge dazu? Wieso erschrickt sie nicht bei dem Anblick ihres Blutes? Warum schmerzt das Durchtrennen von Haut, Gewebe und Nerven nicht, sondern fühlt sich erfrischend an? Wie könnte Schmerz zum Chili des sonst so faden Alltagseintopfs werden?

Für diese Fragen gibt es verschiedene Erklärungsansätze – einer davon sind Toxoplasmen. Infizieren wir uns mit ihnen, wird

vom Immunsystem ein Enzym (IDO) aktiviert, um uns vor den Parasiten zu schützen. Es baut dann vermehrt einen Stoff ab, den die Eindringlinge gerne essen, und drängt sie in eine inaktivere Schlummerphase. Leider ist dieser Stoff auch eine Zutat, um Serotonin herzustellen. (Wir erinnern uns: Ein Mangel kann zu Depressionen oder auch Angststörungen führen.)

Fehlt im Gehirn Serotonin, weil IDO dem Parasiten alles vor der Nase wegschnappt, kann unsere Laune dadurch verschlechtert werden. Außerdem können angeknabberte Vorläuferstoffe des Serotonins an bestimmte Rezeptoren im Gehirn passen und dort zum Beispiel Antriebslosigkeit auslösen. Diese Rezeptoren sind dieselben, die man auch mit Schmerzmitteln anpeilt – das Resultat ist gleichgültige Sediertheit. Will man aus diesem Zustand heraus und wieder etwas fühlen, braucht es vielleicht heftigere Maßnahmen.

Unser Körper ist ein kluger Körper. Er wiegt Nutzen und Risiko ab: Wenn ein Parasit im Hirn bekämpft werden soll, ist man eben mal schlechter gelaunt. Die Aktivierung von IDO ist meist so ein Kompromiss. Der Körper benutzt dieses Enzym ab und zu auch, um den eigenen Zellen das Futter wegzuschnappen. Während der Schwangerschaft ist IDO auch stärker aktiviert – aber nur direkt an der Kontaktstelle zum Kind. Dort schnappt es den Immunzellen das Essen weg. Diese sind dadurch weniger kraftvoll – und deshalb milder gegenüber dem halbfremden Menschenkind.

Würde Antriebslosigkeit, die durch IDO ausgelöst wurde, ausreichen, um einen Selbstmord zu begehen? Oder anders gefragt: Was braucht es denn, dass man einen Selbstmord in Betracht zieht? Wo müsste ein Parasit ansetzen, um die natürliche Angst vor Selbstschaden auszuschalten?

Angst wird einem Teil des Gehirns zugeschrieben, den man Amygdala nennt. Es gibt Fasern, die vom Auge direkt zur Amygdala laufen. So kann man beim Anblick einer Spinne sofort Angst empfinden. Sogar wenn durch eine Hinterkopfverletzung das Sehzentrum im Gehirn zerstört wurde und man deshalb blind ist. Man »sieht« die Spinne dann nicht mehr, aber »empfindet« sie noch. Unsere Amygdala ist also wesentlich an der Entstehung der

Angst beteiligt. Schädigt man sie, können Menschen furchtlos werden.

Wenn man Zwischenwirte von Toxoplasmen untersucht, stellt man fest, dass sich die Apartments mit den schlummernden Winzlingen meist in Muskeln und im Hirn befinden. Im Hirn sind sie – in absteigender Häufigkeit – an genau drei Stellen zu entdecken: in der Amygdala, dem Riechzentrum und dem Hirnbereich direkt hinter der Stirn. Die Amygdala ist, wie gesagt, für die Angstwahrnehmung zuständig, das Riechzentrum könnte auch bei Ratten für das Gefallen an Katzenurin sorgen. Der dritte Hirnbereich ist etwas komplexer.

Dieser Teil des Gehirns kreiert jede Sekunde Möglichkeiten. Stellt man einem verkabelten Probanden Fragen zu Glauben, Persönlichkeit und Moral oder stellt ihn vor hohe kognitive Anforderungen, sieht man auf Hirnscans muntere Aktivität in dieser Region. Eine Theorie aus der Hirnforschung lautet, dass hier jede Sekunde viele Entwürfe gezeichnet werden. »Ich könnte an die Religion glauben, die meine Eltern mir vorleben. Ich könnte während der Konferenz anfangen, den Tisch vor mir abzulecken. Ich könnte ein Buch lesen und Tee dazu trinken. Ich könnte diesen Hund lustig bekleiden. Ich könnte vor laufender Kamera ein Lied singen. Ich könnte jetzt 150 km/h fahren. Ich könnte diese Rasierklinge nehmen.« Jede Sekunde Hunderte Möglichkeiten – welche auch immer gewinnt, wird ausgeführt.

Sich hier als engagierter Parasit niederzulassen macht durchaus Sinn. Von hier aus könnte es vielleicht sogar möglich sein, selbstzerstörerische Tendenzen zu unterstützen – so dass diese Impulse weniger unterdrückt werden bei der Handlungsauswahl.

Die Forschung wäre nicht »die Forschung«, wenn sie Joanne Websters schönes Experiment nicht an Menschen wiederholt hätte. Diesmal also Menschen, die an verschiedenen Tierurinen schnuppern mussten. Männer und Frauen mit einer Toxoplasmose-Infektion beurteilten den Geruch des Katzenpipis anders als parasitenfreie Versuchsteilnehmer. Männer mochten ihn deutlich mehr, Frauen weniger.

Riechen ist einer der fundamentalsten Sinne. Anders als Schmecken, Hören oder Sehen werden Geruchseindrücke auf dem Weg zum Bewusstsein nicht kontrolliert. Merkwürdigerweise kann man alle Sinneseindrücke träumen, nur nicht den Geruch. Träume sind immer geruchlos. Dass Gefühle durch Gerüche entstehen können, das wissen neben den Toxoplasmen auch Trüffelschweine sehr gut. Trüffel riechen nämlich wie ein unglaublich heißes Trüffelschweinmännchen – und wenn sich das unter der Erde versteckt hält, dann buddeln die weiblichen Suchschweine so liebestrunken herum, bis sie … ihrem Herrchen oder Frauchen den enttäuschend unerotischen Pilz liefern. Ich finde, der hohe Trüffelpreis erscheint mehr als fair, wenn man sich überlegt, wie frustrierend die Suche für so eine Sau sein muss. Fakt ist jedenfalls: Riechen kann Anziehung verursachen.

Auf diesen Effekt setzen auch gewisse Läden. Im Fachjargon heißt das »Geruchsmarketing«. Eine amerikanische Kleidermarke verwendet sogar Sexualpheromone. In Frankfurt sieht man regelmäßig Teenie-Schlangen vor dem abgedunkelten und betörenden Duft versprühenden Geschäft stehen. Wäre die Einkaufsstraße näher an einem Gebiet mit frei laufenden Schweinen, wären hier ein paar unterhaltsame Szenarien denkbar.

Wenn ein anderes Lebewesen uns also Gerüche verändert wahrnehmen lässt, könnte es dann nicht auch ganz andere Sinneseindrücke erzeugen?

Es gibt eine Krankheit, bei der das Hauptsymptom fälschlich erzeugte Sinneseindrücke sind: Schizophrenie. Die Betroffenen haben dann beispielsweise das Gefühl, dass ihnen Ameisen den Rücken hochklettern, obwohl weit und breit keine Krabbeltierchen zu sehen sind. Sie hören Stimmen, befolgen deren Befehle und können darüber hinaus sehr antriebslos sein. Ein halbes bis ein Prozent der Menschen ist schizophren.

Das Krankheitsbild ist in weiten Teilen unklar. Die meisten irgendwie funktionierenden Medikamente setzen darauf, dass man im Gehirn einen bestimmten Signalstoff abbaut, von dem zu viel

vorhanden ist: Dopamin. Toxoplasmen haben Gene, die im Hirn bei der Dopaminherstellung mitmischen. Nicht alle an Schizophrenie Erkrankten sind Parasitenträger – es kann also nicht die einzige Ursache sein –, aber unter den Betroffenen sind etwa doppelt so viele Toxoplasmen-Träger wie in der Vergleichsgruppe ohne Schizophrenie.

Toxoplasma gondii könnte uns also theoretisch über Angst-, Geruchs- und Verhaltenszentren im Gehirn beeinflussen. Höhere Wahrscheinlichkeiten für Unfälle, Selbstmordversuche oder Schizophrenie sprechen dafür, dass die Infektion nicht an allen von uns spurlos vorbeigeht. Bis solche Entdeckungen Konsequenzen in unserem medizinischen Alltag haben, wird es noch Zeit brauchen. Vermutungen müssen sicher belegt, und Therapiemöglichkeiten besser erforscht werden. Diese zeitraubende Absicherung der Wissenschaft kann Leben kosten – Antibiotika kamen erst einige Jahrzehnte nach ihrer eigentlichen Entdeckung in unsere Apotheken. Sie kann aber auch Leben retten – Contergan oder Asbest hätte gerne noch etwas länger ausgetestet werden können.

Toxoplasmen können uns mehr beeinflussen, als wir es vor einigen Jahren noch geglaubt haben. Und sie haben damit eine neue Ära eingeläutet. Eine Ära, in der sogar ein plumpes Stück Katzenkot zeigen kann, was unser Leben so alles mitbestimmt. Eine Zeit, in der wir langsam begreifen, wie verknüpft wir mit unserem Essen, unseren Tieren und der winzigen Welt sind, die auf uns lebt.

Ist es gruselig? Vielleicht ein bisschen. Aber ist es nicht auch spannend, dass wir Schritt für Schritt Prozesse entschlüsseln, die wir bisher nur als Schicksal hinnehmen konnten? Wir können die Risiken in unserem Leben so mit beiden Händen packen. Manchmal reicht dafür schon eine Katzenkloschaufel, durchgebratenes Fleisch und gewaschenes Obst und Gemüse.

Madenwürmer

Es gibt kleine weiße Würmer, die gerne in unserem Darm wohnen möchten. Jahrhundertelang haben sie ihr Verhalten auf uns abgestimmt. Jeder zweite Mensch hat mindestens einmal im Leben diese Würmer zu Gast. Manche merken es gar nicht, bei anderen ist es eine nervige Plage, über die man kaum redet. Wenn man im richtigen Moment guckt, kann man sehen, wie sie uns aus unserem Anus heraus zuwinken. Sie sind ein bis anderthalb Zentimeter groß, weiß und haben teilweise ein spitzes Ende. Irgendwie erinnern sie ein kleines bisschen an Flugzeugkondensstreifen im Himmel, außer dass sie nicht immer länger werden. Jeder, der einen Mund und einen Finger hat, kann diese Madenwürmer kriegen. Finger- und Mundlose sind hier also endlich mal im Vorteil.

Zäumen wir das madige Geschehen von hinten auf. Die »schwangere« Madenfrau möchte ihren Eiern eine sichere Zukunft bieten. Und das ist gar nicht leicht. Ein Madenei muss vom Menschen verschluckt werden, dann im Dünndarm schlüpfen, damit es im Dickdarm als erwachsener Wurm ankommt. Jetzt sitzt so eine ausgewachsene Madenfrau aber in den hinteren Darmgebieten – die Verdauungsrichtung ist komplett gegen sie – und fragt sich, wie sie bloß zurück zum Mund kommen soll. Hier greift die vermutlich einzige Intelligenz, die wir bei so einem Wesen feststellen: die Intelligenz der Anpassung. Ob daher der Begriff »Arschkriecher« gekommen ist, lasse ich mal dahingestellt sein.

Madenwürmer-Weibchen wissen, wann wir ruhig werden, uns horizontal hinlegen und keine Lust haben, noch mal aufzustehen. Genau dann brechen sie auf zum Anus. Sie legen ihre Eier in die vielen kleinen Anusfalten und krabbeln dann so lange wild umher, bis es uns juckt. Dann schlüpfen sie schnell zurück in den Darm, denn aus Erfahrung wissen sie: Jetzt kommt die Hand und erledigt den Rest. Unter der Decke wird sie in Richtung Hintern geschoben, direkt ins Fadenkreuz der Juckattacke. Dieselben Nervenbahnen, die den Juckreiz weitergegeben haben, melden jetzt: Bitte kratzen! Wir kommen dieser Aufforderung nach und sorgen dafür, dass die Nachfahren der Madenwürmer so per Schnellexpress in mundnahe Gegenden befördert werden.

Wann haben wir am wenigsten Interesse, uns nach Pokratzen die Hände zu waschen? Wenn wir von alldem gar nichts mitkriegen, weil wir schlafen oder eben auch viel zu müde sind, um noch mal aufzustehen. Zur Madenwurm-Eier-Leg-Zeit eben. Ist klar, was der nächste Traum von »Finger in Schokotorte tunken« bedeutet? Eier Richtung Heimat. Wer jetzt »Iiiih« denkt, hat vielleicht vergessen, dass wir auch Hühnereier runterschlucken. Nur sind die eben viel größer, und wir kochen sie meist vorher.

Lebewesen, die ohne Einladung in unseren Darm einziehen und von dort aus ihre Familienplanung vollziehen, stehen wir kritisch gegenüber. Man traut sich auch nicht so richtig, mit anderen darüber zu reden. Fast als wäre man ein schlechter Hausherr – der kein Machtwort sprechen kann und bei dem deshalb alle möglichen Fremden unterkommen, ohne zu fragen. Das ist bei den Madenwürmern allerdings ein bisschen anders: Sie sind Gäste, die uns morgens zum Frühsport wecken und ihrem Hausherren danach eine das Immunsystem stimulierende Massage verpassen. Sie essen uns außerdem kaum etwas weg.

Es ist nicht gut, sie immer zu haben – aber einmal im Leben kann man das mitmachen. Wissenschaftler vermuten, dass »Madenwurmbefall von Kindern« sie im späteren Leben vor zu heftigem Asthma oder auch Diabetes schützen kann. Insofern: »Welcome Mr & Mrs Madenwurm«. Aber bitte die Gastfreundlichkeit nicht überstrapazieren! Denn drei Dinge können bei einem unkontrollierten Wurmbefall passieren, die wenig Spaß machen:

1. Wenn man nicht gut schlafen kann, ist man tagsüber unkonzentriert, hibbelig oder auch empfindlicher als sonst.
2. Was die Würmer nicht wollen – und wir auch nicht –, ist, dass sie sich verirren. Wenn die Würmer nicht da bleiben, wo sie hingehören, müssen sie weg. Wer will schon einen Madenwurm, der so eine schlechte Orientierung hat?
3. Empfindliche Därme oder extrem herumturnende Würmer neigen zur Reizung. Darauf gibt es die verschiedensten Arten zu reagieren – nicht aufs Klo, oft aufs Klo, Bauchweh, Kopfweh, übel oder auch gar nichts von allem.

Fühlt sich ein Wurmgastgeber bei einem der eben genannten Punkte angesprochen, heißt es, ab zum Arzt! Hier wird es dann zu einer Verwendung von Tesafilm kommen, die nicht im Bastelbuch steht. Je nach Charme des Arztes, wird das in etwa so formuliert: »Pobacken auseinanderspreizen, Tesa auf und um den Anus herum aufkleben und dann abziehen. In die Praxis bringen. Und Janine im Sprechzimmer geben. Tschüss.«

Wurmeier sind auch nur kleine Kugeln, die an Tesafilm gut kleben. Hätte man an Ostern einen riesigen Magneten, der alle Eier aus dem Garten anzieht, würde man eine Menge Zeit sparen. Da die Wurmeier um ein Vielfaches kleiner sind als Ostereier, macht es Sinn, diese Suche etwas zu verkürzen. Wichtig ist, dass die ganze Aktion morgens passiert – denn da sind die meisten Eier bereits abgelegt. Und gar nicht gut ist, wenn man den kompletten Madenwurmgarten vor der Eiersuche überflutet oder sauberfegt. Also – das Erste, was diese Zone am Morgen berührt, ist der Tesastreifen.

Unter dem Mikroskop sieht ein Arzt dann ovale Eier. Je nachdem, ob sie schon zu Larven reifen, haben sie in der Mitte einen Streifen. Dann wird ein Medikament verschrieben, und die Apothekerin hilft im Kampf gegen störende Dauergäste. So ein typischer Medikamentenwirkstoff, nennen wir ihn einfach mal Mebendazol, hat einen Hintergedanken, den wir alle aus dem Kindergarten kennen: Wurm stört meinen Darm, also störe ich Wurms Darm zurück.

Das Medikament macht sich auf den Weg von unserem Mund bis zum Enddarm und trifft dabei auf unsere abtrünnig gewordenen Hausbesetzer. Diese haben auch Münder und ebenso Därme, also nimmt das Medikament hier noch mal denselben Weg: von Mund zu Enddarm. Im Würmerdarm wirkt Mebendazol sehr viel schädlicher als bei uns. Es setzt die Würmer auf eine drastische Diät, so dass sie keinen Zucker mehr bekommen. Würmer brauchen aber Zucker zum Leben, also wird diese Diät wohl die letzte sein. Ein bisschen funktioniert das Ganze so, wie wenn man uneingeladenen Dauergästen nichts mehr zu essen macht.

Madenwürmereier leben lange. Wenn man Würmer hat und die Hände nicht ganz vom Mund weghalten kann, sollte man zumindest versuchen, die Eierzahl in der Umgebung so niedrig wie möglich zu halten. Bettlaken und Unterwäsche täglich wechseln und bei mindestens 60 Grad waschen, Hände waschen, starkes Jucken vielleicht durch Salben statt durch Fingerattacken lindern. Meine Mutter schwört darauf, dass die Würmer durch eine täglich runtergeschluckte Knoblauchzehe verschwinden. Studien dazu habe ich nirgendwo gefunden, aber die gibt es auch nicht zu Jackenanzieh-Temperaturen, und da hat meine Mutter auch immer recht. Wenn alles nicht klappt, nicht verzweifeln, zweite Runde Arzt einläuten und sich darüber freuen, dass man einen so beliebten Darm hat.

Von Sauberkeit und guten Bakterien

Wir wollen uns vor Schlechtem schützen. Kaum jemand hätte freiwillig gerne Salmonellen oder einen gemeinen *Helicobacter*. Auch wenn wir sie noch nicht alle kennen – wir wollen jetzt schon keine Moppelbakterien, Diabetes-Auslöser oder traurig machende Mikroben. Unser wichtigster Schutz ist Sauberkeit. Wir sind vorsichtig bei rohem Essen, küssen nicht jede fremde Person, die wir treffen, und waschen Krankheitserreger heiß weg. Doch Sauberkeit ist nicht immer das, wofür wir sie halten.

Sauberkeit in einem Darm kann man sich in etwa so vorstellen wie Sauberkeit in einem Wald. Selbst die ambitionierteste Putzperson würde hier keinen Wischmopp austesten. Ein Wald ist sauber, wenn ein Gleichgewicht nützlicher Pflanzen herrscht. Dabei kann man nachhelfen: Man kann neue Pflanzen dazusetzen und hoffen, dass sie anwachsen. Außerdem kann man sich wertvolle Lieblingspflanzen aussuchen und sie so pflegen, dass sie sich vermehren und größer werden. Manchmal gibt es fiese Schädlinge. Dann muss gut abgewogen werden. Geht gar nichts mehr, kommen die Chemiekeulen zum Einsatz. Pestizide wirken wahre Wunder gegen Schädlinge – aber man sollte sie nicht gleich wie Deo benutzen.

Kluge Sauberkeit beginnt schon in unserem Alltag – worauf sollten wir wirklich achten, und was ist übertriebene Hygiene? Mitten in unserem Körper säubern dann vor allem drei Instrumente: Mit Antibiotika können wir akute Krankheitserreger fernhalten, Produkte wie Prä- und Probiotika fördern das Gute. »Pro bios« bedeutet »für das Leben«. Probiotika sind lebendige Bakterien, die wir essen und die uns gesünder machen können. »Pre bios« heißt übersetzt: »vor dem Leben« – Präbiotika sind Nahrungsmittel, die den Dickdarm erreichen und dort gute Bakterien füttern, so dass diese besser wachsen als die schlechten. »Anti bios«, heißt »gegen das Leben«. Antibiotika töten Bakterien ab und können uns so retten, wenn wir uns schlechte Bakterien eingefangen haben.

Sauberkeit im Alltag

Sauberkeit ist faszinierend, denn sie findet größtenteils im Kopf statt. Ein Pfefferminzbonbon schmeckt frisch, geputzte Fenster sind klar, und geduscht in ein neubezogenes Bett zu steigen ist himmlisch. Wir riechen gern an Sauberem. Wir streichen gerne über glattpolierte Oberflächen. Wir entspannen bei dem Gedanken, sicher vor einer unsichtbaren Keimwelt zu sein, wenn wir Desinfektionsmittel benutzen.

Vor 130 Jahren entdeckte man in Europa, dass Bakterien Tuberkulose auslösen. Es war das erste Mal, dass man Bakterien öffentlich zur Kenntnis nahm – und zwar als schlecht, gefährlich und vor allem unsichtbar. Bald wurden in Europa neue Regeln eingeführt: Kranke wurden isoliert, damit sie ihre Keime nicht weitergaben; Spuckverbote an Schulen wurden eingeführt; enge Berührung wurde verpönt, und es galt, den »Kommunismus des Handtuchs« zu vermeiden! Außerdem sollte man »Küssen auf das erotisch Unvermeidliche« beschränken. Diese Gebote klingen zwar ulkig, aber sie haben sich tief in unserer Gesellschaftsordnung verankert: Spucken gilt seither als unfein, Handtücher oder Zahnbürsten teilt man nicht mehr einfach so, und wir sind körperlich distanzierter als andere Kulturen.

Einer tödlichen Krankheit zu entgehen, indem man in der Schule nicht mehr auf den Boden spuckt, schien eine feine Sache. Es wurde eine Regel, die sich ins Gehirn einbrannte. Man ächtete den, der sich nicht daran hielt und alle anderen dadurch in Gefahr brachte. Diese Ächtung lehrte man seine Kinder, und das Spucken bekam ein schlechtes Image. Sauberkeit zu pflegen wurde anerkannt, man bemühte sich um Ordnung in einem Leben voller Chaos. Die Firma Henkel formulierte das so: »Schmutz ist Materie am falschen Ort.«

Während große Bäder zur Körperpflege bis dahin reichen Menschen vorbehalten waren, forderten deutsche Hautärzte zu Beginn des 20. Jahrhunderts: »Jedem Deutschen wöchentlich ein Bad!« Damals gab es Gesundheitskampagnen von großen Firmen,

die Badeanlagen für ihre Mitarbeiter bauten und kostenlos Seife und Handtücher ausgaben. Erst 1950 hatte sich das wöchentliche Bad langsam durchgesetzt. Die Durchschnittsfamilie nahm samstags ein Bad – im selben Badewasser nacheinander –, und in manchen Familien durfte der hart arbeitende Vati zuerst in die Wanne. Früher ging es bei Sauberkeit um die Beseitigung von schlechtem Geruch oder sichtbarem Dreck, mit der Zeit wurde diese Vorstellung immer abstrakter. Ein wöchentliches Familienbad können wir uns jetzt schlichtweg nicht mehr vorstellen. Wir kaufen heutzutage sogar Desinfektionsmittel, um etwas wegzuputzen, das wir nicht mal sehen können. Es sieht vorher genauso aus wie nachher – und trotzdem ist es uns das Geld wert.

Zeitungen und Nachrichten erzählen uns von gefährlichen Grippeviren, multiresistenten Keimen oder EHEC-Skandalen. Alles unsichtbare Gefahren, vor denen wir uns schützen wollen. Der eine isst in der EHEC-Krisenzeit weniger Salat, der andere googelt »Ganzkörperdesinfektionsduschen«. Menschen gehen mit Angst unterschiedlich um. Das zu verurteilen wäre ein bisschen einfach – viel eher sollte man verstehen, woher diese Angst kommt.

Bei der Angsthygiene geht es darum, alles wegzuputzen oder abzutöten. Wir wissen nicht genau, was, aber denken eben an das Schlechte. De facto putzen wir dabei aber alles weg: Schlechtes und Gutes. Diese Art der Sauberkeit kann noch nicht die richtige sein. Je höher die Hygienestandards in einem Land sind, desto mehr Allergien und Autoimmunkrankheiten gibt es dort. Je steriler ein einzelner Haushalt ist, desto eher haben dessen Bewohner Allergien und Autoimmunkrankheiten. Vor dreißig Jahren war etwa jeder Zehnte gegen etwas allergisch – heute ist es jeder Dritte. Gleichzeitig ist die Anzahl der Infektionen seitdem nicht deutlich gesunken. Clevere Hygiene sieht anders aus – die Forschung an den Bakterien dieser Welt läutet ein neues Verständnis von Sauberkeit ein. Es geht dabei nicht mehr nur um das Abtöten von Gefährlichem.

Mehr als 95 Prozent aller Bakterien auf dieser Welt tun uns nichts. Viele helfen uns sehr. Desinfektion hat im normalen Haushalt nichts zu suchen – außer jemand in der Familie ist krank

oder der Hund hat auf den Wohnzimmerboden gekackt. Wenn auch noch ein kranker Hund auf den Boden gekackt hat, dann sind der Kreativität keine Grenzen gesetzt: Dampfreiniger, Sagrotan-Flutung, kleine Flammenwerfer … so etwas kann auch Spaß machen. Wenn der Boden voller Schuhabdrücke ist, dann reicht allerdings Wasser und ein Tropfen Reinigungsmittel. Die beiden reduzieren die Bodenbakterien bereits um bis zu 90 Prozent. Die normale Fußbodenbevölkerung hat so die Chance, wieder zurückzukehren – vom schlechten Rest ist dafür einfach zu wenig übrig.

Beim Saubermachen sollte es darum gehen, weniger Bakterien zu haben – nicht gar keine. Auch schlechte Bakterien können gut für uns sein, solange unser Körper sie zum Trainieren benutzen kann. Ein paar tausend Salmonellen in unserer Spüle sind für unser Immunsystem Sightseeing. Erst wenn die Salmonellen zu viel werden, wird es gefährlich. Zu viel werden Bakterien dann, wenn sie perfekte Bedingungen dafür vorfinden: geschützten Raum, feuchte Wärme und ab und zu leckeres Essen. Um sie in Schach zu halten, gibt es vier sinnvolle Haushaltstechniken: verdünnen, Temperatur, trocknen und reinigen.

Das Verdünnen

Die Technik des Verdünnens nutzen wir auch im Labor. Wir verdünnen Bakterien mit Flüssigkeit und geben Wachsmottenlarven unterschiedlich konzentrierte Bakterientropfen. Wachsmottenlarven verfärben sich, wenn sie krank werden. So kann man gut sehen, ab wann bestimmte Bakterien krank machen – manche schon ab 1000, andere erst ab 10 Millionen pro Tropfen.

Verdünnen im Haushalt ist beispielsweise auch das Abwaschen von Gemüse und Obst. Die meisten Bakterien aus dem Erdboden werden so runtergedünnt, bis sie uns nicht mehr schaden können. In Korea gibt man zu dem Wasser noch etwas Essig dazu, um es den Bakterien durch Säure ungemütlich zu machen. Auch das Lüften von Zimmern gehört zur Verdünnungstechnik.

Wenn man Geschirr, Besteck oder Bretter schön unter Wasser verdünnt, dann noch mal mit dem Schwamm drüberwischt und zur Seite stellt, hätte man sie genauso gut mit der Zunge ablecken können. Küchenschwämme sind schön warm, feucht und voller Nahrung – perfekt für jede Mikrobe, die vorbeikommt. Jeder, der einen Küchenschwamm unter dem Mikroskop anguckt, möchte sich eine halbe Stunde auf dem Boden zusammenkrümmen und hin- und herschaukeln.

Küchenschwämme sind nur für groben Dreck – danach sollte man Besteck oder Teller unter fließendem Wasser kurz abspülen. Das gilt genauso für dauerfeuchte Küchenhandtücher. Sie dienen eher der gleichmäßigen Bakterienverteilung als dem Abtrocknen. Schwämme und Tücher müssen gut ausgewrungen werden und zwischendurch trocknen – ansonsten sind sie die perfekt nahrhaft-feuchten Wirtshäuser für Bakterien.

Das Trocknen

Auf trockenen Oberflächen können sich Bakterien nicht vermehren, einige sterben sogar ab. Ein gewischter Boden ist nach dem Trocknen am saubersten. Trockenere Achseln durch Deo sind ungemütlicher für Bakterien – das vermindert Geruch. Trocknen ist eine feine Sache. Wenn wir Lebensmittel richtig trocknen, sind sie lange haltbar, ohne zu vergammeln. Das sieht man bei vielen Getreideprodukten wie Nudeln, Müsli oder Knäckebrot, bei Obst (wie Rosinen), bei Bohnen oder Linsen und bei Fleisch.

Die Temperatur

In der Natur wird einmal im Jahr ordentlich durchgekühlt: Der Winter ist – bakteriell gesehen – eine Art Putzprogramm. Für unseren Alltag ist das Kühlen von Lebensmitteln sehr wichtig. Ein Kühlschrank beinhaltet so viel Essen, dass er auch bei niedrigen Temperaturen ein Bakterienparadies ist. Am besten kühlt man ihn auf maximal 5 °C.

Bei den meisten Waschgängen reicht das Prinzip des Verdünnens völlig aus – bei feuchten Küchentüchern, vielen Unterhosen oder Wäsche von Kranken dürfen es gerne auch mal die 60+ °C sein. Über 40 °C sterben die meisten E.coli-Bakterien, bei 70 °C entledigt man sich auch hartnäckiger Salmonellen.

Das Reinigen

»Reinigen« bedeutet, einen Film aus Fett und Eiweiß von Oberflächen abzulösen. Alle Bakterien, die sich darin oder darunter eingemantelt haben, entfernt man dadurch ebenfalls. Meistens nimmt man dazu Wasser und Reinigungsmittel. Reinigen ist das Mittel der Wahl bei allen Wohnräumen, Küche und Bad.

Man kann dieses Verfahren auf die absolute Spitze treiben. Das macht Sinn bei der Herstellung von Medikamenten, die Patienten direkt in die Adern laufen (wie Infusionslösungen) – hier darf nicht ein einziges Bakterium drin sein. Die pharmakologischen Labore machten das zum Beispiel mit Jod, weil es sublimieren kann. Sublimieren bedeutet, dass ein fester Jodkristall bei Wärme zu Dampf wird – ohne davor noch kurz flüssig zu sein. Man heizt also Jod auf, so dass der komplette Raum in einem blauen Dampf verschwindet.

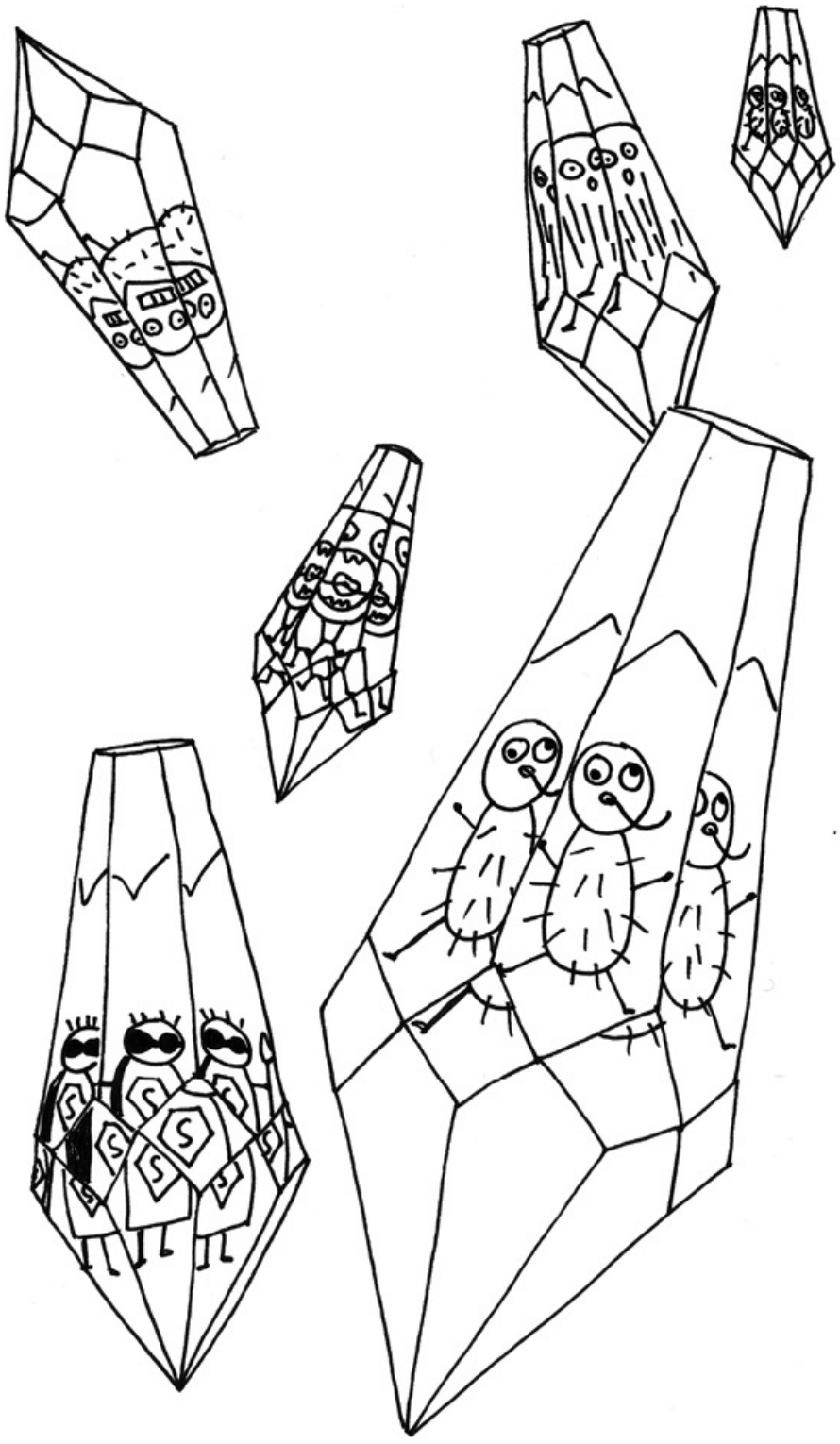


Abb.: Bakterien in Jod-Kristallen

Bis jetzt klingt das noch nach dem Dampf-Staubsauger-Prinzip, aber da geht noch mehr: Jod kann auch resublimieren. Dazu kühlt man das Zimmer wieder ab, und der komplette Dampf kristallisiert sofort aus. Auf allen Oberflächen und sogar mitten in der Luft bilden sich Millionen kleiner Kristalle, schließen alle Mikroben darin ein und fallen eingesperrt zu Boden. Arbeiter kommen durch mehrere Luft- und Desinfektionsschleusen, kleiden sich in keimfreie Ganzkörpermäntel und können so die Jodkristalle auffegen.

Wir benutzen prinzipiell dasselbe System, wenn wir uns die Hände eincremen: Wir schließen die Mikroben in einen Fettfilm ein und halten sie dort fest. Wenn wir den Film abwaschen, werden wir auch die Bakterien wieder los. Bei dem natürlichen Fettmantel, den die Haut produziert, reicht oft Wasser ohne Seife. Der Fettfilm ist dann nicht völlig demoliert und kann seine Arbeit nach dem Waschen schneller wieder aufnehmen. Zu häufiges Waschen ist Unsinn – das gilt fürs Händewaschen wie auch beim Duschen. Spült man den schützenden Fettfilm zu oft ab, setzt man seine Haut wehrlos der Umgebung aus. Wenn dann stinkende Bakterien Einzug finden, riechen wir beim Schwitzen stärker. Ein Teufelskreis.

Neue Methoden

Ein Team aus Gent versucht sich derzeit an einer ganz neuen Methode. Die Forscher bekämpfen Schweißgeruch mit Bakterien. Sie desinfizieren Achseln, beschmieren sie mit geruchslosen Bakterien und schauen auf die Uhr. Nach ein paar Minuten kann die Versuchsperson ihr Hemd wieder anziehen und nach Hause gehen. Dann werden die Versuchspersonen immer mal wieder ins Labor eingeladen, und es wird von Experten an ihnen gerochen. Die ersten Ergebnisse sind ziemlich gut – bei vielen können geruchsneutrale Bakterien die stinkenden vertreiben.

Dieselbe Methode wendet man derzeit auch bei miefenden öffentlichen Toiletten in Düren an. Eine Firma hat einen Bakterienmix, den man wie ein Reinigungsmittel zum Putzen

verwenden kann. Der geruchsneutrale Bakterienmix kann sich ausbreiten und nimmt den Stinkern den Platz weg. Die Idee, Sanitäranlagen mit Bakterien zu reinigen, ist genial, aber leider verraten die Hersteller die Zusammensetzung nicht, was es schwermacht, das Produkt wissenschaftlich zu beurteilen. Die Stadt Düren scheint mit diesem Experiment jedenfalls ganz gut gefahren zu sein.

Diese neuen Bakterienkonzepte zeigen eines sehr schön: Sauberkeit bedeutet nicht, alles Bakterielle auszulöschen. Sauberkeit ist ein gesundes Gleichgewicht aus genügend guten Bakterien und wenigen schlechten. Das bedeutet: kluger Schutz vor wahren Gefahren und manchmal das gezielte Ausbreiten von Gutem. Wenn man sich das vor Augen hält, kann man auch wieder alten Weisheiten zustimmen – wie denen der amerikanischen Autorin Suellen Hoy: *»From the perspective of a middle-class American woman (also a seasoned traveler) who has weighed the evidence, it is certainly better to be clean than dirty.«*

Antibiotika

Antibiotika töten gefährliche Krankheitserreger sehr zuverlässig ab. Und deren Familie. Und deren Freunde. Und deren Bekannte. Und ferne Bekannte von den Bekannten. Das macht sie zu den besten Waffen gegen gefährliche Bakterien – und zu den gefährlichsten Waffen gegen die besten Bakterien. Wer stellt die meisten Antibiotika her? Bakterien. Hä?

Antibiotika sind die Waffen, mit denen feindliche Pilze und Bakterien sich gegenseitig bekämpfen.

Seitdem Forscher das herausgefunden haben, wird in Pharmaunternehmen Massen-Bakterienhaltung betrieben. In riesigen Flüssigkeitsbehältern (mit bis zu 100 000 Litern Fassungsvolumen) wachsen so unfassbar viele Bakterien, dass man es in Zahlen kaum ausdrücken kann. Sie stellen Antibiotika her, wir reinigen diese auf und pressen den Stoff in Tabletten. Das Produkt kommt gut an – vor allem in den USA: Bei einer Studie über

die Auswirkung von Antibiotika auf die Darmflora fanden sich im gesamten Bezirk von San Francisco und den umliegenden Ortschaften nur zwei Personen, die in den vergangenen beiden Jahren keine Antibiotika eingenommen hatten. Jeder vierte Deutsche nimmt durchschnittlich einmal im Jahr ein Antibiotikum. Der häufigste Grund sind »Erkältungen«. Jedem Mikrobiologen versetzt diese Aussage einen Stich ins Herz. Erkältungen entstehen oft gar nicht wegen Bakterien, sondern wegen Viren! Antibiotika haben drei Funktionsweisen: Bakterien kaputtlöchern, Bakterien vergiften und Bakterien zeugungsunfähig machen. Für Viren sind diese Medikamente schlichtweg nicht zuständig.

Bei vielen Erkältungen bringen Antibiotika daher gar nichts. Wenn es einem nach der Einnahme trotzdem bessergeht, liegt es am Placebo-Effekt oder an der Arbeit unseres eigenen Immunsystems. Man tötet allerdings durch die unsinnige Einnahme viele hilfreiche Bakterien und schadet sich dadurch. Um dem vorzubeugen, kann man bei unklaren Infekten den Hausarzt bitten, einen *Procalcitonin*-Test zu machen. Dieser Test zeigt an, ob Bakterien oder Viren schuld an der Erkältung sind. Er kostet 25 Euro und wird von den meisten Krankenkassen nicht bezahlt. Vor allem wenn kleine Kinder unter einem unklaren Infekt leiden, sollte man diese Option in Erwägung ziehen.

Wenn es wirklich angebracht ist, Antibiotika zu nehmen, dann nur zu. Die Nachteile werden dann sicher von den Vorteilen aufgewogen – zum Beispiel, wenn man an einer schweren Lungenentzündung erkrankt ist oder als Kind ohne Folgeschäden einen besonders fiesen Infekt überwinden will. Hier kann eine kleine Tablette Leben retten. Antibiotika sorgen dafür, dass sich die Bakterien nicht weiter vermehren. Das Immunsystem tötet dann alle restlichen Krankheitserreger ab, und es geht uns schnell wieder gut. Dafür zahlen wir zwar einen Preis – aber alles in allem ist das ein sehr kluges Geschäft.

Die häufigste Nebenwirkung ist Durchfall. Wer keinen Durchfall kriegt, merkt vielleicht beim morgendlichen Gang auf die Toilette, dass er deutlich größere Portionen zustande bekommt. Ganz uncharmant und geradeheraus: Das ist eine große Portion toter

Darmbakterien. Die Antibiotika-Tablette fliegt nicht vom Mund zur erkälteten Nase, sondern rutscht direkt in den Magen und von dort aus in den Darm. Bevor es von hier aus ins Blut und dann – unter anderem auch – zur Nase geht, wird die Mikrobensammlung im Darm erst mal zerlöchert, vergiftet und zeugungsunfähig gemacht. Das Ergebnis ist ein beeindruckendes Schlachtfeld, das man beim nächsten Gang aufs Klo besichtigen kann.

Antibiotika können unsere Darmflora deutlich verändern. Die Vielfalt unserer Darmmikroben nimmt durch sie ab, und ihre Fähigkeiten können sich verändern – zum Beispiel, wie viel Cholesterin aufgenommen werden kann, ob Vitamine (wie das hautfreundliche Vitamin H) hergestellt werden oder welche Nahrung verwertet wird. Besonders starke Veränderungen der Darmflora haben in ersten Studien aus Harvard und New York die Antibiotika Metronidazol und Gentamycin gezeigt.

Heikel sind Antibiotika für kleine Kinder und ältere Patienten. Ihre Darmflora ist ohnehin sehr viel unstabiler und erholt sich im Anschluss an die Behandlung schlechter. Studien aus Schweden konnten zeigen, dass bei Kindern noch zwei Monate nach Antibiotika-Einnahme deutliche Veränderungen in der Darmflora festzustellen waren: Es gab mehr potentiell schlechte Bakterien und weniger gute wie Bifidobakterien oder Lactobazillen. Die verwendeten Antibiotika waren Ampicillin und Gentamycin. Es wurden nur neun Kinder untersucht, was das Ganze nicht besonders aussagekräftig macht – allerdings ist dies die einzige Studie ihrer Art. Man muss sie also vorsichtig zur Kenntnis nehmen.

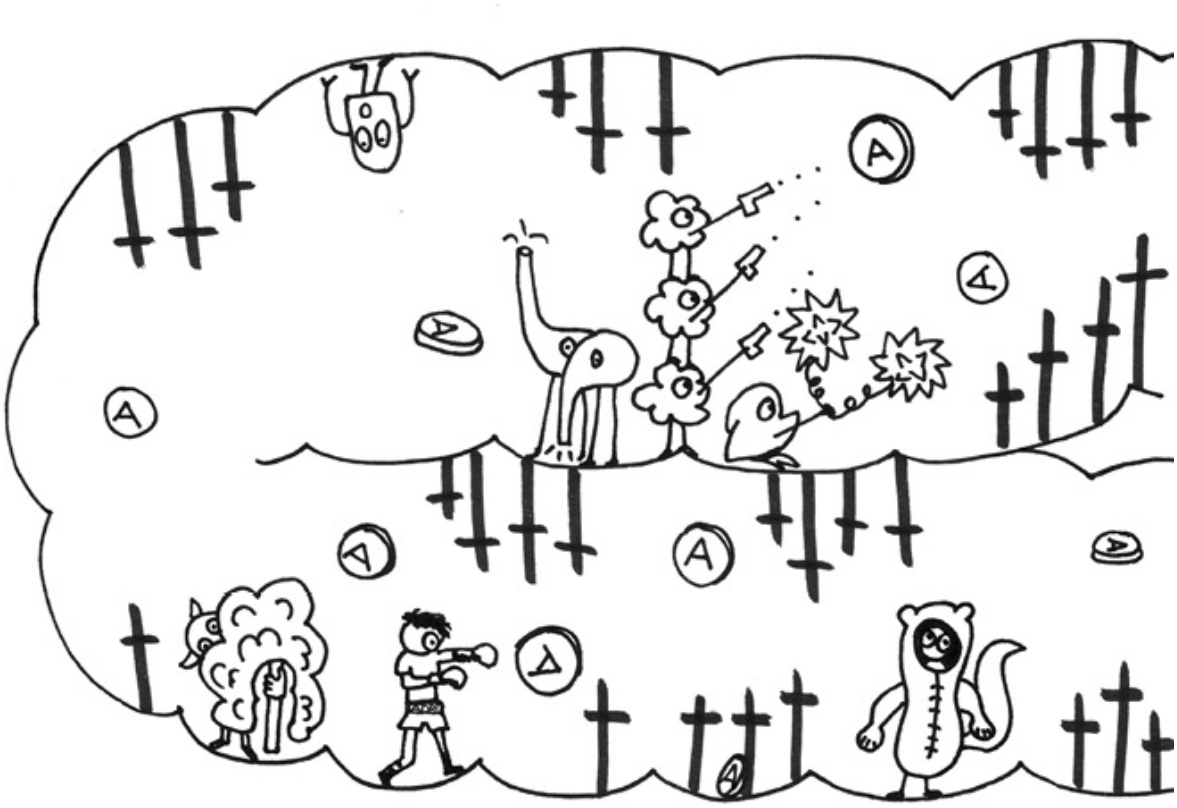
Eine neuere Studie an Rentnern aus Irland zeigte eine deutliche Zweiteilung: Manche Darmlandschaften erholten sich nach Antibiotika-Einnahme sehr gut, andere blieben dauerhaft verändert. Die Ursachen dafür sind noch völlig unklar. Die Fähigkeit, sich nach heftigen Erlebnissen wieder stabil zusammenzurappeln, nennt man beim Darm genauso wie in der Psychologie »Resilienz«.

Die Untersuchungen zu den langfristigen Folgen kann man noch immer beinahe an einer Hand abzählen – und das, obwohl wir Antibiotika seit mehr als fünfzig Jahren nutzen. Der Grund ist die

Technik: Die nötigen Geräte für solche Studien sind erst ein paar Jahre alt. Der einzige Effekt, der mittlerweile sicher nachgewiesen ist, ist die Resistenzbildung. Selbst zwei Jahre nach der Einnahme von Antibiotika sitzen im Darm noch üble Bakterien, die ihren Ururur-…-Urenkeln vom Krieg erzählen.

Sie haben dem Antibiotikum getrotzt und überlebt. Und das aus gutem Grund. Sie entwickelten damals Resistenztechniken, indem sie zum Beispiel kleine Pumpen in ihre Zellwände einbauten. Damit pumpten sie das Antibiotikum aus sich heraus wie die Feuerwehr das Wasser aus einem überfluteten Keller. Manche Bakterien verkleiden sich, so dass Antibiotika ihre Wände nicht erkennen und damit nicht mehr durchlöchern können. Wieder andere nutzen ihre Fähigkeit, Dinge aufzuspalten – sie bauen sich Werkzeuge, um auch Antibiotika zerlegen zu können.

Das Ding ist: Antibiotika töten selten alle Bakterien. Sie töten gewisse Gemeinschaften – je nachdem, welches Gift sie benutzen. Es gibt immer auch Bakterien, die überleben oder zu erfahrenen Kämpfern werden. Wird man mal sehr krank, können genau diese Kämpfer Probleme machen: Je mehr Resistenzen sie entwickelt haben, desto schwerer bekommt man sie dann noch mit Antibiotika in den Griff.



Jedes Jahr sterben in Europa viele tausend Menschen durch Bakterien, die so viele Resistenzen haben, dass kein Medikament mehr wirkt. Ist das Immunsystem nach einer Operation geschwächt, oder sind die resistenten Keime nach langen Antibiotika-Therapien in absoluter Überzahl, dann wird es gefährlich. Neue Medikamente werden kaum entwickelt, denn dieser Geschäftsbereich ist schlichtweg kein richtiger Geldbringer für Pharmafirmen.

Wer sich aus unnötigen Antibiotika-Darmkriegen raushalten möchte, ist mit diesen vier Punkten gut beraten:

1. Nicht unnötig Antibiotika einnehmen. Und wenn man sie mal nehmen muss: so lange wie nötig und so kurz wie möglich. Lange genug, damit die verursachenden Bakterien auch wirklich abgeschüttelt werden und nicht eine nervige Restgruppe den Infekt wieder aufkochen lassen kann. So kurz wie möglich, weil man sonst genau den Bakterien Platz macht, die resistent gegen das Antibiotikum sind. Wissenschaftler diskutieren momentan, ob

man Antibiotika möglicherweise dann absetzen kann, wenn es einem fühlbar wieder gut geht.

2. Bio-Fleisch. Die Resistenzen sind von Land zu Land unterschiedlich. Schockierend oft stehen sie in engem Zusammenhang mit den Antibiotika aus der Tierhaltung großer Schlachtbetriebe. In Ländern wie Indien oder Spanien wird praktisch gar nicht kontrolliert, wie viele Antibiotika die Tiere bekommen. Damit züchten sie riesige Resistenzzoos in den Därmen heran. Dort gibt es dann auch bei Menschen deutlich mehr unbehandelbare Infektionen als in anderen Regionen. In Deutschland haben wir wenigstens Regeln, aber selbst diese sind lächerlich ungenau. So verdienen viele Tierärzte ihr Geld mit semilegalem »Antibiotika-Handel«.
   Erst 2006 hat die EU verboten, Antibiotika als »Leistungssteigerer« in Tierfutter zu mischen. Leistungssteigerung bedeutet hier unter anderem: die Leistung eines Tiers, in einem dreckig-überfüllten Stall nicht an Infektionen zu sterben. Diese Leistung steigert man super mit Antibiotika. Tiere aus Bio-Ställen dürfen nur festgelegte Mengen Antibiotika bekommen – werden diese überschritten, verkauft man die Ware als »normales« Fleisch, ohne Biosiegel. Wenn möglich, sollte man lieber ein paar Euro mehr ausgeben – gegen Resistenzzoos und für den Frieden im Darm. Man wird es nicht direkt merken, aber investiert in eine sicherere Zukunft.
3. Obst und Gemüse gut waschen. Das hat auch mit der Tierhaltung zu tun. Denn der Kot unserer Tiere wird gerne als Dünger benutzt. Die Gülle kommt aufs Feld. Obst und Gemüse werden in Deutschland nicht auf Antibiotika-Rückstände getestet – auf resistente Darmbakterien schon gar nicht. In Milch, bei Eiern und Fleisch werden zumindest bestimmte Grenzwerte kontrolliert. Also lieber einmal zu viel waschen als einmal zu wenig. Schon geringe Mengen Antibiotika können bei Bakterien Resistenzen fördern.
4. Augen auf im Urlaub. Jeder vierte Urlauber bringt hochresistente Keime mit nach Hause. Die meisten verschwinden nach ein paar Monaten wieder, manche lauern aber auch länger bei uns herum. Besondere Vorsicht ist in bakteriellen Problemländern wie Indien

geboten. In Asien und dem Mittleren Osten sollte man sehr auf häufiges Händewaschen achten, Obst und Gemüse gründlich säubern, zur Not mit abgekochtem Wasser – Südeuropa ist auch nicht ganz ohne. »Cook it, peel it or leave it« – gilt nicht nur als Schutz vor Durchfall, sondern auch als Schutz vor ungewollten Resistenz-Souvenirs für sich und die Familie.

Gibt es Alternativen zu Antibiotika?

Pflanzen (Pilze wie der Penicillin-Pilz sind keine Pflanzen, sondern zählen zu den Lebewesen) stellen Antibiotika her, die seit Jahrhunderten funktionieren, ohne Resistenzen zu verursachen. Wenn Pflanzen abknicken oder löchrig werden, müssen an der betroffenen Stelle mikrobenfeindliche Stoffe hergestellt werden – sonst wäre die Pflanze im Handumdrehen ein Festmahl für die Bakterien aus ihrem Umfeld. Bei gerade beginnenden Erkältungen, Harnwegsinfekten oder Entzündungen in Mund- und Rachenraum kann man in der Apotheke pflanzliche Antibiotika in konzentrierter Form kaufen. Es gibt zum Beispiel Produkte mit Senf- oder Rettichöl, Kamille- oder Salbeiextrakten. Sie können teilweise nicht nur Bakterien, sondern auch Viren reduzieren. So hat unser Immunsystem weniger zu tun und eine bessere Chance, die Übeltäter zu vertreiben.

Bei einer heftigen Krankheit oder einer, die sich ohne spürbare Besserung hinzieht, sind solche pflanzlichen Mittel keine Lösung. Sie können dann sogar Schaden anrichten, weil man zu lange auf den Einsatz deftiger Antibiotika verzichtet. In den letzten Jahren haben Herz- und Ohrschäden bei Kindern infolge einer Infektion deutlich zugenommen. Häufig passiert das, wenn Eltern ihre Kinder eigentlich nur vor zu viel Antibiotika schützen wollen. Diese Entscheidung kann aber eben auch fatale Folgen haben. Ein gut ausgebildeter Arzt dreht einem nicht gleich bei allem Antibiotika an – aber sagt auch deutlich, wenn es nötig wird.

Mit Antibiotika werden Machtspielchen ausgetragen: Wir rüsten damit im großen Stil gegen gefährliche Bakterien auf – und die

rüsten mit noch gefährlicheren Resistenzen zurück. Unsere Medikamentenforscher müssten dann eigentlich wieder nachrüsten. Jeder von uns geht einen Handel ein, wenn er diese Medikamente schluckt. Wir opfern unsere guten Bakterien, in der Hoffnung, das Schlechte zu bekämpfen. Bei einer kleinen Erkältung ist das mitunter ein schlechter Tausch, bei ernsten Krankheiten ein lohnendes Geschäft.

Es gibt noch keinen Artenschutz für Darmbakterien. Wir können mit Sicherheit sagen, dass wir seit der Entdeckung von Antibiotika viele Familienerbstücke vernichtet haben. Der neuentstandene Platz im Darm sollte möglichst gut besetzt werden – dafür gibt es die Probiotika. Sie helfen dem Darm dabei, nach dem Abwenden wahrer Gefahren wieder zu einem gesunden Gleichgewicht zurückzufinden.

Probiotika

Jeden Tag schlucken wir viele Milliarden lebende Bakterien. Sie sind an rohem Essen, einige überleben auch das Kochen, wir nuckeln unbewusst an unseren Fingern, schlucken unsere Mundbakterien hinunter oder küssen uns durch die Bakterienlandschaft anderer. Ein kleiner Teil von ihnen überlebt selbst die starke Magensäure und das attackierende Verdauungsprocedere und landet tatsächlich noch lebend im Dickdarm.

Den größten Teil dieser Bakterien kennt niemand – vermutlich tun sie uns nichts, oder sie tun irgendetwas Gutes, das wir noch nicht herausgefunden haben. Einige wenige sind Krankheitserreger, können uns aber in der Regel nicht schaden, weil es zu wenige auf einmal sind. Nur ein Bruchteil dieser Bakterien ist von uns komplett durchgecheckt und von offizieller Stelle als »gut« deklariert worden. Diese Bakterien dürfen sich Probiotika nennen.

Im Supermarkt steht man dann vor dem Kühlregal und liest das Wort »probiotisch« auf einer Packung Joghurt. Wir haben nicht

wirklich eine Ahnung, was genau sich dahinter verbirgt oder wie es wirkt – aber viele von uns haben noch die Werbespots dazu im Kopf: Das Immunsystem wird gestärkt, und die verstopfte Tante wird wieder flott zu Potte gebracht, weshalb sie das Produkt ihrem Umfeld weiterempfiehlt. Das ist fein. Dafür gebe ich auch gerne einen Euro mehr aus. Und schwups hat man Probiotika im Einkaufswagen, dann im Kühlschrank und schließlich im Mund.

Menschen essen seit jeher probiotische Bakterien. Ohne sie gäbe es uns nicht. Das mussten auch einige Südamerikaner feststellen: Sie brachten schwangere Frauen zum Nordpol, die dort ihre Kinder entbinden sollten. Der Hintergedanke war, die Ölreserven dort später legitim anzapfen zu können, wenn man von »Dort-Geborenen« die rechtliche Erlaubnis dazu bekam. Das Ergebnis: Die Babys starben – spätestens auf dem Weg zurück. Der Nordpol ist so kalt und keimfrei, dass sie schlichtweg nicht genug Bakterien abbekamen. Schon die normal warmen Bedingungen und Keime auf dem Rückweg brachten die Säuglinge um.

Helfende Bakterien sind wichtige Teile unseres Lebens und immer um und auf uns. Unsere Vorfahren wussten das nicht, aber machten vieles intuitiv richtig: Sie schützten ihr Essen vor schlechten Fäulnisbakterien, indem sie es den guten Bakterien anvertrauten. Zum Beispiel, indem sie es mit deren Hilfe haltbar machten. In jeder Kultur der Welt gibt es traditionelle Gerichte, die durch hilfreiche Mikroben entstehen. In Deutschland sind das zum Beispiel Sauerkraut, eingelegte Gurken oder Sauerteigbrot. Crème fraîche aus Frankreich, löchriger Käse aus der Schweiz, Salami und Oliven aus Italien, Ayran aus der Türkei – all das gäbe es ohne Mikroben nicht.

Aus Asien kommen unfassbar viele solcher Speisen: Sojasauce, Kombucha-Getränke, Miso-Suppe, das koreanische Kimchi, Lassi aus Indien sowie Fufu aus Afrika … die Liste ließe sich endlos fortsetzen. Diese Nahrungsmittel werden von Bakterien bearbeitet, man nennt sie dann »fermentiert«. Dabei fallen oft Säuren an, die den Joghurt oder das Gemüse saurer schmecken lassen. Durch die Säure und die vielen guten Bakterien wird das Essen vor

gefährlichen Bakterien geschützt. Fermentation ist die älteste und gesündeste Technik, um Essen haltbar zu machen.

So unterschiedlich wie die vielen Gerichte waren früher auch die dafür zuständigen Bakterienkulturen. In der Sauermilch einer pfälzischen Familie fanden sich andere als im Ayran einer anatolischen Familie. In südlichen Ländern nutzte man Bakterien, die gerne bei hohen Temperaturen arbeiteten, in nordischen Gegenden Bakterien mit Hang zur Zimmertemperatur.

Joghurt, Sauermilch oder andere fermentierte Produkte entstanden durch Zufall. Jemand hatte die Milch draußen stehengelassen, Bakterien gelangten in den Behälter (entweder direkt von der Kuh oder beim Melken aus der Luft), die Milch dickte ein, und fertig war das neue Lebensmittel. War ein besonders leckerer Joghurtkeim in die Milch gehüpft, gab man einen Löffel des daraus entstandenen Joghurts in die nächste Portion Milch und ließ diese Bakterien dadurch noch mehr Joghurt machen. Im Gegensatz zu heutigen Joghurtprodukten war früher allerdings ein großes Team aus vielen verschiedenen Bakterien am Werk – und nicht nur ausgewählte Sorten.

Die Vielfalt der Bakterien in fermentierten Lebensmitteln hat stark abgenommen. Durch die Industrialisierung wurden auch Herstellungsprozesse genormt, mit einzeln ausgewählten Bakterien aus Laboratorien. Milch wird heutzutage nach dem Melken kurz erhitzt, um eventuelle Krankheitserreger abzutöten. Dabei sterben allerdings auch potentielle Joghurtbakterien. Deshalb kann man unsere heutige Supermarktmilch auch nicht einfach stehenlassen, in der Hoffnung, dass daraus irgendwann Joghurt wird.

Viele der früher bakterienreichen Lebensmittel werden heute nicht mehr mit Bakterien, sondern mit Essig haltbar gemacht – zum Beispiel die meisten sauren Gurken. Manches wird mit Bakterien fermentiert, aber danach wieder keimfrei erhitzt wie das meiste Supermarkt-Sauerkraut. Frischkost-Sauerkraut bekommt man oft nur noch in Reformhäusern.

Die Wissenschaftswelt ahnte schon seit Anfang des 20. Jahrhunderts, wie wichtig gute Bakterien für uns sind. Damals trat Ilja Metchnikoff auf die Joghurt-Bühne. Er war Nobelpreisträger und

beobachtete bulgarische Bergbauern. Sie wurden oft über hundert Jahre alt, und das mit auffällig guter Laune. Metchnikoff vermutete, dass ihr Geheimnis in den Lederbeuteln lag, mit denen sie die Milch ihrer Kühe transportierten. Die Bauern legten lange Wegstrecken zurück, so dass die Milch zu Sauermilch oder Joghurt geworden war, bis sie zu Hause ankamen. Er war überzeugt davon, dass die regelmäßige Einnahme dieses Bakterienproduktes dafür verantwortlich war. In seinem Buch *The Prolongation of Life* (deutsch: *Die Verlängerung des Lebens*) vertrat er die Meinung, dass wir durch gute Bakterien länger und besser leben könnten. Ab jetzt waren Bakterien nicht mehr nur anonyme Joghurtbestandteile, sondern auch wichtige Gesundheitsverursacher. Seine Erkenntnis kam allerdings zu einem ungünstigen Zeitpunkt. Kurz zuvor waren Bakterien als Krankheitsverursacher entdeckt worden. Der Mikrobiologe Stamen Grigorov fand zwar 1905 das von Metchnikoff beschriebene Joghurtbakterium, *Lactobacillus bulgaricus*, beschäftigte sich allerdings bald darauf mit der Bekämpfung von Tuberkulose. Durch die hilfreiche Wirkung von Antibiotika seit etwa 1940 war das Ding für die meisten gebongt: je weniger Bakterien, desto besser.

Dass Ilja Metchnikoffs Überlegung und Grigorovs Bakterium dann doch Einzug in unsere Supermärkte fanden, haben wir Babys zu verdanken. Mütter, die ihre Babys nicht stillen konnten, hatten mit Milchpulver oft ein Problem: Ihre Kinder bekamen häufiger Durchfall. Die Milchpulverindustrie war darüber recht verwundert, weil die Inhaltsstoffe denen echter Muttermilch glichen. Was könnte da noch fehlen? Bakterien! Solche, die gerne auf milchigen Nippeln sitzen, und solche, die im Darm von gestillten Kindern besonders zahlreich vorkommen: Bifidobakterien und Lactobazillen. Sie spalten Milchzucker (Laktose) und stellen Milchsäure (Laktat) her, deshalb gehören sie zu den Milchsäurebakterien. Ein japanischer Forscher stellte mit *Lactobacillus casei Shirota*-Bakterien einen Joghurt her, den Mütter zunächst nur in der Apotheke erhielten. Gab man den Babys täglich etwas davon, hatten sie weniger Durchfall. Man fand in der industriellen Forschung wieder zurück zu

Metchnikoffs Perspektive – mit Baby-Bakterien und bescheideneren Ansprüchen.

Normaler Joghurt beinhaltet meistens *Lactobacillus bulgaricus*. Allerdings ist es nicht unbedingt exakt dieselbe Sorte wie die der bulgarischen Bergbauern. Die von Stamen Grigorov entdeckte Art wird heute genauer *Lactobacillus helveticus spp. bulgaricus* bezeichnet. Die Bakterien sind nicht besonders verdauungsresistent und kommen nur zu einem kleinen Teil lebendig im Darm an. Das ist für einige Effekte auf das Immunsystem auch gar nicht so wichtig – den Immunzellen genügt oft schon der Anblick einiger leerer Bakterienhüllen, um sich für ihre Arbeit zu motivieren.

Probiotischer Joghurt enthält Bakterien, die von der Forschung zum Baby-Durchfall inspiriert wurden: Sie sollen nach Möglichkeit lebendig im Dickdarm ankommen. Bakterien, die der Verdauung trotzen können, sind zum Beispiel *Lactobacillus rhamnosus, Lactobacillus acidophilus* oder der bereits erwähnte *Lactobacillus casei Shirota*. So ein lebendiges Bakterium kann theoretisch mehr ausrichten da unten im Darm. Es gibt auch Studien, die ihre Wirkung belegen, aber sie reichen der Europäischen Behörde für Lebensmittelsicherheit nicht aus. Tadaa-mäßige Slogans wie bei Yakult oder Actimel und Co. dürfen seither nicht mehr verwendet werden.

Dazu kommt außerdem, dass man nicht immer zu 100 Prozent sicher sein kann, dass auch genug probiotische Bakterien im Darm ankommen. Eine Lücke in der Kühlkette oder ein besonders sauer oder langsam verdauender Mensch lässt die Bakterien möglicherweise schon früh alt aussehen. Schlimm ist das natürlich nicht, aber besser als ein normaler Joghurt ist ein probiotischer dann vielleicht auch nicht mehr. Um im riesigen Darm-Ökosystem etwas zu reißen, sollten sich etwa eine Milliarde Bakterien (10^9) munter auf den Weg machen.

Fazit: Jeder Joghurt kann eine gute Sache sein, wobei nicht jeder Milcheiweiß oder viel tierisches Fett verträgt. Die gute Nachricht: Es gibt eine Probiotika-Welt außerhalb von Joghurt. Hier experimentieren Forscher in ihren Laboren mit ausgewählten

Bakterien. Sie geben Bakterien direkt auf Darmzellen in Petrischalen, füttern Mäuse mit Mikrobencocktails oder lassen Menschen Kapseln voller lebendiger Kleinstlebewesen schlucken. In der Probiotika-Forschung haben wir mittlerweile grob drei Arbeitsfelder beobachtet, in denen unsere guten Bakterien bezaubernde Fähigkeiten an den Tag legen.

1. Massage und Balsam

Viele probiotische Bakterien kümmern sich gut um unseren Darm. Sie haben Gene, um kleine Fettsäuren wie *Butyrat* herzustellen. Damit können sie die Darmzotten einbalsamieren und pflegen. Gepflegte Darmzotten sind viel stabiler und werden größer als ungepflegte. Je größer sie sind, desto besser können wir Nahrung, Mineralstoffe oder Vitamine aufnehmen. Je stabiler sie sind, desto weniger Müll lassen sie durch. Das Ergebnis: Unser Körper bekommt viele Nährstoffe und weniger Schadstoffe serviert.

2. Sicherheitsservice

Gute Bakterien verteidigen unseren Darm – er ist schließlich ihre Heimat, und sie geben ihr Revier nicht freiwillig an schlechte Bakterien ab. Dafür sitzen sie manchmal genau dort, wo Krankheitserreger uns gerne infizieren. Kommt dann ein schlechtes Bakterium an, sitzen sie schon dick grinsend auf seinem Lieblingsplatz, legen ihre Handtasche auf den Beifahrersitz und lassen ungemütlich wenig Platz. Ist dieses Signal nicht deutlich genug, ist das auch kein Problem: Sicherheitsservice-Bakterien können noch mehr Tricks. Sie stellen beispielsweise kleine Mengen Antibiotika und Abwehrstoffe her, mit denen sie im nächsten Umfeld fremde Bakterien vertreiben. Oder sie nutzen verschiedene Säuren: Durch sie wird nicht nur Joghurt oder Sauerkraut vor Fäulnisbakterien geschützt; auch unser Darm wird durch Säure zu einem ungemütlicheren Umfeld für schlechte Keime. Eine weitere Möglichkeit ist das Wegessen (wer Geschwister hat, kennt das vielleicht). Manche probiotische Bakterien scheinen den schlechten Bakterien gerne das Essen vor der Nase wegzuschnappen.

Irgendwann haben Bösewichte dann auch keinen Bock mehr und geben auf.

3. Gute Berater und Trainer

Last but not least sind Bakterien die besten Experten in Bakterienangelegenheiten. Wenn sie mit unserem Darm und seinen Immunzellen zusammenarbeiten, bekommen wir von ihnen wichtige Insiderinformationen und eine gute Beratung: Wie sehen die verschiedenen Bakterienhüllen aus? Wie viel Schutzschleim soll gebildet werden? Wie viel bakterielle Abwehrstoffe (*Defensine*) sollen die Darmzellen produzieren? Soll das Immunsystem aktiver auf fremde Stoffe reagieren oder entspannt Neues akzeptieren?

Ein gesunder Darm besitzt viele probiotische Bakterien. Wir profitieren von ihren Fähigkeiten jeden Tag und jede Sekunde. Manchmal können unsere Bakteriengemeinschaften allerdings angegriffen sein. Das kann durch Antibiotika, schlechte Ernährung, Krankheiten, Stressphasen und, und, und passieren. Unsere Därme sind dann weniger gut gepflegt, sind weniger beschützend und beratend. In solchen Fällen ist es gut, dass manche Ergebnisse der Laborforschung auch ihren Weg in Apotheken finden. Hier kann man lebendige Bakterien abholen und sich so bakterielle Leiharbeiter für harte Zeiten besorgen.

Gut gegen Durchfall – die Nummer 1 unter den Einsatzgebieten von Probiotika. Bei Darmgrippen oder Durchfall wegen Antibiotika-Einnahme helfen verschiedene Bakterien aus der Apotheke, den Durchfall abzumildern und durchschnittlich um einen Tag zu verkürzen. Gleichzeitig haben sie kaum Nebenwirkungen – anders als die meisten anderen Durchfallmedikamente. Das macht sie besonders wertvoll für kleine Kinder oder ältere Menschen. Bei Darmerkrankungen wie Colitis ulcerosa oder Reizdarm können Probiotika Durchfall- und Entzündungsschübe hinauszögern.

Gut für das Immunsystem. Für Menschen, die öfter krank werden, kann es empfehlenswert sein, verschiedene Probiotika auszutesten – vor allem in der Erkältungszeit. Wem das zu teuer ist, der kann auch täglich einen Becher Joghurt essen, denn für

einige milde Effekte müssen die Bakterien ja nicht unbedingt lebendig sein. In einigen Studien ist vor allem für ältere Menschen und stark geforderte Athleten belegt, dass sie weniger heftig oder seltener erkältet sind, wenn sie regelmäßig Probiotika einnehmen.

Ein möglicher Schutz vor Allergien. Dieser Effekt ist nicht so gut belegt wie die Wirkung von Probiotika bei Durchfall oder Immunschwäche. Für Eltern mit Kindern, die ein erhöhtes Risiko auf Allergien und Neurodermitis haben, sind Probiotika trotzdem eine gute Option. Viele Studien zeigen einen deutlichen Schutz. In einigen konnte dieser Effekt nicht nachgewiesen werden, aber es wurden auch oft verschiedene Bakterien für die jeweiligen Studien verwendet. Hier würde ich persönlich auf das »Lieber einmal zu viel«-Prinzip setzen. Probiotika schaden allergiegefährdeten Kindern in keinem Fall. Bei bereits bestehenden Allergien oder Neurodermitis konnten die Symptome in manchen Studien gemildert werden.



Neben gut erforschten Bereichen wie Durchfall, Darmerkrankungen und Immunsystem gibt es aktuelle Forschungsfelder, die in letzter Zeit vielversprechende Ergebnisse zeigten. So zum Beispiel bei Verdauungsbeschwerden, Reisedurchfall, Laktose-Unverträglichkeit, Übergewicht, entzündlichen Gelenkbeschwerden oder auch Diabetes.

Will man Probiotika bei einem dieser Probleme (zum Beispiel bei Verstopfung oder Blähungen) ausprobieren, kann die Apothekerin kein Präparat empfehlen, bei dem die erwünschte Wirkung einwandfrei belegt ist. Die Pharmazie ist hier nicht weiter als die Forschung: Man muss selbst ein bisschen herumprobieren, bis man ein Bakterium findet, das hilft. Einfach auf der Verpackung lesen, was man gerade ausprobiert, und wenn nach vier Wochen nichts anders ist – vielleicht noch einer oder zwei anderen Bakterienarten eine Chance geben. Manche Gastroenterologen können Auskunft darüber geben, welche Bakterien sich lohnen könnten.

Bei allen Probiotika gelten dieselben Regeln: Man muss sie etwa vier Wochen lang regelmäßig nehmen und vor dem Mindesthaltbarkeitsdatum aufbrauchen (sonst leben nicht genug, um im riesigen Darm-Ökosystem etwas zu bewirken). Vor dem Erwerb von probiotischen Produkten sollte man sich auf jeden Fall informieren, ob sie auch für die jeweiligen Beschwerden gedacht sind. Bakterien haben verschiedene Gene – manche sind bessere Immunsystem-Berater und andere kampflustiger, wenn es um die Vertreibung des Durchfallerregers geht.

Die am besten untersuchten Probiotika sind bis dato Milchsäurebakterien (Lactobazillen und Bifidobakterien) und *Saccharomyces boulardii*. Letzteres ist eine Hefe, die hier nicht ganz die Aufmerksamkeit bekommt, die sie eigentlich verdient. Sie ist eben kein Bakterium, und deshalb liebe ich sie weniger. Als Hefe hat sie allerdings einen unschlagbaren Vorteil: Antibiotika können ihr nichts.

Wenn wir also während Antibiotika-Einnahmen alles Bakterielle ausräuchern, kann *Saccharomyces* sich gemütlich niederlassen. So schützt sie vor unguten Opportunisten und kann außerdem

Giftstoffe binden. Sie hat allerdings auch mehr Nebenwirkungen als bakterielle Probiotika – einige Menschen vertragen Hefen nicht und bekommen beispielsweise Ausschläge davon.

Dass wir neben einer, zwei Hefen fast nur Milchsäurebakterien als Probiotika kennen, zeigt, dass wir in diesem Bereich noch völlig am Anfang stehen! Denn Lactobazillen kommen normalerweise eher weniger in der Darmflora Erwachsener vor, und Bifidobakterien dürften wohl kaum die einzigen Gesundheitsverursacher sein, die man im Dickdarm so antreffen kann. Es gibt bislang nur eine weitere genauso gut erforschte Probiotika-Bakterienart: *E.coli Nissle 1917*.

Diese *E.coli*-Art wurde aus dem Kot eines Kriegsheimkehrers isoliert: Alle seine Kameraden hatten im Balkankrieg einen schlimmen Durchfall bekommen – nur er nicht. Seitdem konnten viele Studien belegen, dass dieses Bakterium bei Durchfall, Darmerkrankungen und einem schwachen Immunsystem helfen kann. Während der Soldat schon lange nicht mehr lebt, vermehren wir heute noch sein talentiertes *E.coli* in medizinischen Labors, bringen es abgepackt in die Regale von Apotheken und lassen es in Därmen anderer Menschen Gutes tun.

Die Wirkung aller Probiotika ist momentan noch von einer Sache begrenzt: Wir verabreichen einzeln ausgewählte Bakterien aus einem Labor. Sobald man die Probiotika nicht mehr täglich einnimmt, verschwinden sie meist wieder aus unserem Darm. Jeder Darm ist anders, es gibt feste Mannschaften, die sich gegenseitig helfen oder anfeinden – wer da von oben neu dazupurzelt, hat erst mal nicht viel zu sagen bei der Platzverteilung. Probiotika funktionieren deshalb zurzeit eher wie eine Pflegekur für den Darm. Setzt man sie ab, muss die eigene Flora die Arbeit weiterführen. Für langfristigere Ergebnisse liebäugelt man seit kurzem mit der Team-Mix-Strategie: mehrere Bakterien auf einmal, die sich gegenseitig helfen, auf unbekanntem Terrain Fuß zu fassen. Sie übernehmen die Müllentsorgung füreinander oder stellen Futter für ihre Kollegen her.

Auf dieses Prinzip setzen schon manche Produkte aus Apotheken, Drogerien oder Supermärkten mit einem Mix

altbekannter Milchsäure-Kollegen. Diese können so tatsächlich effektiver arbeiten. Der Gedanke, dass man diese Bakterien dadurch dauerhaft im Darm ansiedeln könnte, ist schön, aber funktioniert bisher noch weniger gut … wohlgesonnen ausgedrückt.

Zieht man die Team-Mix-Strategie allerdings knallhart durch, sind die Ergebnisse tatsächlich beeindruckend. So zum Beispiel bei der Therapie von *Clostridium difficile*-Infektionen. *Clostridium difficile* sind Bakterien, die Antibiotika gut überleben und danach den ganzen frei gewordenen Platz im Darm überwuchern können. Die Betroffenen haben manchmal mehrere Jahre lang blutige und schleimige Durchfälle, die sie trotz weiterer Antibiotika oder Probiotika-Präparate nicht mehr in den Griff bekommen. So etwas ist nicht nur körperlich anstrengend – sondern zum Verzweifeln.

In solchen Notsituationen müssen Ärzte wirklich kreativ werden. Einige mutige Mediziner transplantieren zurzeit einfach eingeschworene Bakterienteams mit allen möglichen echten Darmbakterien von gesunden Menschen. Das geht glücklicherweise relativ einfach (in der Tiermedizin heilt man so seit Jahrzehnten erfolgreich viele Krankheiten): Man braucht nur gesunden Kot inklusive der Bakterien, und das war’s. Team-Mix-Absolut heißt hier also »Stuhltransplantation«. Bei medizinischen Stuhltransplantationen bekommt man den Kot nicht einfach pur, sondern aufgereinigt. Von hinten oder von vorne ist dann auch egal.

Die Erfolgsquote bei schwerem, bislang unheilbarem *Clostridium difficile*-Durchfall beträgt in fast allen Studien etwa 90 Prozent. Es gibt wenige Medikamente, die eine so hohe Erfolgsquote haben. Das Verfahren darf trotz der guten Ergebnisse momentan nur bei wirklich hoffnungslosen Fällen angewandt werden. Man kann nämlich noch nicht abschätzen, ob man eventuell Krankheiten anderer oder potentiell schädliche Keime mitüberträgt. Einige Firmen sind auch schon dabei, künstliche Transplantate mit einer Garantie auf »Schadensfreiheit« zusammenzustellen. Wenn das klappt, dürfte es das Ganze etwas vorantreiben.

In der Transplantation von guten Bakterien, die dann auch dauerhaft anwachsen, liegt wohl das größte Potential der

Probiotika. Das Verpflanzen hat sogar schon bei drastischen Fällen von Diabetes zu guten ersten Ergebnissen geführt. Zurzeit wird auch getestet, ob dadurch der Ausbruch von Diabetes Typ1 verhindert werden kann.

Wie man von Stuhlgang auf Diabetes kommt, mag für manche ein großer Sprung sein. Eigentlich ist es aber gar nicht so abwegig: Man transplantiert eben nicht einfach nur verteidigende Bakterien, sondern ein Mikrobenorgan, das den Stoffwechsel und das Immunsystem mitreguliert. Wir kennen über 60 Prozent dieser Darmbakterien noch gar nicht. Das Erkunden von eventuell probiotisch wirkenden Arten ist aufwendig, so wie früher die Suche nach medizinisch wirksamen Kräutern. Nur diesmal lebt unsere Medizin mit uns. Jeder Tag und jede Mahlzeit beeinflussen auch das große Mikrobenorgan – positiv wie negativ.

Präbiotika

Bei den Präbiotika geht es genau darum: durch bestimmtes Essen gute Bakterien fördern. Präbiotika sind so viel alltagstauglicher als Probiotika. Für sie muss nur eine Voraussetzung gegeben sein: Irgendwo im eigenen Darm müssen gute Bakterien sein. Diese kann man dann mit präbiotischem Essen fördern und gibt ihnen so immer mehr Macht gegenüber den schlechten.

Weil Bakterien viel kleiner sind als wir, sehen sie Essen aus einer ganz anderen Perspektive. Jedes Körnchen wird da zu einem unfassbaren Event, ein Kometbrocken voller Köstlichkeit. Alles, was wir nicht im Dünndarm aufnehmen können, nennen wir »Ballaststoffe«. Dabei sind sie gar keine unnötigen Lasten, zumindest nicht für unsere Bakterien im Dickdarm. Sie lieben Ballaststoffe. Nicht alle Sorten, aber manche. Einige Bakterien mögen unverdaute Spargelfasern, andere bevorzugen unverdaute Fleischfasern.

Einigen Ärzten ist mitunter gar nicht klar, warum sie ihren Patienten empfehlen, mehr Ballaststoffe zu essen. Sie verordnen damit eine ausgiebige Bakterienfütterung, die uns zugutekommt.

Endlich gibt es genug zu essen für die Darmmikroben, damit sie Vitamine und gesunde Fettsäuren herstellen oder das Immunsystem mal wieder anständig trainieren. In unserem Dickdarm sitzen allerdings auch immer Krankheitserreger. Sie können aus bestimmtem Essen Stoffe produzieren wie Indol, Phenole oder Ammoniak. Das sind die Dinge im Chemieschrank mit den Warnsymbolen.

Präbiotika setzen genau hier an: Sie sind Ballaststoffe, die nur von netten Bakterien gegessen werden können. Gäbe es so etwas für Menschen, wäre die Kantine ein Ort der Offenbarungen! Haushaltszucker ist zum Beispiel kein Präbiotikum, weil ihn auch Kariesbakterien mögen. Schlechte Bakterien können Präbiotika nicht oder kaum verwerten und daraus also auch nichts Schlimmes herstellen. Die guten Bakterien werden gleichzeitig immer kräftiger und erobern mehr und mehr Revier.

Wir essen allerdings oft nur wenige Ballaststoffe – geschweige denn Präbiotika. Von den 30 Gramm Ballaststoffen, die wir täglich essen sollten, kommen die meisten Europäer nur auf etwa die Hälfte. Das ist so wenig, dass ein harter Konkurrenzkampf im Darm entsteht, und hierbei können auch fiese Bakterien die Oberhand gewinnen.

Dabei ist es gar nicht so schwer, sich und seinen besten Mikroben etwas Gutes zu tun. Die meisten haben ohnehin irgendein präbiotisches Lieblingsgericht, das sie ohne Probleme öfter essen würden. Meine Oma hat immer Kartoffelsalat im Kühlschrank, mein Papa macht einen grandiosen Chicorée-Salat mit Mandarinen (Tipp: Chicorée kurz mit warmem Wasser abspülen, dann ist er nicht mehr bitter, nur noch knackig), und meine Schwester liebt Spargel oder Schwarzwurzelgemüse in einer feinen Sahnesoße.



Abb.: Artischocke, Spargel, Chicorée, grüne Banane, Topinambur, Knoblauch, Zwiebel, Pastinak, Schwarzwurzel, Weizen (Vollkorn), Roggen, Hafer, Lauch

Das wären nur ein paar Gerichte, die Bifidobakterien oder Lactobazillen auch ziemlich gut schmecken. Wir wissen mittlerweile, dass sie Liliengewächse mögen, *Compositae*-Pflanzen oder auch resistente Stärke. Liliengewächse sind nicht nur Lauch oder Spargel, sondern auch Zwiebeln und Knoblauch. Zu den *Compositae* gehören neben Chicorée auch Schwarzwurzeln, Topinambur und Artischocken.

Resistente Stärke bildet sich beispielsweise, wenn man Kartoffeln oder Reis kocht und anschließend abkühlen lässt. Dabei kristallisiert die Stärke aus und wird verdauungsrobuster. Vom »robusten« Kartoffelsalat oder dem kalten Sushi-Reis kommt mehr unversehrt bei den Mikroben an. Wer noch kein präbiotisches Leibgericht hat, sollte sich mal durchprobieren. Wer diese Gerichte dann regelmäßig isst, wird ein lustiges Phänomen feststellen: Man bekommt ab und zu richtigen Heißhunger auf solche Mahlzeiten.

Wer sich größtenteils von ballaststoffarmen Dingen ernährt wie Nudeln, weißes Brot oder Pizza, sollte nicht allzu plötzlich auf große Portionen ballaststoffreicher Gerichte umsteigen. Das überwältigt die ausgezehrte Bakteriengemeinschaft: Sie drehen dann völlig am Rad und verstoffwechseln alles über-euphorisch. Folge: Man pupst sich ins Nirwana. Ballaststoffe also langsam steigern und auch dann nicht auf übertrieben hohe Mengen. Essen ist schließlich immer noch in erster Linie für uns und erst in zweiter Linie für unsere Dickdarmbewohner.

Sich ins Nirwana pupsen ist keine angenehme Sache: Viel Gas bläht unseren Darm unangenehm auf. Ein bisschen Pupsen ist allerdings gesunde Pflicht. Wir sind Lebewesen, in unserem Bauch lebt eine kleine Welt, die munter arbeitet und viele Dinge produziert. So wie die Erde unsere Abgase toleriert, sollten wir auch die unserer Mikroben freundlich weiterleiten. Lustig klingen darf das, komisch riechen muss es nicht unbedingt. Bifidobakterien oder Lactobazillen verbreiten zum Beispiel keine unangenehmen

Gerüche. Wer nie pupsen muss, lässt seine Darmbakterien verhungern und ist kein guter Mikrobengastgeber.

Wer es ganz gezielt will, kann sich direkt pure Präbiotika aus der Drogerie oder Apotheke holen. Aus Chicoréewurzel isoliert man hierfür zum Beispiel das Präbiotikum *Inulin*, aus Milch GOS (*Galacto-Oligo-Saccharide*). Diese Stoffe sind auf ihre gesunde Wirkung getestet und ernähren ziemlich effektiv nur bestimmte Bifidobakterien und Lactobazillen.

Präbiotika sind bei weitem nicht so gut erforscht wie Probiotika – allerdings gibt es schon ein paar ganz solide Einsatzgebiete. Präbiotika fördern gute Bakterien so, dass weniger Gifte im Darm entstehen. Besonders wenn jemand Probleme mit der Leber hat, kann er Schadstoffe von schlechten Bakterien nicht mehr so gut entschärfen und bekommt dies manchmal deutlich zu spüren. Bakteriengifte haben verschiedene Wirkungen, die von Müdigkeit über Zittern bis zum Koma reichen. Im Krankenhaus gibt man in solchen Fällen oft hochkonzentrierte Präbiotika. In der Regel gehen die Probleme wieder zurück.

Aber auch für Otto Normal mit quietschfideler Leber spielen Bakteriengifte eine Rolle. Sie entstehen zum Beispiel, wenn die wenigen Ballaststoffe alle schon am Anfang des Dickdarms aufgebraucht wurden und sich Bakterien am Darmende auf unverdaute Proteine stürzen. Bakterien und Fleisch sind manchmal keine gute Kombi – das kennen wir vom Gammelfleisch-Skandal. Zu viele dieser Fleischgifte schädigen den Dickdarm und können im schlimmsten Fall Krebs auslösen. Darmkrebs kommt überdurchschnittlich oft genau hier vor: am Ende des Darms. Deshalb werden Präbiotika vor allem für die Darmkrebsprävention getestet. Erste Studien sind vielversprechend.

Präbiotika wie GOS sind spannend, weil sie von unserem Körper auch selbst hergestellt werden. In Muttermilch befinden sich 90 Prozent GOS und 10 Prozent andere unverdauliche Ballaststoffe. Bei Kühen machen GOS nur 10 Prozent der Milch-Ballaststoffe aus. Irgendetwas scheint hierbei also gerade für menschliche Babys wichtig zu sein. Bekommen Babys Milchpulver mit ein klein bisschen GOS-Pulver darin, ähneln ihre Darmbakterien denen von

normal gestillten Babys. Einige Studien legen nahe, dass sie auch weniger Allergien und Neurodermitis entwickelten als andere Milchpulver-Säuglinge. Seit 2005 ist GOS-Zugabe in Milchpulver erlaubt – aber keine Pflicht.

Das Interesse an GOS ist seither angestiegen und mittlerweile konnte noch ein weiterer Effekt im Labor gezeigt werden: GOS docken direkt an Darmzellen an – vor allem dort, wo sich sonst gerne Krankheitserreger festklammern. Dadurch funktionieren sie wie kleine Schutzschilde. Schlechte Bakterien können sich nicht gut festhalten und rutschen im besten Fall einfach an ihnen ab. Nach diesen Entdeckungen werden jetzt auch die ersten Studien zur Vorbeugung von Reisedurchfall mit GOS ins Rollen gebracht.

Inulin wird schon länger erforscht als GOS. Es wird bei der Nahrungsmittelherstellung manchmal als Zucker- oder Fettersatz benutzt, weil es ein bisschen süß und gelartig ist. Präbiotika sind meistens bestimmte Zucker, die in Ketten verbunden sind. Wenn wir Zucker sagen, meinen wir oft ein bestimmtes Molekül aus der Zuckerrübe – dabei gibt es über hundert verschiedene Zuckerarten. Hätten wir uns für die Fließbandzuckergewinnung aus Chicorée entschieden, wären Süßigkeiten keine Karies erzeugenden Sünden. »Süß« ist nicht per se ungesund, wir essen nur völlig einseitig die ungesunde Variante.

Oft ist uns nicht ganz geheuer, wenn Produkte als »zuckerfrei« oder »weniger fett« angepriesen werden. Süßstoffe wie Aspartam scheinen krebserregend zu sein, andere Süßstoffe aus typischen »light«-Produkten werden in der Schweinemast verwendet, um die Tiere dicker zu kriegen. Die Skepsis ist also durchaus berechtigt. Ein Produkt, das Inulin als Zucker- und Fettersatz enthält, kann allerdings gesünder sein als eines mit der vollen Ladung tierischem Fett und Zuckerzusatz. Es lohnt sich also bei Light-Produkten genau auf das Etikett zu schauen, denn bei manchen können wir uns tatsächlich mit gutem Gewissen belohnen, und unsere Darmbakterien dürfen mitnaschen.

Inulin bindet nicht so gut an unsere Zellen wie GOS. Vor Reisedurchfall schützte es in einer sehr großen, gut angelegten Studie nicht – allerdings gaben die Inulin nehmenden Probanden

an, dass sie sich deutlich wohler fühlten. Bei der Kontrollgruppe, die nur ein Placebo bekam, gab es diesen Wohlfühleffekt nicht. Man kann es in verschiedenen Längen produzieren, das ist super für eine besonders schöne Verteilung der guten Bakterien. Kurze Inulinketten werden am Anfang des Dickdarms von den Bakterien verspeist, längere Ketten eher am Ende.

Dieser sogenannte ITFMIX mit verschiedenen Längen hat da gute Ergebnisse, wo mehr Fläche = besseres Ergebnis bedeutet. Bei der Aufnahme von Calcium zum Beispiel: Hier braucht man Bakterien, die es überall durch die Darmwand schleusen. ITFMIX konnte bei jungen Mädchen in einem Experiment die Calciumaufnahme um bis zu 20 Prozent verbessern. Das ist gut für die Knochen und kann so vor Osteoporose (schwache Knochen) im Alter schützen.

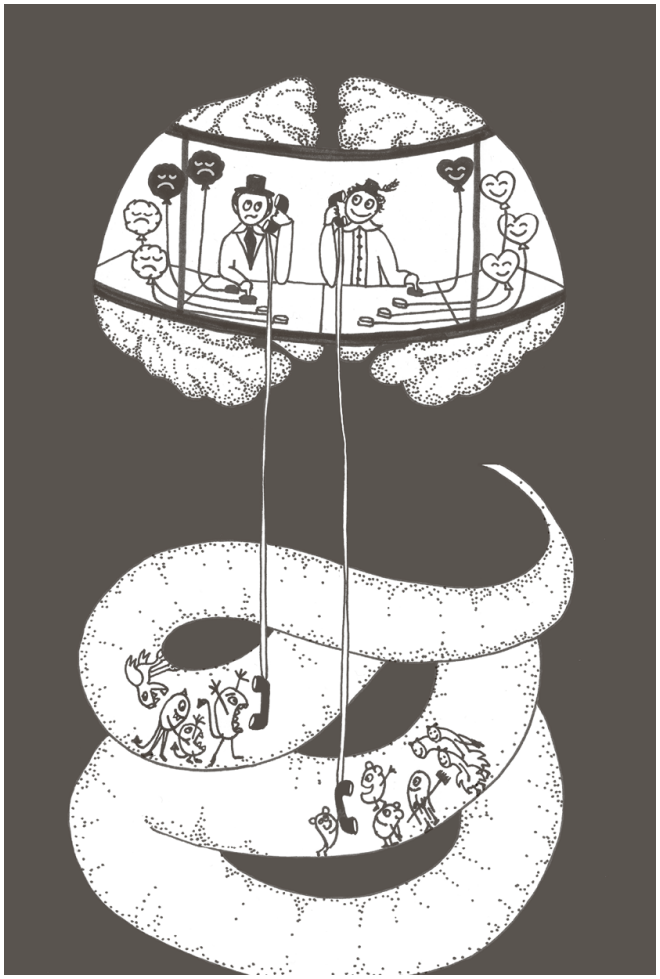
Calcium ist deswegen so ein schönes Beispiel, weil es gut zeigt, wie weit man mit Präbiotika gehen kann: Erstens muss man trotzdem noch genug Calcium zu sich nehmen, um überhaupt einen Effekt zu haben, und zweitens bringen Präbiotika nichts, wenn andere Organe das Problem sind. In den Wechseljahren bekommen viele Frauen schwächere Knochen. Hier haben die Eierstöcke ihre große Midlife-Crisis. Sie müssen sich von der Hormonproduktion verabschieden und langsam lernen, die Entspanntheit des Rentnerdaseins zu genießen. Die Hormone fehlen den Knochen! Hier kann auch kein Präbiotikum das Ding mehr reißen, wenn es um Osteoporose geht.

Unterschätzen sollte man das Ganze allerdings auch nicht. Kaum etwas beeinflusst die Darmbakterien so sehr wie unsere Nahrung. Präbiotika sind die mächtigsten Werkzeuge, um gute Bakterien zu fördern – und zwar solche, die schon in unserem Darm sind und dort auch bleiben. Vor allem präbiotische Gewohnheitstiere wie meine kartoffelsalatsüchtige Oma fördern, ohne es zu wissen, die besten Teile ihres Mikrobenorgans. Ihr zweites Lieblingsessen ist übrigens Lauchgemüse. Wenn früher alle im Haus krank waren, brachte sie grinsend Suppe vorbei und spielte ein paar Lieder auf dem Klavier. Der Anteil ihrer Mikroben daran ist noch unbekannt – unlogisch ist er aber nicht.

Wir merken uns: Gute Bakterien tun gut. Wir sollten sie so ernähren, dass sie möglichst große Teile des Dickdarms bevölkern können. Dazu reichen keine Nudeln oder weißes Brot, die in Fabriken aus weißem Mehlbrei aufs Fließband gepresst werden. Es müssen manchmal schon richtige Ballaststoffe dabei sein aus echten Gemüsefasern oder Fruchtfleisch. Diese können auch süß schmecken und lecker sein – ob aus frischen Spargeln, Sushi-Reis oder pur isoliert aus der Apotheke. Das kommt bei unseren Bakterien an, und sie danken uns mit guter Arbeit.

Unter dem Mikroskop sehen wir die Bakterien nur als helle Punkte auf dunklem Hintergrund. Doch zusammen ergeben sie mehr: Jeder Einzelne von uns hat ein Volk. Die meisten sitzen brav in der Schleimhaut und trainieren Immunzellen, balsamieren unsere Darmzotten, essen, was wir nicht brauchen, oder stellen Vitamine für uns her. Andere sitzen nah an den Darmzellen, piksen diese auch mal oder stellen Gifte her. Wenn Gutes und Schlechtes in einem richtigen Verhältnis steht, kann uns das Schlechte abhärten, während das Gute uns pflegt und gesund hält.





Kleines Vorwort zur Aktualisierung

Als ich 2013 daran saß, die Texte zur Darm-Hirn-Achse zu schreiben, bekam ich einen Monat lang kein einziges Wort aufs Papier. Dieser Forschungsbereich war damals sehr neu – es gab fast nur Studien an Tieren, und so standen mehr Vermutungen im Raum als harte Fakten. Ich wollte unbedingt davon erzählen, welche Experimente und Überlegungen existierten – hatte gleichzeitig aber Angst, zu früh falsche Hoffnungen zu wecken oder Halbwahres zu schreiben. Als ich an einem grauen Donnerstag schniefig bei meiner Schwester am Küchentisch saß, mit der Sorge, dass ich es nicht schaffen würde, den Text akkurat und anschaulich genug zu schreiben, sagte sie irgendwann, fast befehlend, zu mir: »Jetzt schreibst du einfach über das, was du selber von alldem verstanden hast – und wenn es in den nächsten Jahren konkretere Infos gibt, dann kann man das sicher auch noch dazuschreiben.«

Gesagt, getan.

Neues zur Darm-Hirn-Achse

An etwas zu forschen ist wie im Nebel durch eine unbekannte Gegend zu laufen. Nicht viele würden es gerne jeden Tag tun und dabei immer wieder begeistert Fotos von neu auftauchenden Sträuchern oder Häuserwänden schießen. Es kann passieren, dass man lange Zeit einer Wollschnur folgt, bis man irgendwann feststellt, dass der eigene Pullover immer kleiner wird. Dann nach Hause zu kommen und ehrlich zu erzählen, was man heute entdeckt hat, ist nur … geht-so-cool.

Vor ein paar Jahren wussten wir von depressiven Mäusen, die durch bestimmte Bakterien munterer wurden – oder Ratten, die ihren Charakter wechselten, wenn sie Darmbakterien anderer Ratten eingeflößt bekamen. Der Begriff »Psychobiotika« war geboren: psychologisch wirksame Mikroben – eventuell sogar für Krankheiten wie Depressionen. Was wir noch nicht wissen konnten, war: Würden Psychobiotika tatsächlich auch eine Wirkung auf den Menschen haben?

Mittlerweile gibt es etwa zwanzig solide Studien an Menschen. Drei der getesteten Bakteriencocktails zeigen darin keine Wirkung, alle anderen aber (und das ist vermutlich die aufregendere Nachricht) haben einen Effekt auf die Psyche von Menschen. Das Bild, das sich insgesamt ergibt, sieht realistisch aus: Die Bakterien sorgen nicht für plötzliche Stimmungsumschwünge, sondern beeinflussen unsere Stimmung langsam, oft erst drei bis vier Wochen nach der Einnahme und nur in gewissem Maße. Auch beim Thema Stress hat ein erstes Umdenken stattgefunden, sodass der Darm hier mittlerweile eine Rolle spielt.

Was genau passiert und wie stark, muss man einzeln anschauen, denn fast jedes Forschungsteam probierte andere Bakterien aus.

Stimmung

Bei Experimenten zur Stimmung reizt es, zunächst zu fragen: Welche Gefühle sind alle in unserer Stimmung enthalten? Aus was besteht Stimmung sozusagen? Die meisten Wissenschaftler benutzen hierfür Fragebögen. Hinter vielerlei Fragen verstecken sich dann Kategorien, in die sie Stimmung einteilen: niedergeschlagen bis fröhlich, ängstlich bis mutig, wütend oder sanftmütig, sorgenvoll (zum Beispiel dem eigenen Körper gegenüber) oder wohlwollend und und und.

So lief das auch bei einem der ersten vorsichtigen Tastversuche einer englischen Forschergruppe ab. Lactobacillus casei Shirota (ein Bakterium, bekannt aus Joghurtdrinks im Supermarkt) verbesserte bei dem schlechtgelauntesten Drittel ihrer Testpersonen nach dreiwöchiger Einnahme die Laune, und zwar von »niedergeschlagen« in Richtung »fröhlich«. Bei den besser Gelaunten bewirkte es keine weitere Steigerung, und auch andere Bereiche wie Wut oder Ängstlichkeit wurden nicht wirklich beeinflusst.

Anders war das in einer französischen Studie. Ausprobiert wurde eine Kombination aus zwei Bakterien (Bifidobakterium longum und Lactobacillus helveticus – in der »Zutatenliste« oft abgekürzt als B. Longum und L. Helveticus). Bei den Testpersonen veränderte sich nach vier Wochen nicht nur die Depressionstendenz zum Positiven, sondern auch Parameter für Wut oder die Neigung, körperliche Zipperlein weniger schlimm zu finden als sonst.

Ein holländisches Team wurde spezifischer mit dem, was man in die Kategorie »Stimmung« einsortiert. Ihm ging es um ganz spezielle Launen, nämlich kleine, alltägliche Stimmungstiefs. Solche, die alle Menschen immer wieder haben – auch wenn sie kerngesund sind. Es ist dann gar nichts Schlimmes passiert, man kann auch nicht wirklich sagen, woher die Stimmung kommt – aber man fühlt sich einfach unknackiger als sonst. Solche Momente sind selten Diskussionsstoff in Unterhaltungen oder Material für die Nachrichten – in der psychologischen Forschung ist es zurzeit

jedoch ein heißes Thema. Allerdings geht es nicht um die Stimmungsknicks selbst, sondern darum, welche Reaktion sie in uns auslösen.

Mit kaum etwas anderem kann man so genau vorhersagen, ob ein gesunder Mensch Depressionen bekommen könnte oder nicht. Allem voran, zeigte sich unruhiges Herumgrübeln – zum Beispiel, um nach möglichen Schuldigen zu suchen – in Studien immer wieder als die ungünstigste Reaktion.

Die Testpersonen sollten sich in diesem Versuch mehrere Minuten lang in folgende Situation hineindenken: Es ist definitiv kein Supertag, man fühlt sich einfach nicht auf der Höhe, aber es ist auch nicht wirklich etwas Heftiges passiert, das daran schuld sein könnte. Nun sortierten die Probanden ein, wie ihre Reaktion auf diese Stimmung aussah, mit Aussagen wie:

»Wenn ich mich so fühle, fahre ich schneller aus der Haut und verliere meine Geduld.«

»Wenn ich mich so fühle, grüble ich viel darüber nach, was gerade schlecht läuft. / oder: wie mein Leben wohl wäre, wenn einiges anders gelaufen wäre.«

Oder auch:

»Wenn ich traurig bin, fühle ich mich öfter hoffnungslos gegenüber allem.«

Einsortieren konnte man sich in guter, alter Testfragen-Manier in Kategorien wie:

nö – eigentlich nie / kaum / manchmal / oft / oh ja – absolut! (0 bis 4 Punkte)

Bevor die Bakterieneinnahme gestartet wurde, erreichten die Testpersonen durchschnittlich rund 43 von 136 möglichen Punkten. Sie befanden sich also in einem gesunden Durchschnitt und reagierten nicht besonders grübelig, wütend oder hoffnungslos. Nun nahmen sie vier Wochen lang täglich einen Bakterien-Mix ein. Mund auf, Pülverchen rein, Mund zu. Die Gruppe, die (ohne es zu wissen) ein Placebo bekam, veränderte ihre Antworten kaum. Wer die echten Bakterien genommen hatte, schnitt jetzt vor allem in zwei Bereichen besser ab: Wut und Herumgrübelei, und das um rund 10 Prozent (was in etwa bedeutet: die Hälfte der Fragen zu diesen Bereichen wurde nun eine Stufe positiver beantwortet).

Das ist nicht der gleiche Effekt, den Kokain hätte – oder eine starke Beruhigungstablette, aber eben auch nicht der gleiche Effekt, den ein Placebo hat. Mit solchen Ergebnissen kommen wir der Frage näher: Wie groß ist die Wirkung des Darms auf unsere Stimmung? Und auch ein Stück weit: Bei welchen Bereichen der Stimmung kann er mitwirken?

Stress

Während Stimmung in verschiedenen Bereichen unseres Nervensystems entsteht, ist Stress eher der Zustand, in dem sich das Nervensystem befindet. Ein gestresstes Nervensystem ist wie ein gespannter Bogen – in dauernder Bereitschaft und empfindlich für jeden Reiz von außen. So etwas ist prima für einen Hindernisparcours oder in einer gefährlichen Situation beim Autofahren. Als eine Art Dauer-Lebensstil ist so ein Modus allerdings ziemlich kostspielig … in etwa so, als würde man mit einem Monster-Truck zum Supermarkt um die Ecke fahren. Unser Darm leiht dem Gehirn viel Energie, um mit Stress fertig zu werden (S. 141 f.). Könnte unser Bauch auch helfen, Stressgefühle abzumildern? In seinem Eigeninteresse sozusagen?

Hier hat es sich gelohnt, auf neuere Ergebnisse zu warten, denn die Forschung hat mittlerweile ihr Gesicht verändert. Das Fazit der ersten Experimente mit Menschen lautete zunächst: Ein stressiger Alltag oder eine angsteinflößende Prüfung blieb für die Versuchspersonen genauso stressig und angsteinflößend – egal, welche netten Mikroben sie für ihren Darm schluckten. Wobei die Mikroben helfen konnten, war, die körperlichen Effekte von Stress zu verringern, also Stresshormone, nervöse Bauchschmerzen, Übelkeit, Durchfall oder Erkältungsneigung.

Schaut man sich eine dieser Studien jedoch genauer an, entdeckt man einen interessanten Hinweis. Eine Bakteriensorte veränderte auch, wie gestresst man sich fühlte – allerdings nur in einer bestimmten Untergruppe: der der Wenig-Schläfer. Wer vor der Prüfung weniger schlief, wurde mit der Zeit immer gestresster. Dieser Effekt fiel bei denjenigen milder aus, die täglich Bifidobakterium bifidum schluckten. Sie waren zwar auch gestresst – aber ein Stückchen weniger als Kollegen mit gleich wenig Schlaf. Zwei andere Bakteriensorten (Lactobacillus helveticus, Bifidobakterium infantis) wurden in der Studie ebenfalls getestet, bewirkten aber nicht das Gleiche.[1]

Dieses Ergebnis machte Mut: Es könnte sich lohnen, sich weiter durch die Mikrobenwelt durchzuprobieren – denn ein Bakterium schaffte nun etwas, das andere nicht hinkriegten: Es verringerte Stressgefühle. Kurze Zeit darauf kamen Neuigkeiten aus Irland. Einige der Forscher, die damals auch das Experiment der schwimmenden Maus (S. 134 f.) durchgeführt hatten, wagten sich nun in die Manege der Menschen-Studien. Ein spezifisches Bifidobakterium (Bifidobakterium longum 1714) war in ihren Versuchen an Mäusen äußerst wirkungsvoll. Es senkte Stressparameter und half den Tieren, schneller dazuzulernen. Also testeten sie es nun an einer kleinen Gruppe Menschen.

Wer an diesem Experiment teilnahm, musste jeden Tag online einen Fragebogen zu seinen Stressgefühlen ausfüllen, außerdem wurde er dreimal innerhalb von acht Wochen in ein Labor eingeladen, um

1. einen ulkigen Helm aufzuziehen,

2. eine Hand in eiskaltes Wasser zu stecken und
3. Denkaufgaben auf einem Tablet zu erledigen.

Mit dem lustigen Helm misst man, wie aktiv die verschiedenen Gehirnbereiche gerade sind. Würde man diesen Helm seinem Partner aufsetzen, während man vom langweiligen Bürotag erzählt, könnte man dabei zusehen, wie die Aktivität im Zuhörbereich langsam abnimmt und es dafür im Herumträumabteil partymäßig abgeht.

Die Hand im unerträglich kalten Wasser ist ein astreiner Test, um Stress zu messen. Man misst die Zeit, wie lange die Hand im Wasser gelassen werden kann, und steckt der Versuchsperson dabei immer wieder Wattestäbchen in den Mund. Die Wattestäbchen saugen etwas Speichel auf, in dem man dann wiederum die Menge der Stresshormone bestimmen kann. Egal wie oft man den Test wiederholt, reagiert man immer wieder gleich. Ein Nervensystem, das Kältestress meldet, ist kein Gewohnheitstier … sonst würde uns der Winter nach einer Weile immer wärmer vorkommen. Sobald man fertig ist und die Hand in Sicherheit gebracht hat, werden noch einige Fragen gestellt. Hier wollen die Forscher wissen, wie ängstlich man sich fühlt, nachdem man gerade einen Schwall aufgeregter Hormone abbekommen hat.

Fast alle Parameter waren nach vierwöchiger Einnahme von Bifidobakterien etwas anders. Der empfundene tägliche Stress war laut Online-Fragebögen um etwa 15 Prozent geringer, verglichen mit dem Placebo-Effekt. Das Handeintunken löste immer noch die gleiche Reaktion aus (wie erwartet … das Wasser war schließlich immer noch eiskalt), allerdings auf einem insgesamt niedrigeren Stresshormonlevel, als es vorher der Fall gewesen war – und außerdem: ohne dass diese Hormone zu mehr Ängstlichkeit führten.

Auch Elektrodenhelm und Tablet waren nicht umsonst: Bei den Merkaufgaben machte die Bakteriengruppe nun etwa zwei bis fünf Fehler weniger – verglichen mit der Placebo-Gruppe (ein bis drei Fehler weniger) also schon ein Erfolg. Diese Wirkung sah man

auch beim Helm! Ein Hirnbereich, den wir fürs Lernen benutzen und der auch bei Alzheimer schwächer wird, war nun aktiver. Das Placebo hatte hier nichts verändert – die Bakterien aber schon.

Der Darm kann unserem Gehirn Impulse schicken, über Nervenfasern zum Beispiel (S. 134). Die irischen Forscher hatten aber auch eine andere Erklärung – die Bakterien könnten das Gedächtnis auch verbessert haben, indem sie das Stresshormonlevel senkten. Und zwar so: Das Gehirngebilde, das unsere Erinnerungen archiviert und verknüpft (Hippocampus), ist sehr dicht besiedelt mit Sensoren für Stresshormone. Registriert es viele davon, drosselt das Gehirn dort die Aktivität. Denn wer gerade vor einem wilden Tier wegrennt, sollte keine Energie darauf verschwenden, sich die Pflanzen der Umgebung einzuprägen. In stressigen Lebensphasen entwickeln wir so auch eine Art Tunnelblick – um unsere Aufmerksamkeit auf das Problem zu richten.

Spannend ist diese Überlegung für viele – nicht nur für Fans von Bifidobakterium longum 1714, sondern auch für Darmpatienten, die sich in Problemzeiten nicht so konzentrieren können wie sonst, oder auch für Schüler, die bei einer gemeinen Abfrage nicht mehr gut mit ihrem Gehirn kooperieren können. Ob der Stress vom Darm oder dem Gehirn gemeldet wird, spielt dabei eventuell gar nicht immer so eine große Rolle. Über Nerven und Signalstoffe im Blut können beide unsere Nebenniere anregen (das Organ, das die Stresshormone letztendlich herstellt). Und genau hier wäre es auch möglich wieder zurück zur Stimmung zu kommen.

Nehmen wir hierfür die kleinen Stimmungstiefs aus der Studie der Holländer. Wir erinnern uns – egal wie nett das eigene Leben ist, alle haben sie. Wer jetzt angeregt durch so eine Laune in Problemgrübelei verfällt, hat in unserer modernen Welt ein wundervoll-breites Angebot an Dingen, über die man problem-grübeln kann. Und noch wichtiger: solche, die man gar nicht mehr ändern kann. Irgendein Politiker auf der Welt hat etwas Doofes gesagt, das man in früheren Zeiten nie erfahren hätte. Irgendwo ist ein Flugzeug verunglückt mit einem ganzen Fußballteam, von dem man sonst nie gehört hätte. Irgendein Mensch zeigt uns ein

glattpoliertes Bild von seinem Leben online, und wir vergleichen uns mit etwas, das wir sonst nie so präsentiert bekommen hätten.

Das Herumgrübeln über Unabänderliches kann – wenn wir es ausgiebig genug betreiben – bei uns wiederum Stressgefühle auslösen. Stresshormone bringen uns vermehrt in den Tunnelblick-Modus. So wird es immer schwieriger, anderes außer unseren Problemen wahrzunehmen. Das wiederum stresst. Et voilà: ein Spaziergang im Kreis. So wird ein eigentlich gutgemeintes Hilfsprogramm unseres Körpers zweckentfremdet, und wir schlittern mehr und mehr in »gestresstes Gejammer«, statt unsere direkte Umwelt zu betrachten, neugierige Fragen zu stellen oder uns um etwas zu kümmern, das uns guttut.

Depression

Wenn es um Grübeln, Wut oder Stress geht, heißt die vorläufige Antwort also: Unser Darm kann mit 10 bis 15 Prozent beteiligt sein. Er gibt dem Gehirn Infos über unsere Innenwelt, die besorgniserregend oder beruhigend wirken können. So könnte er zum Hineinschlittern in Stimmungen beitragen – inwiefern er beim Herauskommen aus einer manifesten Depression helfen kann, ist damit aber noch nicht gesagt.

Vorexperimente wecken hier zunächst Hoffnung. Irische Forscher sammelten beispielsweise Darmbakterien von Menschen mit Depression und verabreichten sie Ratten. So etwas geht nicht einfach durch ein Händeschütteln, sondern indem die Därme der Ratten keimfrei gemacht und ihnen die Bakterien hochkonzentriert eingeflößt werden. Daraufhin entwickelten die Ratten depressives Verhalten, das sie vorher nicht hatten.

Bei puren Experimenten mit Menschen steht die Forschung noch sehr am Anfang. Ein häufig benutztes Werkzeug ist hier der »Becks Depression Inventory Test«. Mit ihm bestimmen Wissenschaftler, wie schwer eine Depression ist (oder ob es vielleicht nur eine

vorübergehende Verstimmung ist). In den 21 Fragen geht es überraschenderweise gar nicht nur darum, ob man sich traurig oder unzufrieden fühlt, sondern es zählt auch, ob man schlechter schläft, Schwierigkeiten hat, sich zu entscheiden, sich immer stärker um die eigene Gesundheit sorgt oder auffällig weniger Interesse an Sexualität besteht (im Vergleich zu früheren Zeiten). Im Grunde fragt man so auf indirekte Weise verschiedene Hormonsysteme in unserem Körper ab.

Es gibt erst zwei Studien, in denen unter kontrollierten Bedingungen probiotische Bakterien gegen eine Depression ausprobiert wurden. In der ersten Studie von 2015 verbesserte eine Kombination aus zwei Bakterien (Lactobacillus acidophilus, Bifidobakterium bifidum) zusätzlich zu Medikamenten den Zustand der Patienten – allerdings fiel die Wirkung gering aus, sobald man alle möglichen Störfaktoren aus den Ergebnissen herausrechnete. In einer anderen Studie von 2017 hatten zwei Bakterien (Lactobacillus helveticus, Bifidobakterium longum) keinen Effekt auf eine depressive Verstimmung. Allerdings fanden die Forscher den Hinweis, dass die Effekte vom Vitamin-D-Spiegel abhängig sein könnten. Bei den Testpersonen mit ausreichend hohem Vitamin-D-Pegel im Blut verbesserten Mikroben die Laune – insgesamt wurden aber zu wenige Menschen untersucht, um daraus schon eine wissenschaftliche Aussage abzuleiten.

Dies sind die ersten zwei Schritte in eine neue Forschungsstraße. Wenn wir weiterlaufen, werden wir eine Richtung erkennen. Lassen sich Depressionen durch unseren Darm vielleicht eher vorbeugen? Eignen sich Bakterien eher als Zusatzbehandlungen nebst Medikamenten, Therapien und Veränderungen des Lebensstils? Oder: Behandelt man Depressionen vielleicht am besten so, dass man mögliche Ursachen gleichzeitig angeht – also Darm (per Bakterien und Ernährung), Gehirn (mit Medikamenten und Therapien) und andere mögliche Auslöser (wie z.B. Vitaminpegel, Sport oder Arbeitsbedingungen)? Es könnte auch sein, dass es verschiedene Arten der Depression gibt – manche, für die der Bauch-Anteil

wichtig ist und bei denen er gut zur Heilung beitragen kann, und andere, bei denen das nicht so ist.

Das Ziel dieses Weges soll nicht sein, ein »Super-Bakterium« zu finden, das dann alle täglich schlucken. Das Ziel ist auch nicht, dass wir alle immer fröhlich sind – sondern viel eher das Leben in diesem Körper besser zu verstehen. Dazu gehört auch, bei Stress oder Stimmungstiefs nicht nur an äußere Umstände zu denken, sondern auch auf sein Innenleben zu achten. Sollten wir in Zukunft besonders effektive Mikroben entdecken, die uns dabei streckenweise unterstützen – prima. Während die Forscher da draußen im Nebel allerdings noch weitersuchen, sollten wir wertschätzen, was wir schon haben: gute Mikroben in und um uns und altes Wissen, wie wir ihnen mehr Macht geben.

Anmerkung zum Kapitel

1 Für diesen Versuch wurden 581 Studenten ein paar Wochen vor den Prüfungen in vier Gruppen eingeteilt. Die einen bekamen eine Kapsel, die mit wirkungslosem Pulver gefüllt war, die anderen jeweils ein anderes Bakterium (Lactobacillus helveticus, Bifidobakterium infantis oder Bifidobakterium bifidum).

Kluge Lust auf Sauer

Wünsche und Gelüste zu verstehen kann manchmal unnötig sein. Wer sich zu Hause gerne ab und zu sinnlos über den Wohnzimmerboden rollt, dem sei dies gegönnt. Bei dem, was wir gerne aufessen und hinunterschlucken, kann es allerdings hilfreich und spannend sein, zu verstehen, warum man etwas will.

Nehmen wir ein Glas Wasser und füllen es mit genau so viel Zucker, wie die gleiche Menge Cola hat. Dieses Gemisch würde kaum jemand freiwillig austrinken. Es würde uns vermutlich sogar davor ekeln, ein weiteres Glas einzuschenken, denn unser Körper ist klug.

Tun wir nun etwas, auf das wir uns in einigen Millionen Jahren Evolution nicht vorbereiten konnten, fällt dieses Experiment anders aus. Wir geben etwas Zitronensäure in das Zuckerwasser (in Cola vertreten durch Kohlensäure und Phosphorsäure) – und tada: köstlich. Ein Glas ist nun in einem Zug runtergeschluckt, und unser Gehirn sagt händeklatschend: Juhu!

Säure kennt unser Körper von Früchten oder guten Bakterien (zum Beispiel Milchsäurebakterien in Joghurt). Ist die Säure nicht zu stark und in Kombination mit anderen Nährstoffen, vertraut unser Geschmack ihr. Um ein wohlig schmeckendes Essen zuzubereiten, nutzen wir deshalb gerne eine saure Komponente – Tomaten in der Soße, ein Schuss Zitrone über Fisch, etwas Wein beim Ablöschen von Zwiebeln. Diese kluge Lust ist spannend für Mikroben-Interessierte. Eine Frage könnte sein: Sehnen wir uns bei der Sauer-Lust eigentlich nach guten Bakterien?

Wer in den letzten Jahrtausenden Lust auf die Note »sauer« hatte, bekam dies in aller Regel durch gute Mikroben. Unsere Vorfahren fermentierten Weißkohl zu Sauerkraut, tranken Wein statt Wasser (das im Mittelalter meist gefährlich verseucht war). Sie machten ihr Brot noch aus echtem Sauerteig und stellten eigene Sauermilch und Joghurt her. Zitrusfrüchte oder gesäuerte

Limonaden gab es eher nicht. Diese Überlegung gibt den Anlass für ein kleines Selbstexperiment.

Zu Hause Gemüse mit Bakterien fermentieren aka Sauerkraut machen

Fermentieren bedeutet: Essen wird von Bakterien vorverdaut. Schlechte Bakterien oder Pilze würden nicht nett fermentieren, sondern das Essen verderben und ungenießbar machen. Gute Bakterien bearbeiten Essen so, dass es für uns bekömmlicher ist als davor. Weißkohlzellen (oder andere Pflanzenzellen) können sie besser aufspalten, als unsere Verdauungsenzyme das schaffen. Sie vereinfachen unserem Darm also die Arbeit und produzieren währenddessen sogar noch zusätzliche Vitamine. Gleichzeitig stellen sie Säuren her, die gefährliche Bakterien abtöten, und machen unser Essen so haltbar. Da überall in unserer Umgebung gute Bakterien herumhängen, macht es Sinn, ihnen kurzerhand eine sinnvolle Tätigkeit und etwas Nahrung zu geben. So vermehren wir sie und machen sie damit mächtiger.



1. Der Klassiker ist Weißkohl, es gehen aber auch fast alle anderen Gemüse, die man roh essen kann. Wie zum Beispiel Karotten oder Gurken (saure Gurken sind allerdings die absolute Königsdisziplin, da sie nur durch ganz bestimmte Prozesse noch knackig bleiben). Weil schon einige gute Bakterien auf den Kohlblättern oder der Karottenschale draufsitzen, muss man keine besonderen Bakterien dazugeben. Hier lohnt es sich, auf ungespritztes Gemüse zu achten.
2. Je nachdem, wie schnell das Fermentieren gehen soll, Gemüse ganz dünn schneiden oder reiben (= eine Woche Fermentierzeit) oder aber ganz lassen (= vier bis sechs Wochen Fermentierzeit). Hierbei ist sauberes Arbeiten angebracht, wir wollen schließlich nicht alle möglichen Küchenbakterien mit in den Topf steigen lassen.

3. Auf ein Kilogramm kommen 10 bis 15 Gramm Salz. Das verlangsamt insgesamt das Bakterienwachstum und schützt so davor, dass kein unguter Keim zu schnell alles überwuchert, bevor die guten Bakterien sich an die Arbeit machen. Die richtige Menge Salz ist wichtig – zu viel, und es passiert nix; zu wenig, und das Ganze kann eher verderben und doof schmecken. Meersalz ist gut geeignet – auf gar keinen Fall geht Jodsalz, denn Jod hemmt die Bakterien zu sehr.
4. Mit angemessener Inbrunst kneten. So vermischt man das Salz und bricht besonders starre Zellwände teilweise auf. Mit Hilfe des Salzes läuft jetzt das Wasser aus den Kohlzellen heraus, und man kann es nutzen, um ihn später darin einzulegen.
5. In einem Glas, das man luftdicht zumachen kann, fest hinunterdrücken. Wichtig ist, dass alles unter der Flüssigkeit eingeschlossen ist, denn Sauerstoff stört fermentierende Bakterien, und was herausragt, ist nicht durch die Säure geschützt und kann schimmeln. Kam aus Kohl oder Karotten nicht genug Flüssigkeit heraus, um alles zu bedecken, kann man noch etwas Salzwasser dazugeben (auf 250 ml Wasser einen großzügigen Teelöffel Salz). Ragt dann immer noch Gemüse oberhalb der Flüssigkeit heraus, wäre es gut, ein Gewicht draufzulegen (hierfür gibt es sogar extra »Sauerkraut-Gewichte« – ein passender Stein, den man vorher abkocht, tut es aber auch). Wer einen bestimmten Geschmack will, kann jetzt noch alles Mögliche mit in das Glas legen wie Kümmelsamen, rote Beete oder zu Karotten etwas Ingwer.

Während des Fermentierens kann man manchmal beobachten, wie kleine Bläschen im Glas aufsteigen. Menschen aus früheren Kulturen, die noch nichts von Bakterien wussten, tanzten deshalb um die Fermentationstöpfe, weil sie dachten, man müsse dem Gemüse beibringen aufzublubbern. Andere wiederum ließen das Ganze in Ruhe, weil sie Angst hatten, sie könnten die Götter sonst von der Arbeit daran ablenken. Wenn alles nach der Fermentierzeit fertig ist, sollte es säuerlich schmecken und nicht zu schleimig oder

alkoholisch. Ab jetzt kann es in den Kühlschrank. Das Supermarkt-Sauerkraut wird dann übrigens abgekocht, damit die Bakterien nicht weiterfermentieren. Das würde den Plastikbeutel aufblasen und den Geschmack immer saurer werden lassen. Beim Abkochen gehen allerdings nicht nur die Bakterien kaputt, sondern auch ein Teil des von ihnen produzierten Vitamin C. Oft wird deshalb nach dem Kochen Vitamin-C-Pulver zugesetzt. Durch die Säure ist Fermentieren die sicherste Art, Essen selbst haltbar zu machen – während Dosen oder Einmachgläser schon zu Krankheitsfällen durch temperaturresistente Bakterien geführt haben, gibt es bis heute noch keinen einzigen gemeldeten Krankheitsfall durch fermentiertes Essen.

Von unserem selbstproduzierten Sauerkraut (oder sauren Karotten) kann man jetzt an alles Mögliche ein, zwei Löffel dazugeben: an Salat statt Essig, zum Burger statt Essiggurken, in Suppen oder Eintopf (kurz vorm Servieren), an Gemüse und Reisgerichte oder für enorm Experimentierfreudige sogar mit Honig an den Frühstücksbrei. Und dann: Mal sehen, ob Sie irgendwann anfangen, dieses spezielle »Sauer« immer öfter essen zu wollen. Wenn der Appetit die Sache nach ein paarmal Ausprobieren gut findet, ist er die höchste Instanz.

Dank

Dieses Buch gäbe es nicht ohne meine Schwester Jill. Ohne deinen freien, rationalen und neugierigen Geist wäre ich oft steckengeblieben in einer Welt, in der Gehorsam und Konformität einfacher sind als Mut und der Wille zu effizienten Fehlern. Obwohl du selbst viel zu tun hast, warst du immer da, um meine Texte mit mir durchzugehen und mich auf neue Ideen zu bringen. Du hast mir beigebracht, wie man kreativ arbeitet. Wenn ich mich schlecht fühle, dann erinnere ich mich, dass wir aus demselben Holz sind und jede von uns ihren Stift auf andere Weise einsetzt. Ich danke Ambrosius, der mich unter seinem Arm vor zu viel Arbeit versteckt. Ich danke meiner Familie und meinem Patenonkel, weil sie mich umschließen wie der Wald einen Baum und auch in windigen Zeiten auf dem Boden halten. Ich danke Ji-Won, weil sie mich während der Arbeit an diesem Buch so oft durchgefüttert hat – mit Essen und ihrer fabelhaften Art. Anne-Claire und Anne danke ich für ihre Hilfe bei den kniffeligsten Fragen!

Ich danke Michaela und Bettina, durch deren scharfe Sinne dieses Buchprojekt überhaupt erst zustande gekommen ist. Ohne mein Studium hätte ich das nötige Wissen nicht gehabt, deshalb danke ich allen guten Professoren und dem deutschen Staat, der meine Uni bezahlt. Allen Menschen, die ihre Arbeit in dieses Buch gesteckt haben – über die Pressereferenten, Verlagsvertreter, die Hersteller, Setzer, das Marketing, die Korrekturleser, Buchhändler, Postboten bis hin zum gerade dies Lesenden: vielen Dank!

Wichtigste Quellen

Angegeben sind vor allem Quellen zu Inhalten, die nicht in Standardlehrbüchern zu finden sind.

Kapitel 1

Bandani, A. R.: »Effect of Plant a-Amylase Inhibitors on Sunn Pest, Eurygaster Integriceps Puton (Hemiptera: Scutelleridae), Alpha-Amylase Activity«. In: *Commun Agric Appl Biol Sci*. 2005; 70 (4): S. 869–873.

Baugh, R. F. et al.: »Clinical Practice Guideline: Tonsillectomy in Children«. In: *Otolaryngol Head Neck Surg.* 2011 January; 144 (Suppl. 1): S. 1–30.

Bengmark, S.: »Integrative Medicine and Human Health – The Role of Pre-, Pro- and Synbiotics«. In: *Clin Transl Med*. 2012 May 28; 1 (1): S. 6.

Bernardo, D. et al.: »Is Gliadin Really Safe for Non-Coeliac Individuals? Production of Interleukin 15 in Biopsy Culture from Non-Coeliac Individuals Challenged with Gliadin Peptides«. In: *Gut*. 2007 June; 56 (6): S. 889 f.

Bodinier, M. et al.: »Intestinal Translocation Capabilities of Wheat Allergens Using the Caco-2 Cell Line«. In: *J Agric Food Chem*. 2007 May 30; 55 (11): S. 4576–4583.

Bollinger, R. et al.: »Biofilms in the Large Bowel Suggest an Apparent Function of the Human Vermiform Appendix«. In: *J Theor Biol*. 2007 December 21; 249 (4): S. 826–831.

Catassi, C. et al.: »Non-Celiac Gluten Sensitivity: The New Frontier of Gluten Related Disorders«. In: *Nutrients*. 2013 September 26; 5 (10): S. 3839–3853.

Kim, B. H.; Gadd, G. M.: *Bacterial Physiology and Metabolism*. Cambridge: Cambridge University Press, 2008.

Klauser, A. G. et al.: »Behavioral Modification of Colonic Function. Can Constipation Be Learned?«. In: *Dig Dis Sci.* 1990 October; 35 (10): S. 1271–1275.

Lammers, K. M. et al.: »Gliadin Induces an Increase in Intestinal Permeability and Zonulin Release by Binding to the Chemokine Receptor CXCR3«. In: *Gastroenterology*. 2008 July; 135 (1): S. 194–204.

Ledochowski, M. et al.: »Fructose- and Sorbitol-Reduced Diet Improves Mood and Gastrointestinal Disturbances in Fructose Malabsorbers«. In: *Scand J Gastroenterol*. 2000 October; 35 (10): S. 1048–1052.

Lewis, S. J.; Heaton, K. W.: »Stool Form Scale as a Useful Guide to Intestinal Transit Time«. In: *Scand J Gastroenterol*. 1997 September; 32 (9): S. 920–924.

Martín-Peláez, S. et al.: »Health Effects of Olive Oil Polyphenols: Recent Advances and Possibilities for the Use of Health Claims«. In: *Mol. Nutr. Food Res*. 2013; 57 (5): S. 760–771.

Paul, S.: *Paläopower – Das Wissen der Evolution nutzen für Ernährung, Gesundheit und Genuss*. München: C. H. Beck-Verlag, 2013 (2. Auflage).

Sikirov, D.: »Etiology and Pathogenesis of Diverticulosis Coli: A New Approach«. In: *Med Hypotheses*. 1988 May; 26 (1): S. 17–20.

Sikirov, D.: »Comparison of Straining During Defecation in Three Positions: Results and Implications for Human Health«. In: *Dig Dis Sci*. 2003 July; 48 (7): S. 1201–1205.

Thorleifsdottir, R. H. et al.: »Improvement of Psoriasis after Tonsillectomy Is Associated with a Decrease in the Frequency of Circulating T Cells That Recognize Streptococcal Determinants and Homologous Skin Determinants«. In: *J Immunol*. 2012; 188 (10): S. 5160–5165.

Varea, V. et al.: »Malabsorption of Carbohydrates and Depression in Children and Adolescents«. In: *J Pediatr Gastroenterol Nutr*. 2005 May; 40 (5): S. 561–565.

Wisner, A. et al.: »Human Opiorphin, a Natural Antinociceptive Modulator of Opioid-Dependent Pathways«. In: *Proc Natl Acad Sci USA*. 2006 November 21; 103 (47): S. 17 979–17 984.

Kapitel 2

Agiulera, M. et al.: »Stress and Antibiotics Alter Luminal and Wall-adhered Microbiota and Enhance the Local Expression of Visceral Sensory-Related Systems in Mice«. In: *Neurogastroenterol Motil*. 2013 August; 25 (8): S. e515–e529.

Bercik, P. et al.: »The Intestinal Microbiota Affect Central Levels of Brain-Derived Neurotropic Factor and Behavior in Mice«. In: *Gastroenterology*. 2011 August; 141 (2): S. 599–609.

Bravo, J. A. et al.: »Ingestion of *Lactobacillus* Strain Regulates Emotional Behavior and Central GABA Receptor Expression in a Mouse via the Vagus Nerve«. In:

Proc Natl Acad Sci USA. 2011 September 20; 108 (38): S. 16 050–16 055.

Bubenzer, R. H.; Kaden, M.: auf www.www.sodbrennen-welt.de, (abgerufen im Oktober 2013).

Castrén, E.: »Neuronal Network Plasticity and Recovery from Depression«. In: *JAMA Psychiatry*. 2013; 70 (9): S. 983–989.

Craig, A. D.: »How Do You Feel – Now? The Anterior Insula and Human Awareness«. In: *Nat Rev Neurosci*. 2009 January; 10 (1): S. 59–70.

Enck, P. et al.: »Therapy Options in Irritable Bowel Syndrome«. In: *Eur J Gastroenterol Hepatol*. 2010 December; 22 (12): S. 1402–1411.

Furness, J. B. et al.: »The Intestine as a Sensory Organ: Neural, Endocrine, and Immune Responses«. In: *Am J Physiol Gastrointest Liver Physiol*. 1999; 277 (5): S. G922–G928.

Huerta-Franco, M. R. et al.: »Effect of Psychological Stress on Gastric Motility Assessed by Electrical Bio-Impedance«. In: *World J Gastroenterol*. 2012 September 28; 18 (36): S. 5027–5033.

Kell, C. A. et al.: »The Sensory Cortical Representation of the Human Penis: Revisiting Somatotopy in the Male Homunculus«. In: *J Neurosci*. 2005 June 22; 25 (25): S. 5984–5987.

Keller, J. et al.: »S3-Leitlinie der Deutschen Gesellschaft für Verdauungs- und Stoffwechselkrankheiten (DGVS) und der Deutschen Gesellschaft für Neurogastroenterologie und Motilität (DGNM) zu Definition, Pathophysiologie, Diagnostik und Therapie intestinaler Motilitätsstörungen«. In: *Z Gastroenterol*. 2011; 49: S. 374–390.

Keywood, C. et al.: »A Proof of Concept Study Evaluating the Effect of ADX10059, a Metabotropic Glutamate Receptor-5 Negative Allosteric Modulator, on Acid Exposure and Symptoms in Gastro-Oesophageal Reflux Disease«. In: *Gut*. 2009 September; 58 (9): S. 1192–1199.

Krammer, H. et al.: »Tabuthema Obstipation: Welche Rolle spielen Lebensgewohnheiten, Ernährung, Prä- und Probiotika sowie Laxanzien?«. In: *Aktuelle Ernährungsmedizin*. 2009; 34 (1): S. 38–46.

Layer, P. et al.: »S3-Leitlinie Reizdarmsyndrom: Definition, Pathophysiologie, Diagnostik und Therapie. Gemeinsame Leitlinie der Deutschen Gesellschaft für Verdauungs- und Stoffwechselkrankheiten (DGVS) und der Deutschen Gesellschaft für Neurogastroenterologie und Motilität (DGNM)«. In: *Z Gastroenterol*. 2011; 49: S. 237–293.

Ma, X. et al.: »Lactobacillus Reuteri Ingestion Prevents Hyperexcitability of Colonic DRG Neurons Induced by Noxious Stimuli«. In: *Am J Physiol Gastrointest Liver*

Physiol. 2009 April; 296 (4): S. G868–G875.
Mayer, E. A.: »Gut Feelings: The Emerging Biology of Gut-Brain Communication«. In: *Nat Rev Neurosci*. 2011 July 13; 12 (8): S. 453–466.
Mayer, E. A. et al.: »Brain Imaging Approaches to the Study of Functional GI Disorders: A Rome Working Team Report«. In: *Neurogastroenterol Motil*. 2009 June; 21 (6): S. 579–596.
Moser, G. (Hrsg.): *Psychosomatik in der Gastroenterologie und Hepatologie*. Wien; New York: Springer, 2007.
Naliboff, B. D. et al.: »Evidence for Two Distinct Perceptual Alterations in Irritable Bowel Syndrome«. In: *Gut*. 1997 October; 41 (4): S. 505–512.
Palatty, P. L. et al.: »Ginger in the Prevention of Nausea and Vomiting: A Review«. In: *Crit Rev Food Sci Nutr*. 2013; 53 (7): S. 659–669.
Reveiller, M. et al.: »Bile Exposure Inhibits Expression of Squamous Differentiation Genes in Human Esophageal Epithelial Cells«. In: *Ann Surg*. 2012 June; 255 (6): S. 1113–1120.
Revenstorf, D.: *Expertise zur wissenschaftlichen Evidenz der Hypnotherapie*. Tübingen, 2003; unter http://www.meg-tuebingen.de/downloads/Expertise.pdf (abgerufen im Oktober 2013).
Simons, C. C. et al.: »Bowel Movement and Constipation Frequencies and the Risk of Colorectal Cancer Among Men in the Netherlands Cohort Study on Diet and Cancer«. In: *Am J Epidemiol*. 2010 December 15; 172 (12): S. 1404–1414.
Streitberger, K. et al.: »Acupuncture Compared to Placebo-Acupuncture for Postoperative Nausea and Vomiting Prophylaxis: A Randomised Placebo-Controlled Patient and Observer Blind Trial«. In: *Anaesthesia*. 2004 Februar; 59 (2): S. 142–149.
Tillisch, K. et al.: »Consumption of Fermented Milk Product with Probiotic Modulates Brain Activity«. In: *Gastroenterology*. 2013 June; 144 (7): S. 1394–1401.

Kapitel 3

Aggarwal, J. et al.: »Probiotics and their Effects on Metabolic Diseases: An Update«. In: *J Clin Diagn Res*. 2013 January; 7 (1): S. 173–177.
Arnold, I. C. et al.: »*Helicobacter Pylori* Infection Prevents Allergic Asthma in Mouse Models through the Induction of Regulatory T Cells«. In: *J Clin Invest*. 2011 August; 121 (8): S. 3088–3093.

Arumugam, M. et al.: »Enterotypes of the Human Gut Microbiome«. In: *Nature*. 2011 May 12; 474 (7353); 1: S. 174–180.

Bäckhed, F.: »Addressing the Gut Microbiome and Implications for Obesity«. In: *International Dairy Journal*. 2010; 20 (4): S. 259–261.

Balakrishnan, M.; Floch, M. H.: »Prebiotics, Probiotics and Digestive Health«. In: *Curr Opin Clin Nutr Metab Care*. 2012 November; 15 (6): S. 580–585.

Barros, F. C.: »Cesarean Section and Risk of Obesity in Childhood, Adolescence, and Early Adulthood: Evidence from 3 Brazilian Birth Cohorts«. In: *Am J Clin Nutr*. 2012; 95 (2): S. 465–70.

Bartolomeo, F. Di.: »Prebiotics to Fight Diseases: Reality or Fiction?«. In: *Phytother Res*. 2013 October; 27 (10): S. 1457–1473.

Bischoff, S. C.; Köchling, K.: »Pro- und Präbiotika«. In: *Zeitschrift für Stoffwechselforschung, klinische Ernährung und Diätik*. 2012; 37: S. 287–304.

Borody, T. J. et al.: »Fecal Microbiota Transplantation: Indications, Methods, Evidence, and Future Directions«. In: *Curr Gastroenterol Rep*. 2013; 15 (8): S. 337.

Bräunig, J.: *Verbrauchertipps zu Lebensmittelhygiene, Reinigung und Desinfektion*. Berlin: Bundesinstitut für Risikobewertung, 2005.

Brede, C.: *Das Instrument der Sauberkeit*. *Die Entwicklung der Massenproduktion von Feinseifen in Deutschland 1850 bis 2000.* Münster et al.: Waxmann, 2005.

Bundesregierung: »Antwort der Bundesregierung auf die Kleine Anfrage der Abgeordneten Friedrich Ostendorff, Bärbel Höhn, Nicole Maisch, weiterer Abgeordneter und der Fraktion BÜNDNIS 90/DIE GRÜNEN – Drucksache 17/10017. Daten zur Antibiotikavergabe in Nutztierhaltungen und zum Eintrag von Antibiotika und multiresistenten Keimen in die Umwelt. Drucksache 17/10313, 17. Juli 2012, unter http://dip21.bundestag.de/dip21/btd/17/103/1710313.pdf (abgerufen im Oktober 2013).

Caporaso, J. G. et al.: »Moving Pictures of the Human Microbiome«. In: *Genome Biol*. 2011; 12 (5): S. R50.

Carvalho, B. M.; Saad, M. J.: »Influence of Gut Microbiota on Subclinical Inflammation and Insulin Resistance«. In: *Mediators Inflamm*. 2013; 2013: 986734.

Charalampopoulos, D.; Rastall, R. A.: »Prebiotics in Foods«. In: *Current Opinion in Biotechnology*. 2012, 23 (2): S. 187–191.

Chen, Y. et al.: »Association Between Helicobacter Pylori and Mortality in the NHANES III Study«. In: *Gut*. 2013 September; 62 (9): S. 1262–1269.

Devaraj, S. et al.: »The Human Gut Microbiome and Body Metabolism: Implications for Obesity and Diabetes«. In: *Clin Chem*. 2013 April; 59 (4): S. 617–628.

Dominguez-Bello, M. G. et al.: »Development of the Human Gastrointestinal Microbiota and Insights from High-throughput Sequencing«. In: *Gastroenterology*. 2011 May; 140 (6): S. 1713–1719.

Douglas, L. C.; Sanders, M. E.: »Probiotics and Prebiotics in Dietetics Practice«. In: *J Am Diet Assoc*. 2008 March; 108 (3): S. 510–521.

Eppinger, M. et al.: »Who Ate Whom? Adaptive Helicobacter Genomic Changes That Accompanied a Host Jump from Early Humans to Large Felines«. In: *PLoS Genet*. 2006 July; 2 (7): S. e120.

Fahey, J. W. et al.: »Urease from Helicobacter Pylori Is Inactivated by Sulforaphane and Other Isothiocyanates«. In: *Biochem Biophys Res Commun*. 2013 May 24; 435 (1): S. 1–7.

Flegr, J.: »Influence of Latent Toxoplasma Infection on Human Personality, Physiology and Morphology: Pros and Cons of the Toxoplasma–Human Model in Studying the Manipulation Hypothesis«. In: *J Exp Biol*. 2013 January 1; 216 (Pt. 1): S. 127–133.

Flegr, J. et al.: »Increased Incidence of Traffic Accidents in Toxoplasma-Infected Military Drivers and Protective Effect RhD Molecule Revealed by a Large-Scale Prospective Cohort Study«. In: *BMC Infect Dis*. 2009 May 26; 9: S. 72.

Flint, H. J.: »Obesity and the Gut Microbiota«. In. *J Clin Gastroenterol*. 2011 November; 45 (Suppl.): S. 128–132.

Fouhy, F. et al.: »High-Throughput Sequencing Reveals the Incomplete, Short-Term Recovery of Infant Gut Microbiota following Parenteral Antibiotic Treatment with Ampicillin and Gentamicin«. In: *Antimicrob Agents Chemother*. 2012 November; 56 (11): S. 5811–5820.

Fuhrer, A. et al.: »Milk Sialyllactose Influences Colitis in Mice Through Selective Intestinal Bacterial Colonization«. In: *J Exp Med*. 2010 December 20; 207 (13): S. 2843–2854.

Gale, E. A. M.: »A Missing Link in the Hygiene Hypothesis?«. In: *Diabetologia*. 2002; 45 (4): S. 588–594.

Ganal, S. C. et al.: »Priming of Natural Killer Cells by Non-mucosal Mononuclear Phagocytes Requires Instructive Signals from the Commensal Microbiota«. In: *Immunity*. 2012 July 27; 37 (1): S: 171–186.

Gibney, M. J., Burstyn, P. G.: »Milk, Serum Cholesterol, and the Maasai – A Hypothesis«. In: *Atherosclerosis*. 1980; 35 (3): S. 339–343.

Gleeson, M. et al.: »Daily Probiotic's (Lactobacillus Sasei Shirota) Reduction of Infection Incidence in Athletes«. In: *Int J Sport Nutr Exerc Metab*. 2011 February; 21 (1): S. 55–64.

Goldin, B. R.; Gorbach, S. L.: »Clinical Indications for Probiotics: An Overview«. In: *Clinical Infectious Diseases*. 2008; 46 (Suppl. 2): S. S96–S100.

Gorkiewicz, G.: »Contribution of the Physiological Gut Microflora to Health and Disease«. In: *J Gastroenterol Hepatol Erkr*. 2009; 7 (1): S. 15–18.

Grewe, K.: *Prävalenz von Salmonella ssp. in der primären Geflügelproduktion und Broilerschlachtung – Salmonelleneintrag bei Schlachtgeflügel während des Schlachtprozesses*. Hannover: Tierärztliche Hochschule Hannover, 2011.

Guseo, A.: »The Parkinson Puzzle«. In: *Orv Hetil*. 2012 December 30; 153 (52): S. 2060–2069.

Herbarth, O. et al.: »Helicobacter Pylori Colonisation and Eczema«. In: *Journal of Epidemiology and Community Health*. 2007; 61 (7): S. 638–640.

Hullar, M. A.; Lampe, J. W.: »The Gut Microbiome and Obesity«. In: *Nestle Nutr Inst Workshop Ser*. 2012; 73: S. 67–79.

Jernberg, C. et al.: »Long-Term Impacts of Antibiotic Exposure on the Human Intestinal Microbiota«. In: *Microbiology*. 2010 November; 156 (Pt. 11): S. 3216–3223.

Jin, C.; Flavell, R. A.: »Innate Sensors of Pathogen and Stress: Linking Inflammation to Obesity«. In: *J Allergy Clin Immunol*. 2013 August; 132 (2): S. 287–94.

Jirillo, E. et al.: »Healthy Effects Exerted by Prebiotics, Probiotics, and Symbiotics with Special Reference to Their Impact on the Immune System«. In: *Int J Vitam Nutr Res*. 2012 June; 82 (3): S. 200–208.

Jones, M. L. et al.: »Cholesterol-Lowering Efficacy of a Microencapsulated Bile Salt Hydrolase-Active Lactobacillus Reuteri NCIMB 30242 Yoghurt Formulation in Hypercholesterolaemic Adults«. In: *British Journal of Nutrition*. 2012; 107 (10): S. 1505–1513.

Jumpertz, R. et al.: »Energy-Balance Studies Reveal Associations Between Gut Microbes, Caloric Load, and Nutrient Absorption in Humans«. In: *Am J Clin Nutr*. 2011; 94 (1): S. 58–65.

Katz, S. E.: *The Art of Fermentation: An In-Depth Exploration of Essential Concepts and Processes from Around the World*. Chelsea: Chelsea Green Publishing, 2012.

Katz, S. E.: *Wild Fermentation: The Flavor, Nutrition, and Craft of Live-Culture Foods Reclaiming Domesticity from a Consumer Culture*. Chelsea: Chelsea

Green Publishing, 2011.
Kountouras, J. et al.: »Helicobacter Pylori Infection and Parkinson's Disease: Apoptosis as an Underlying Common Contributor«. In: *Eur J Neurol*. 2012 June; 19 (6): S. e56.
Krznarica, Željko et al.: »Gut Microbiota and Obesity«. In: *Dig Dis*. 2012; 30: S. 196–200.
Kumar, M. et al.: »Cholesterol-Lowering Probiotics as Potential Biotherapeutics for Metabolic Diseases«. In: *Exp Diabetes Res*. 2012; 2012: 902917.
Macfarlane, G. T. et al.: »Bacterial Metabolism and Health-Related Effects of Galactooligosaccharides and Other Prebiotics«. In: *J Appl Microbiol*. 2008 February; 104 (2): S. 305–344.
Mann, G. V. et al.: »Atherosclerosis in the Masai«. In: *American Journal of Epidemiology*. 1972; 95 (1): S. 26-37.
Marshall, B. J.: »Unidentified Curved Bacillus on Gastric Epithelium in Active Chronic Gastritis«. In: *Lancet*. 1983 June 4; 1 (8336): S. 1273 ff.
Martinson, V. G. et al.: »A Simple and Distinctive Microbiota Associated with Honey Bees and Bumble Bees«. In: *Mol Ecol*. 2011 February; 20 (3): S. 619–628.
Matamoros, S. et al.: »Development of Intestinal Microbiota in Infants and its Impact on Health«. In: *Trends Microbiol*. 2013 April; 21 (4): S. 167–173.
Moodley, Y. et al.: »The Peopling of the Pacific from a Bacterial Perspective«. In: *Science*. 2009 January 23; 323 (5913): S. 527–530.
Mori, K. et al.: »Does the Gut Microbiota Trigger Hashimoto's Thyroiditis?«. In: *Discov Med*. 2012 November; 14 (78): S. 321–326.
Musso, G. et al.: »Gut Microbiota as a Regulator of Energy Homeostasis and Ectopic Fat Deposition: Mechanisms and Implications for Metabolic Disorders«. In: *Current Opinion in Lipidology*. 2010; 21 (1): S. 76–83.
Nagpal, R. et al.: »Probiotics, their Health Benefits and Applications for Developing Healthier Foods: A Review«. In: *FEMS Microbiol Lett*. 2012 September; 334 (1): S. 1–15.
Nakamura, Y. K.; Omaye, S. T.: »Metabolic Diseases and Pro- and Prebiotics: Mechanistic Insights«. In: *Nutr Metab (Lond)*. 2012 June 19; 9 (1): S. 60.
Nicola, J. P. et al.: »Functional Toll-like Receptor 4 Conferring Lipopolysaccharide Responsiveness is Expressed in Thyroid Cells«. In: *Endocrinology*. 2009 January; 150 (1): S. 500–508.
Nielsen, H. H. et al.: »Treatment for Helicobacter Pylori Infection and Risk of Parkinson's Disease in Denmark«. In: *Eur J Neurol*. 2012 June; 19 (6): S. 864–

869.
Norris, V. et al.: »Bacteria Control Host Appetites«. In: *J Bacteriol*. 2013 February; 195 (3): S. 411–416.
Okusaga, O.; Postolache, T. T.: »Toxoplasma Gondii, the Immune System, and Suicidal Behavior«. In: Dwivedi, Y. (Hrsg.): *The Neurobiological Basis of Suicide*. Boca Raton, Florida: CRC Press, 2012: S. 159–194.
Ottman, N. et al.: »The Function of our Microbiota: Who Is Out There and What Do They Do?«. In: *Front Cell Infect Microbiol*. 2012 August 9; 2: S. 104.
Pavlolvíc, N. et al.: »Probiotics-Interactions with Bile Acids and Impact on Cholesterol Metabolism«. In: *Appl Biochem Biotechnol*. 2012; 168: S. 1880–1895.
Petrof, E. O. et al.: »Stool Substitute Transplant Therapy for the Eradication of *Clostridium Difficile* Infection: ›RePOOPulating‹ the Gut«. In: *Microbiome*. 2013 January 9; 1 (1): S. 3.
Reading, N. C.; Kasper, D. L.: »The Starting Lineup: Key Microbial Players in Intestinal Immunity and Homeostasis«. In: *Front Microbiol*. 2011 July 7; 2: S. 148.
Roberfroid, M. et al.: »Prebiotic Effects: Metabolic and Health Benefits«. In: *Br J Nutr*. 2010 August; 104 (Suppl. 2): S. S1–S63.
Sanders, M. E. et al.: »An Update on the Use and Investigation of Probiotics in Health and Disease«. In: *Gut*. 2013; 62 (5): S. 787–796.
Sanza, Y. et al.: »Understanding the Role of Gut Microbes and Probiotics in Obesity: How Far Are We?«. In: *Pharmacol Res*. 2013 March; 69 (1): S. 144–155.
Schmidt, C.: »The Startup Bugs«. In: *Nat Biotechnol*. 2013 April; 31 (4): S. 279–281.
Scholz-Ahrens, K. E. et al.: »Prebiotics, Probiotics, and Synbiotics Affect Mineral Absorption, Bone Mineral Content, and Bone Structure«. In: *J Nutr*. 2007 March; 137 (3 Suppl. 2): S. 838S–846S.
Schwarz, S. et al.: »Horizontal versus Familial Transmission of Helicobacter Pylori«. In: *PLoS Pathog*. 2008 October; 4 (10): S. e1000180.
Shen, J. et al.: »The Gut Microbiota, Obesity and Insulin Resistance«. In: *Mol Aspects Med*. 2013 February; 34 (1): S. 39–58.
Starkenmann, C. et al.: »Olfactory Perception of Cysteine-S-Conjugates from Fruits and Vegetables«. In: *J Agric Food Chem*. 2008 October 22; 56 (20): S. 9575–9580.

Stowell, S. R. et al.: »Innate Immune Lectins Kill Bacteria Expressing Blood Group Antigen«. In: *Nat Med*. 2010 March; 16 (3): S. 295–301.

Tängdén, T. et al.: »Foreign Travel Is a Major Risk Factor for Colonization with Escherichia Coli Producing CTX-M-Type Extended-Spectrum β-Lactamases: A Prospective Study with Swedish Volunteers«. In: *Antimicrob Agents Chemother*. 2010 September; 54 (9): S. 3564–3568.

Teixeira, T. F. et al.: »Potential Mechanisms for the Emerging Link Between Obesity and Increased Intestinal Permeability«. In: *Nutr Res*. 2012 September; 32 (9): S. 637–647.

Torrey, E. F. et al.: »Antibodies to Toxoplasma Gondii in Patients With Schizophrenia: A Meta-Analysis«. In: *Schizophr Bull*. 2007 May; 33 (3): S. 729–736.

Tremaroli, V.; Bäckhed, F.: »Functional Interactions Between the Gut Microbiota and Host Metabolism. In: *Nature*. 2012 September 13; 489 (7415): S. 242–249.

Turnbaugh, P. J.; Gordon, J. I.: »The Core Gut Microbiome, Energy Balance and Obesity«. In: *J Physiol*. 2009; 587 (17): S. 4153–4158.

de Vrese, M.; Schrezenmeir, J.: »Probiotics, Prebiotics, and Synbiotics«. In: *Adv Biochem Engin/Biotechnol*. 2008; 111: S. 1–66.

de Vriese, J.: »Medical Research. The Promise of Poop«. In: *Science*. 2013 August 30; 341 (6149): S. 954–957.

Vyas, U.; Ranganathan, N.: »Probiotics, Prebiotics, and Synbiotics: Gut and Beyond«. In: *Gastroenterol Res Pract*. 2012; 2012: 872716.

Webster, J. P. et al.: »Effect of Toxoplasma Gondii upon Neophobic Behaviour in Wild Brown Rats, Rattus norvegicus«. In: *Parasitology*. 1994 July; 109 (Pt. 1): S. 37–43.

Wichmann-Schauer, H.: *Verbrauchertipps: Schutz vor Lebensmittelinfektionen im Privathaushalt*. Berlin: Bundesinstitut für Risikobewertung, 2007.

Wu, G. D. et al.: »Linking Long-Term Dietary Patterns with Gut Microbial Enterotypes«. In: *Science*. 2011 October 7; 334 (6052): S. 105–108.

Yatsunenko, T. et al.: »Human Gut Microbiome Viewed Across Age and Geography«. In: *Nature*. 2012 May 9; 486 (7402): S. 222–227.

Zipris, D.: »The Interplay Between the Gut Microbiota and the Immune System in the Mechanism of Type 1 Diabetes«. In: *Curr Opin Endocrinol Diabetes Obes*. 2013 August; 20 (4): S. 265–270.

Aktualisierung

Akkasheh, G. et al.: »Clinical and Metabolic Response to Probiotic Administration in Patients with Major Depressive Disorder: A Randomized, Double-Blind, Placebo-Controlled Trial.« 2016. In: Nutrition 32: S. 315–320.

Allen, A. P. et al.: »Bifidobacterium longum 1714 as a Translational Psychobiotic: Modulation of Stress, Electrophysiology and Neurocognition in Healthy Volunteers.« Transl Psychiatry, 2016. 6, e939; doi:10.1038/tp.2016.191.

Benton, D. et al.: »Impact of Consuming a Milk Drink Containing a Probiotic on Mood and Cognition.« Eur J Clin Nutr 2007; 61: S. 355–361.

Diop, L. et al.: »Probiotic Food Supplement Reduces Stress-Induced Gastrointestinal Symptoms in Volunteers: A Double-Blind, Placebo-Controlled, Randomized Trial.« 2008. *Nutrition Research* 28: 1.

Kato-Kataoka, A. et al.: »Fermented Milk Containing *Lactobacillus casei* Strain Shirota Preserves the Diversity of the Gut Microbiota and Relieves Abdominal Dysfunction in Healthy Medical Students Exposed to Academic Stress.« 2016. Appl Environ Microbiol 82: S. 3649–3658.

Kelly, J. R. et al.: »Transferring the Blues: Depression-Associated Gut Microbiota Induces Neurobehavioural Changes in the Rat.« 2016. In: *Psychiatr. Res.* 82, S. 109–118.

Kruijt, A. W. et al.: »Cognitive Reactivity, Implicit Associations, and the Incidence of Depression: a Two-Year Prospective Study.« 2013. PLoS One 8 (7), e70245.

McKean, J. et al.: »Probiotics and Subclinical Psychological Symptoms in Healthy Participants: A Systematic Review and Meta-Analysis.« J. Altern Complement Med. 2016; November 2014.

Messaoudi, M. et al.: »Beneficial Psychological Effects of a Probiotic Formulation (Lactobacillus helveticus R0052 and Bifidobacterium longum R0175).« In: *Healthy Human Volunteers.* Gut Microbes 2011; 2: S. 256–261.

Romijn, A. R. et al.: »Double-Blind, Randomized, Placebo-Controlled Trial of Lactobacillus helveticus and Bifidobacterium longum for the Symptoms of Depression.« 2017. In: *Australian & New Zealand Journal of Psychiatry*, S. 1–12.

Sarkar, A. et al.: »Psychobiotics and the Manipulation of Bacteria-Gut-Brain Signals.« Trends Neurosci. November 2016; 39(11): S. 763–781.

Steenbergen, L. et al.: »A Randomized Controlled Trial to Test the Effect of Multispecies Probiotics on Cognitive Reactivity to Sad Mood.« 2015. *Brain, Behavior, and Immunity* 48: S. 258–264.



Wie hat Ihnen dieses Buch gefallen? Wir freuen uns sehr auf Ihr Feedback! Bitte klicken Sie hier, um mit uns ins Gespräch zu kommen.



Hier klicken, den aktuellen Ullstein Newsletter bestellen und über Neuigkeiten, Veranstaltungen und Aktionen rund um ihre Lieblingsautoren auf dem Laufenden bleiben.

Finde dein nächstes Lieblingsbuch



Vorablesen.de

vorablesen
Neue Bücher vorab lesen & rezensieren

Freu Dich auf viele Leseratten in der Community, bewerte und kommentiere die vorgestellten Bücher und gewinne wöchentlich eins von 100 exklusiven Vorab-Exemplaren