

Der 100-Jahre-Effekt

# MAN IST WAS DIE GROßMUTTER ISST

Was Sie über Ernährung,  
vererbare Erfahrungen,  
Epigenetik und die  
Herkunft chronischer  
Erkrankungen wissen müssen

**JUDITH FINLAYSON**

Vorwort von Dr. Kent Thornburg

VORWORT VON DR. KENT THORNBURG 8

EINLEITUNG 10

**KAPITEL 1**

**DAVID BARKER  
UND DIE EPIDEMIOLOGIE**

**16**

**KAPITEL 2**

**DIE ENTSTEHUNG DER  
EPIGENETIK**

**32**

**KAPITEL 3**

**IHRE FAMILIE,  
IHR GENOM,  
IHRE ERNÄHRUNG UND  
IHRE GESUNDHEIT**

**54**

**KAPITEL 4**

**MEHR ALS NUR ERNÄHRUNG**

**71**

**KAPITEL 5**

**DIE ERSTEN 1.000 TAGE**

**96**

**KAPITEL 6**

**KINDHEIT UND JUGEND**

**136**

**KAPITEL 7**

**ERWACHSENENALTER**

**163**

**KAPITEL 8**

**ÄLTERWERDEN**

**224**

**KAPITEL 9**

**IHR MIKROBIOM**

**262**

NACHWORT 291

GLOSSAR 294

DANKSAGUNGEN 300

QUELLENANGABEN 301

INDEX 311

# VORWORT

Ich lade Sie dazu ein, dieser Geschichte zu lauschen, die noch nie in ihrer Ganzheit erzählt wurde. Sie deckt auf, wie unsere Sichtweise auf das Entstehen von Krankheit sich in nur drei Jahrzehnten dramatisch geändert hat.

**DIE MEDIZIN BERUHT, WIE** die meisten Forschungsgebiete, auf Dogmen. Medizinische Dogmen sorgen für ein festgefügtes Verständnis der Ursprünge von Krankheiten, deren Behandlung und darüber, wie relevantes Wissen an die nächste Generation weitergegeben wird. Aber diese Glaubenssätze können auch dazu führen, dass wir allzu zufrieden mit dem Status Quo werden. Wir alle möchten gerne glauben, dass wir die gesamte Bandbreite an Erkrankungen des Menschen bereits verstehen. Werden unsere Glaubenssätze infrage gestellt, wird das schnell als Bedrohung angesehen. Jeder einzelne Forscher weiß jedoch, dass unser Unwissen unser Wissen bei weitem übersteigt. Gerade deshalb ist dieses Buch so spannend: Es deckt neue medizinische Erkenntnisse auf, die die aktuelle Sichtweise auf die Ursprünge von Krankheiten hinterfragen und zeigt uns die allerneuesten Ideen zur Entwicklung chronischer Erkrankungen.

Vor 30 Jahren stellte David J. P. Barker, ein mutiger Arzt und Epidemiologe, die damals herrschenden Meinungen zur Herkunft menschlicher Erkrankungen infrage. Er fragte sich, wieso in Nordengland sowohl eine hohe Sterblichkeitsrate bei Neugeborenen als auch eine hohe Rate an Herzerkrankungen bei Erwachsenen vorlagen, während beides in Südengland nicht der Fall war. Dr. Barker hätte die üblichen Verdächtigen dafür verantwortlich machen können: Infektionserreger, Chemikalien oder die Gene der Patienten. Aber er lehnte diese Erklärungen ab. Stattdessen nahm er an, dass viele Babys im Norden noch im Mutterleib körperliche Einschränkungen erlebten, was auf eine schlechte Ernährung der Mutter und die Belastungen der Arbeiterklasse zurückzuführen war. Seiner Theorie zufolge waren Babys derart davon betroffen, dass es später im Erwachsenenalter zu Herzerkrankungen kommen konnte. Am Ende konnte Dr. Barker seine Theorie beweisen. Somit konnte das Dogma, dass „schlechte“ Gene allein für die Entwicklung von Krankheiten verantwortlich sind, widerlegt werden.

Der weltweit massive Anstieg von Diabetes, Adipositas und Bluthochdruck in den letzten Jahren ist ein Beweis für Umweltfaktoren, die zur Entwicklung dieser Krankheiten beitragen. Gleiches gilt für die geografische Verteilung dieser Leiden. Aber kann der genetische Code sich schnell genug anpassen, um das Phänomen zu erklären? Haben etwa die Menschen im Süden der USA, wo die Zahl chronisch Kranker weltweit am höchsten ist, einfach die meisten schlechten Gene?

Die Antwort auf beide Fragen lautet „Nein“. Der starke Anstieg dieser Erkrankungen muss mit Umweltfaktoren in Zusammenhang stehen. Eine schlechte Ernährung und Stress können dafür anfällige Gene verändern. Dies ist die Grundlage der Epigenetik, ein kürzlich anerkannter Mechanismus, der die Grundlage von Gesundheit und Krankheit darstellt.

Es wäre ein Fehler zu denken, dass unsere Gene mit dem Risiko der Entwicklung einer chronischen Krankheit nichts zu tun haben. Je mehr die Forschung voranschreitet, desto klarer wird, dass unser genetischer Aufbau den Grad bestimmt, zu dem unsere frühkindliche Umgebung unser Krankheitsrisiko als Erwachsene beeinflusst. Weder Natur noch Erlernung allein sind des Rätsels Lösung. Nur wenn wir sie als Einheit sehen, kommen wir der Lösung auf die Spur.

Seit Dr. Barkers Entdeckung hat sich unser Verständnis von Krankheiten, die auf „Umweltfaktoren“ beruhen, dramatisch geändert. Wir wissen, dass eine Fehlernährung einen Embryo in der Entwicklung negativ beeinflussen kann, bevor die zukünftige Mutter auch nur als schwanger angesehen wird. Wir wissen, dass Veränderungen in der Genexpression, die durch Stress und Fehlernährung hervorgerufen werden, über Generationen an den Nachwuchs weitergegeben werden. Diese Erkenntnisse haben unsere Sichtweise auf die menschliche Fortpflanzung geändert.

Geschichten über medizinische Themen sind schwer zu erzählen. Die Handlung kann schnell kompliziert werden, wenn die wissenschaftlichen Details uns Kopfschmerzen bereiten oder – noch schlimmer – wenn nur die Oberfläche angekratzt wird und die Genauigkeit abhanden kommt. Judith Finlayson kennt sich mit der Wissenschaft des frühkindlichen Wachstums und mit Ernährung bestens aus und weiß um die lebenslangen Konsequenzen, die damit zusammenhängen. Sie erklärt schwierige medizinische Konzepte auf eine klare, freundliche Weise, ohne dabei an Genauigkeit einzubüßen. Es gibt viele Gesundheitsbücher, die wissenschaftlich argumentieren, um die eigenen Ideen zu verkaufen, aber nur wenige beruhen auf solch gut recherchierten Informationen wie Judith Finlaysons Faktensammlung.

Was Sie in den Händen halten, ist nicht einfach das nächste Gesundheitsbuch, das gerade in Mode ist. Es erklärt, warum wir momentan die größte Gesundheitsepidemie der menschlichen Geschichte erleben, warum wir vollwertigere Nahrung kaufen müssen, warum wir bessere Lebensmittelrichtlinien und -gesetze brauchen und wieso wir unser Augenmerk auf die Gesundheit und Ernährung junger Frauen und Männer legen müssen, die gerade zur nächsten Generation heranwachsen. Judith Finlayson zeigt uns eine neue und spannende Sicht darauf, wie wir zu unserem heutigen Zustand schlechter Gesundheit gekommen sind und was wir dagegen in der Zukunft tun können.

*Kent L. Thornburg, PhD*

*M. Lowell Edwards Chair, Professor für Medizin, Knight Cardiovascular Institute*

*Director, Bob and Charlee Moore Institute of Nutrition and Wellness*

*Oregon Health & Science University*

# EINLEITUNG

David Barker war im Jahr 1969 ein junger Arzt, der in Kampala, Uganda lebte und dort die Buruli-Ulkus-Erkrankung erforschte. Damals glaubte man, dass diese entstellende Krankheit durch Stechmücken übertragen wird.

**NACHDEM DR. BARKER ABER** die örtlichen Flussufer erkundet hatte, stellte er fest, dass die Erkrankung in Wirklichkeit durch kleine Wunden in den Körper eintrat, die durch messerscharfe, am Nilufer wachsende Gräser verursacht wurden. Es war wohl nicht das erste Mal, dass seine Meinung von der seiner Ärztekollegen abwich, aber dieser relativ kurze afrikanische Abstecher war der Auslöser für eine Karriere, die alle Paradigmen sprengen sollte und für ein Leben, das er der Entschlüsselung des Ursprungs chronischer Erkrankungen widmen würde. Sein intellektueller Freigeist legte den Grundstein für eine neue Herangehensweise an chronische Krankheiten, die darauf basiert zu untersuchen, wie Babys sich zunächst im Mutterleib und später als Kleinkinder entwickeln und wachsen.

In meiner Jugend herrschte noch die alte Denkweise vor. Damals besagte die Doktrin des Gesundheitswesens (und zu einem großen Teil tut sie das auch heute noch), dass Erkrankungen wie Adipositas, Diabetes, Herzerkrankungen und sogar Krebs durch den Lebensstil im Erwachsenenalter hervorgerufen werden: eine zu kalorienreiche und nährstoffarme Ernährung, Zigaretten, Alkohol und zu wenig Bewegung.

All diese Dinge tragen sicherlich zur Entstehung dieser Krankheiten bei, aber David Barker hat uns gezeigt, dass ihre Wurzeln woanders zu suchen sind: in den ersten 1.000 Tagen unseres Lebens ab der Empfängnis und auch noch viel früher. Wer hätte gedacht, dass unser Risiko, eine chronische Krankheit zu bekommen, dadurch beeinflusst werden könnte, wie unsere Großmütter sich ernährten, ob unsere Großväter schon früh mit dem Rauchen begannen oder unsere Eltern ein Kindheitstrauma erlitten, lange bevor wir überhaupt geboren wurden. Nicht einmal David Barker ahnte, was ihn erwartete, als er seine Forschungen begann und sprichwörtlich über die entwicklungsbedingten Ursprünge von Krankheit und Gesundheit stolperte.

Der Epidemiologe David Barker verstarb im Jahr 2013 und seine Arbeit bildet die Grundlage für dieses Buch. Seine frühen Arbeiten deckten eine Verbindung zwischen dem Wohnort von Menschen und der Wahrscheinlichkeit, bestimmte Krankheiten zu bekommen, auf. Über die Jahre führte ihn seine Forschung zur Epigenetik, die damals noch in den Kinderschuhen steckte. Heute steht dieser Bereich der genetischen Forschung hoch im Kurs, da eine

Verbindung zu allem besteht, was wir tun: wie wir uns ernähren, wie viel Sport wir treiben oder wie schnell wir altern. Grob gesagt ist die Epigenetik die Verbindungen zwischen unseren Genen und unserer Umwelt.

Stark vereinfacht kann man sagen, dass viele Erlebnisse einen Einfluss auf das haben, was wir als Genexpression kennen. In den letzten Jahrzehnten haben Wissenschaftler immer mehr darüber herausgefunden, wie unsere Gene auf äußere Stimulation, wie etwa die Ernährung, die unser Körper als Embryo im Mutterleib erhält, reagieren. Unsere DNA ändert sich zwar nicht an sich, aber Stressfaktoren, wie eine schlechte Ernährung, können Reaktionen auslösen, die die Genexpression verändern, wodurch das Risiko für chronische Erkrankungen, von Herzkrankheiten und Diabetes bis zu einigen Krebsarten, erhöht wird. Einige dieser Veränderungen, die im Mutterleib (in utero) stattfinden, könnten an zukünftige Generationen weitergegeben werden.

**ICH MÖCHTE MEIN BUCH** mit der Geschichte einiger früher Forschungsarbeiten von Dr. Barker beginnen, die bestimmte Regionen mit Herzkrankungen in Verbindung brachten. In dem Jahrzehnt, in dem er seinen Atlas of Mortality from Selected Diseases in England and Wales, 1968 to 1978 herausgab, nahm man gemeinhin an, dass vor allem gut betuchte Patienten an Herzkrankungen litten. Wie kam es also, fragte er sich, dass seine Karten zeigten, dass Männer in den ärmeren Regionen Englands deutlich häufiger an der Erkrankung litten? Es reichte Dr. Barker nicht aus, einfach nur statistische Diskrepanzen aufzuzeichnen. Er wollte wissen, was dahintersteckte. Er war sich sicher, dass er etwas Bedeutendem auf der Spur war, als er herausfand, dass die Regionen mit einem erhöhten Risiko für Herzkrankungen auch höhere Kindersterblichkeitsraten aufwiesen. Hatten die Herzkrankungen etwa mit einer Anfälligkeit zu tun, die noch aus der Kindheit stammte? Falls dies so war, musste er mehr darüber erfahren, was diese Menschen als Babys und Kleinkinder erlebt hatten.

Nun tritt Ethel Margaret Burnside, ihres Zeichens Hauptgesundheitsbeauftragte und Hebammenprüferin von Hertfordshire (und einer meiner Lieblingscharaktere dieser erstaunlichen Geschichte) auf den Plan. E. Margaret, wie sie sich gern nennen ließ, begann ihre Arbeit im Jahr 1911. Sie fuhr mit ihrem Fahrrad übers Land und wachte über ihre Gruppe von Krankenschwestern und Hebammen, die sie alle eigenhändig darauf getrimmt hatte, sorgfältig relevante Informationen zu allen Geburten und Babys der Grafschaft aufzuzeichnen. Es war die Entdeckung dieser Aufzeichnungen, die es David Barker ermöglichte, den ersten großen Schritt in Richtung der Identifizierung fötaler Ursprünge chronischer Krankheiten zu unternehmen. Die Informationen aus diesen Dokumenten führten Barker zu einer Hypothese, die 1986 in der Zeitschrift *The Lancet* veröffentlicht wurde. Unglücklicherweise wurde seine Idee, dass Herzkrankungen das Ergebnis eines langen Prozesses sind, der bereits mit schlechter Ernährung im Mutterleib beginnt, von den meisten seiner Kollegen nur müde belächelt.

Einige Forscher (von denen mindestens einer später ein geschätzter Kollege und Freund wurde) setzten sich sogar daran zu beweisen, dass Barker sich irrte – doch ohne Erfolg. In der Zwischenzeit arbeitete Dr. Barker weiter mit mehreren Kollegen an seinen Forschungen und veröffentlichte zahlreiche Studien, die schlechte Ernährung in der Schwangerschaft mit langfristig negativen Folgen für die Gesundheit des Nachwuchses in Verbindung brachten.

Für Dr. Barker wendete sich das Blatt um die Jahrtausendwende. Im Jahr 2000 veröffentlichten einige prominente und zuvor skeptische amerikanische Forscher einen Artikel in der Zeitschrift *Paediatric and Perinatal Epidemiology*, in dem sie aussagten, dass sie sich doch von seinen Ideen überzeugt hatten. Einige Jahre später wurde David Barker eingeladen, vor den prestigeträchtigen U.S. National Institutes of Health (NIH), der größten biomedizinischen Forschungsbehörde der Welt, zu sprechen. Mit dieser ehrenvollen Aufgabe wurde anerkannt, dass seine Forschungsergebnisse zu den fötalen Ursprüngen von Krankheiten nicht länger nur eine Hypothese darstellten. Seine Ergebnisse wurden als bewiesene Fakten angesehen.

Über die Jahre bauten viele weitere Forscher auf Dr. Barkers Arbeit auf, indem sie die Methoden der Epidemiologie nutzten, um Verbindungen zwischen Faktoren wie Geburtsgewicht, Vorschreiten des Kindeswachstums und chronischen Erkrankungen wie Diabetes und Herzerkrankungen herzustellen. Heute gibt es eine beachtliche Menge an Forschungsarbeiten, die Ihre Erfahrungen im Mutterleib (und die Ihrer Eltern und Großeltern) mit der Wahrscheinlichkeit, eine chronische Krankheit zu entwickeln, in Verbindung bringen. Die Mechanismen, die hierfür verantwortlich sind, sind zahlreich und komplex. Sie beginnen in utero und haben nicht nur mit den Genen zu tun, die Sie von Ihren Eltern erben, sondern auch damit, wie Ihre Organe sich je nach angemessener oder unangemessener Ernährung entwickeln, sowie mit dem komplexen Prozess, den wir Genexpression nennen.

Der 100-Jahre-Effekt handelt von diesem relativ neuen Erklärungsansatz zu chronischen Erkrankungen, der nun als „entwicklungswissenschaftliche Ursprünge von Gesundheit und Krankheit (Developmental Origins of Health and Disease, DOHaD)“ bekannt ist und der auf der Arbeit von David Barker beruht. Dr. Barkers Analyse der Daten aus Hertfordshire war nur die erste von vielen Studien, die zeigen, dass eine Mangelernährung während der Schwangerschaft den Metabolismus derart verändert, dass das Risiko für bestimmte Krankheiten später im Leben erhöht wird. Seine Ideen bilden heute die Grundlage für viele Forschungsk Kooperationen auf der ganzen Welt, die die Zusammenhänge zwischen dem Leben im Mutterleib und einer Anzahl chronischer Krankheiten untersuchen. Die Wissenschaftler konnten wiederholt einen Zusammenhang zwischen chronischer Krankheit im Erwachsenenalter und fötalen Erlebnissen im Mutterleib nachweisen und zwar nicht nur aufgrund schlechter Ernährung, sondern auch durch andere Faktoren wie Traumata und Kontakt mit Giftstoffen.

Dieses Buch ist in drei grundlegende Teile gegliedert. Die Kapitel 1 bis 4 sorgen für ausführliches Hintergrundwissen: Enthalten ist unter anderem die bemerkenswerte Detektivgeschichte, ganz à la Agatha Christie, die Dr. Barkers Entdeckung der Daten dokumentiert, die er zur Aufstellung

seiner grundlegenden Prinzipien benötigte. Kapitel 2 erkundet die Evolution der Genetik und der Epigenetik, die einen der wichtigsten Schritte zur Aufdeckung des Zusammenhangs zwischen fötaler Erlebniswelt und Gesundheit im Erwachsenenalter darstellt. Kapitel 3 konzentriert sich auf die Vererbung, einschließlich der Vorgänge, die bei der Weitergabe familiärer Erlebnisse ablaufen und die biologisch auf die nächste Generation übertragen werden. Insbesondere wird der sogenannte „100-Jahre-Effekt“ besprochen, der erklärt, inwiefern die Ernährungsgewohnheiten Ihrer Großmutter das genetische Material, aus dem Sie bestehen, beeinflusst haben. In Kapitel 4 werden diese Themen vertieft, wobei das Augenmerk auf nicht die Ernährung betreffenden Krankheitsauslösern liegt, wie traumatische Erlebnisse, Aussetzung gegenüber Giftstoffen sowie soziale und ökonomische Stressbedingungen.

Im zweiten Teil des Buchs, in den Kapiteln 5 bis 8, wird die Entwicklungsgesundheit durch die verschiedenen Lebensabschnitte hindurch, von der Schwangerschaft und frühen Kindheit bis zur Pubertät, dem Erwachsenen- und Greisenalter hin, betrachtet. Im Allgemeinen kann man sagen, dass die ersten 1.000 Tage, ab dem Moment der Empfängnis bis zum zweiten Geburtstag eines Kindes, den Lebensabschnitt darstellen, der über das verfügt, was die Experten „maximale Entwicklungsplastizität“ nennen. Ein Fötus ist überaus empfindlich gegenüber Einflüssen negativer Umweltfaktoren. Wie Sie sich im Mutterleib entwickeln, hat einen enormen Einfluss auf Ihren Gesundheitszustand für viele Jahrzehnte. In der Kindheit und Jugend können Wachstumsmuster und das Timing bestimmter Entwicklungsschritte, wie der Pubertät, Veränderungen darstellen, die auf Störungslinien hinweisen, wodurch das Risiko für zukünftige Gesundheitsprobleme vorhergesagt werden kann.

Die Kapitel 7 und 8 betrachten genau die wichtigsten chronischen Erkrankungen unserer Zeit. Es bestehen offensichtlich Zusammenhänge zwischen all diesen Krankheiten, von denen viele auf Entwicklungsprogrammierung zurückgeführt werden können. Hier geht es hauptsächlich um die lebenslangen Konsequenzen, die sich aus den Erfahrungen im Mutterleib und während der frühen Kindheit ergeben, sowie um intergenerationelle Vererbung und den negativen Einfluss von Faktoren wie einer obesogenen Umgebung. Die gute Nachricht ist, dass sogar kleine Änderungen der Ernährung und von Bewegungsmustern zu positiven Veränderungen in der Genexpression führen können, die dabei helfen, den Herausforderungen für den Körper entgegenzuwirken.

Kapitel 9 konzentriert sich auf das interessante Universum der Bakterien, die auf und in unserem Körper leben. Diese Bakterien und ihre Gene sind als Mikrobiom bekannt, eine Einheit, die eine so wichtige Rolle für unsere Gesundheit und unser Wohlbefinden spielt, dass sie häufig „zweites Genom“ genannt wird. David Barker verstarb zu dem Zeitpunkt, als das Mikrobiom als ernstzunehmendes Forschungsgebiet wahrgenommen wurde. Auch er hatte in seinen Arbeiten bereits auf das Potenzial des Mikrobioms hingewiesen und ich nehme an, dieses bakterielle Ökosystem hätte sein Interesse geweckt. Wir wissen inzwischen, dass das Mikrobiom wahrscheinlich im Mutterleib angelegt wird und dass sein Einfluss systemisch ist, also den ganzen Körper betrifft. Unsere bakteriellen Begleiter spielen eine wichtige Rolle in verschiedenen Körpersystemen, wie





**DAVID BARKER**

— UND DIE —

**EPIDEMIOLOGIE**

Der Mensch bringt alles, was er hat oder haben kann,  
mit sich in die Welt. Der Mensch wird geboren wie ein Garten,  
bereits fertig gepflanzt und gesät.

— WILLIAM BLAKE

**HRE SCHÖPFER NANNTEN SIE** „Anfälligkeitskarte“, eine bunt kolorierte Grafik, die auf einen Blick zeigte, wie sich das Auftreten von Krankheiten über England verteilte. Im Jahr 1984, nach Jahren der Arbeit am Atlas of Mortality from Selected Disease in England and Wales, 1968 to 1978 konnten David Barker, ein Epidemiologe, und Clive Osmond, ein Statistiker, Wohlstand (bzw. das Nicht-Vorhandensein desselben) mit bedeutenden Gesundheitsunterschieden in Verbindung bringen. Was Herzerkrankungen betraf, waren in bestimmten Landesteilen – und zwar in den ärmsten – weite Bereiche rot eingefärbt. Dieses Ergebnis war zunächst verwirrend, wurden Herzerkrankungen doch jeher mit Wohlstand in Verbindung gebracht. Dennoch bestätigte ihre Forschung, dass in einem Zeitabschnitt von 50 Jahren Menschen, die wegen ihres Wohngebiets als arm betrachtet wurden, signifikant höhere Raten an Herzerkrankungen hatten. Sie starben auch früher als ihre Zeitgenossen. Bei näherem Hinsehen fanden die Wissenschaftler heraus, dass 50 Jahre zuvor dieselben Regionen auch höhere Kindersterblichkeitsraten verzeichnet hatten, als es die Norm war.

Die Frage war: Inwiefern hat Armut mit Kindersterblichkeitsraten und Herzerkrankungen im späteren Leben zu tun? Barker vermutete, dass das Verbindungsglied irgendeine Art von Anfälligkeit im Kindesalter sein musste. War es vielleicht die Armut? War es möglich, dass arme Menschen einfach anfälliger für die Widrigkeiten des Lebens waren? Mit der Zeit, und teils durch puren Zufall, sammelte Dr. Barker die Daten, die es ihm ermöglichen sollten, die kausale Lücke zwischen einem Lebensbeginn in Armut (und zwar ab dem Zeitpunkt der Empfängnis) und chronischen Erkrankungen im Erwachsenenalter zu schließen.



# Wie alles begann



## Epidemiologie:

Das Studium von Krankheitsmustern in verschiedenen Personengruppen im Hinblick auf die Identifizierung zugrundeliegender Krankheitsursachen.

Durch die Untersuchung von Bevölkerungsgruppen statt Einzelpersonen hat die Epidemiologie den Grundstein für öffentliche Gesundheitsinterventionen gelegt, die darauf ausgerichtet sind, die Gesundheit großer Personengruppen zu verbessern.

Vereinfacht gesagt identifiziert die Epidemiologie Gruppen von Personen, die auf Grundlage spezifischer Kriterien ein erhöhtes Risiko haben, an einer Krankheit zu leiden. In Dr. Barkers Fall waren das die ökonomischen Konditionen, die den Lebensraum bestimmten. Epidemiologen können Ihnen ein Lied davon singen, dass eines ihrer größten Probleme die Migration ist. Der Gesundheitszustand von Migranten reflektiert zwar nicht den Langzeitzustand einer bestimmten Region, aber sie hat statistische Auswirkungen auf die Gesamtergebnisse. Wenn Sie z. B. hohe Raten an Kindersterblichkeit aufgrund der Informationen im Atlas erwarten würden, diese aber nicht auftreten, würden Sie sich wahrscheinlich fragen, ob Migration etwas damit zu tun hat. Und eine solche Anomalität ist tatsächlich auch das, was Barker und Osmond in einer der Regionen, die sie untersuchten, vorfanden. In den Slums der Londoner City war die Kindersterblichkeit zwischen 1921 und 1925 erstaunlich niedrig.

## Kindersterblichkeit im viktorianischen London

Wie jeder, der Charles Dickens gelesen hat, weiß, lebten am Ende des 19. Jahrhunderts viele verarmte Londoner in überfüllten, unhygienischen Verhältnissen. Erinnern Sie sich noch an Oliver Twist und seine herzzerreißende Bitte nach mehr Schleimsuppe? Trotz dieser entsetzlichen Zustände starben nur wenige Babys vor der Geburt.

Der Sozialreformer Charles Booth dokumentierte das Leben der Londoner Arbeiterklasse in dieser Epoche und seine Forschungen wiesen auf eine Erklärung der überraschend niedrigen Kindersterblichkeitsraten hin. Er beobachtete, dass die meisten der jungen Menschen, die aus den umliegenden Dörfern nach London zogen, die widerstandsfähigsten Mitglieder der Gemeinden waren. Ebenso wie viele Immigranten aus anderen Ländern hatten sie ihr Zuhause verlassen, weil sie auf der Suche nach einem besseren Leben waren – nach einem „bekanntem wirtschaftlichen Vorteil“, wie Booth es nannte. Robuste Teenager-Mädchen, die auf Bauernhöfen gesundes Essen bekommen

hatten, wurden als Haushaltshilfen angestellt. Für diese Arbeit in der feinen Londoner Gesellschaft wurden sie vielleicht schlecht bezahlt, aber sie waren weiterhin gut genährt. Und wenn sie schwanger wurden, bekamen sie gesunde Babys, die mit großer Wahrscheinlichkeit überlebten.

## Eine Vorahnung von Zusammenhängen

David Barker begann zu vermuten, dass es eine Verbindung zwischen Lebensumständen, fötaler Ernährung und Herzerkrankungen im späteren Leben gab. Er wusste, es gab Forschungen, die seine Annahme unterstützten. Im Jahr 1973 ergab eine Studie unter Mitarbeitern der Firma Bell System, dass diejenigen Mitarbeiter, deren Eltern Angestellte waren, eine geringere Wahrscheinlichkeit hatten, Herzerkrankungen zu bekommen, als solche, deren Eltern aus Arbeiterfamilien stammten. Ein norwegischer Arzt mit dem Namen Anders Forsdahl arbeitete ebenfalls in diesem Feld. 1977 veröffentlichte er einen Bericht auf Grundlage von Statistiken, die er von seiner Regierung erhalten hatte, der einen Zusammenhang zwischen Armut in der Kindheit und Herzkrankheiten im Erwachsenenalter herstellte. Auch er vermutete, dass ein niedriger sozialer und wirtschaftlicher Status in der Kindheit eine lebenslange Anfälligkeit für schlechte Gesundheit verursacht.

In den 1970er Jahren erforschte eine Reihe von Sozialwissenschaftlern die sozialen Ursprünge von verschiedenen Erkrankungen körperlicher und geistiger Art. Doch obwohl seine Vermutungen nun langsam Anhänger fanden, hatte Barker nicht genug Beweise, um die Ernährung in den ersten Jahren mit Erkrankungen im Erwachsenenalter in Verbindung zu bringen. Er wusste, dass seine Theorie einer genauen Prüfung nicht standhalten würde, bis er mehr Informationen zu Babys analysieren konnte. Er benötigte harte Fakten zu Geburten und sozialen Gegebenheiten und wie gut (oder schlecht) es den Kindern in den ersten Lebensjahren erging.

## Eine neue Hypothese

Um die Wende zum 20. Jahrhundert war die Regierung Großbritanniens höchst besorgt über die immer schlechter werdende Gesundheit der Briten. Eines von 10 Kindern erlebte seinen ersten Geburtstag nicht. Presseberichten zufolge wurden ganze zwei Drittel der jungen Männer, die sich als Freiwillige für den Burenkrieg meldeten, abgelehnt, da sie gesundheitlich nicht fit genug waren. Der zuständige Amtsarzt des Gesundheitswesens in Hertfordshire, einer Grafschaft im Südosten von England, entschloss sich, etwas gegen diesen mitleidserregenden Zustand zu unternehmen: Er benannte die erste „Hauptgesundheitsbeauftragte und Hebammenprüferin von Hertfordshire“, Ethel Margaret Burnside. Er hatte keine Ahnung, wie wichtig diese Benennung noch sein sollte – nicht nur für Hertfordshire, sondern für Menschen auf der ganzen Welt und fast ein ganzes Jahrhundert später.

E. Margaret, wie sie sich gerne nannte, war von hoher Gestalt (fast 1,80) und eine recht imposante Person. Sie nahm ihre Arbeit im Jahr 1911 auf und hatte schon bald eine regelrechte Armee von Helferinnen rekrutiert, die wir heutzutage als Hebammen und Pflegekräfte im öffentlichen



DIE  
**ENTSTEHUNG**  
— DER —  
**EPIGENETIK**

Es gibt nicht nur ein einziges Gen, sondern viele verschiedene und was sie tun, hängt davon ab, was andernorts im Körper geschieht. Gene funktionieren auf eine Weise im Körper eines Menschen und auf andere im Körper eines anderen. Sie sind Teil einer Demokratie.

— DAVID BARKER, *NUTRITION IN THE WOMB*

**SIE DENKEN WAHRSCHEINLICH, DASS** wir Menschen das fortschrittlichste Genom haben. Aber das stimmt so nicht. Was unsere Genanzahl angeht (etwa 26.000 und mit Voranschreiten der Genetik werden es immer weniger) sind wir vielen anderen Spezies unterlegen. Sogar ein Reiskorn hat fast zweimal so viele Gene wie Sie (46.000) und zusammengenommen haben die unsichtbaren Bakterien, die in Ihrem Darm leben, mehrere Billionen mehr an Genen als Sie. Was die schiere Menge angeht, können Sie es kaum mit einem Erdwurm aufnehmen. Der Unterschied, wie es der Genetiker und Autor Siddhartha Mukherjee in seinem Buch *The Gene: An Intimate History* (Das Gen: Eine sehr persönliche Angelegenheit) ausdrückt, liegt in Folgendem: Nur wir Menschen können ein Meisterwerk malen. Er bemerkt daher: „Es geht nicht darum, was sie haben ... sondern darum, was sie damit tun.“

In anderen Worten: Ihre Gene allein bestimmen nicht, wer Sie werden. Das genetische Erbe, das Sie von Ihren Eltern erhalten haben, ist zwar permanent, aber wir wissen, dass unsere Gene stets in einem dynamischen Austausch mit unserer Umwelt stehen. Viele verschiedene Faktoren, wie etwa Ernährung und Stress, wirken sich auf die Genexpression aus. Die Genexpression ist wichtig, da sie eine wichtige Rolle für Ihre Gesundheit und Ihr Wohlbefinden spielt und Sie letztendlich zu der Person werden lassen, die Sie sind. Ihr Einfluss kann bis in den Mutterleib zurückverfolgt werden: Veränderungen in der Genexpression sind eine der Möglichkeiten, die Föten haben, um auf Umwelteinflüsse zu reagieren.



# Wie Sie Sie selbst werden

Stark vereinfacht gesagt, läuft das Ganze so ab: Ihre beiden Eltern tragen gleichermaßen zur Bildung Ihres Genoms bei der Empfängnis bei. Die Spermien Ihres Vaters und die Eizelle Ihrer Mutter verbinden sich zu einer einzigen Zelle (oder Zygote) mit 46 Chromosomen, jeweils 23 von jedem Elternteil. Diese Chromosomen enthalten Ihre Gene. Jedes einzelne Ihrer Gene enthält zwei Versionen, die Allele, eines von Ihrem Vater und eines von Ihrer Mutter.



## Epigenetisch:

Sich beziehend auf oder beteiligt sein an Veränderungen der genetischen Funktion, die keine Veränderung der DNA-Sequenz umfassen.

## Epigenetik:

Ein biologischer Vorgang, aus dem sich vererbare Veränderungen ergeben (die bei der Zellteilung auf denselben Zelltyp übertragen werden), die an zukünftige Zell- oder Nachwuchsgenerationen weitergegeben werden.

Während Sie sich im Bauch Ihrer Mutter entwickeln, beginnt die Zygote sich zu teilen, und ein mehrzelliger Organismus entsteht – der Embryo. Auch wenn diese Zellen praktisch alle dieselben 23 Chromosomenpaare haben, fangen sie an einem bestimmten Punkt der Entwicklung an, sich voneinander zu unterscheiden, wobei verschiedene Zelltypen entstehen, die bestimmte Funktionen haben: Gehirnzellen, Leberzellen, Stammzellen, Mastzellen und so weiter. Deshalb haben Sie hunderte verschiedene Zelltypen, von denen jeder seine eigene Aufgabe hat.

Aber wie entwickelt der Embryo all diese verschiedenen Zellarten, die er braucht, um als menschliches Wesen zu funktionieren? Auch das ist stark vereinfacht, aber alle seine Zellen enthalten DNA, eine chemische Zusammensetzung, die genetische Informationen enthält und die manchmal als eine Art biologische Version einer Programmiersprache bezeichnet wird. Die DNA enthält die Anleitungen, die den Herstellungsprozess eines jeden Zelltyps beschreiben, und sie erteilt diese Anweisungen, indem sie bestimmte Gene sozusagen an- oder ausschaltet.

## Die epigenetische Landschaft

Conrad Waddington, ein britischer Wissenschaftler, soll den Begriff Epigenetik im Jahr 1942 erfunden haben. 15 Jahre später setzte er sich daran, ein metaphorisches Bild zu entwickeln, das die Komplexität der Zelldifferenzierung beschreiben sollte. Damals dachten viele Wissenschaftler tatsächlich, dass Embryos eine Art Mini-Erwachsene sind – mit allen Merkmalen eines Erwachsenen ab dem Zeitpunkt der Empfängnis. Andere

glaubten, dass Babys das Ergebnis eines Entwicklungsprozesses sind, der eine lange Reihe von Interaktionen zwischen verschiedenen Bestandteilen umfasst. Waddington, der dieser letzten Gruppe angehörte, veröffentlichte 1957 ein konzeptuelles Gerüst, das seine Theorien illustrierte.

Sein interessanter Vergleich wird als Waddingtons epigenetische Landschaft bezeichnet und beschreibt mehrere Entwicklungswege, auf denen eine Zelle sozusagen in Richtung Differenzierung schreiten kann, was jeweils zu einem anderen Ergebnis führen würde. Waddington zeichnete die Zygote als einen Ball auf dem Gipfel eines Berges, der von mehreren Tälern durchbrochen wird, die horizontal über die Landschaft verlaufen. Jedes Tal steht für eine Wegkreuzung. Während der Ball den Berg herunterrollt (oder die Zelle sich entwickelt), kommt er an verschiedenen Orten vorbei, und jede Erfahrung wird auf dem Ball (oder der DNA der Zelle) eingepreßt, was mit der Zeit zu Veränderungen (einer zunehmenden Differenzierung) führt. Am Fuße des Berges ist die Zelle schließlich zur Summe all dessen, was ihr wiederfahren ist, geworden.

An diesem Punkt angelangt, hat sich die einzelne Zelle so oft geteilt und differenziert, dass all die verschiedenen Zellen (Herz, Gehirn, Leber usw.) gebildet werden konnten, die zur Entstehung menschlichen Lebens notwendig sind. Die differenzierten Zellen haben sich in ihren jeweiligen Mulden (den Tälern) abgelegt. Die Zelle verfügt immer noch über das ursprüngliche genetische Material, aber die Expression dieser Gene hat sich verändert.

Waddington entwickelte sein Modell, bevor es zu einem tieferen Verständnis epigenetischer Mechanismen kam, aber die meisten Wissenschaftler scheinen sich einig zu sein, dass es sich um eine nützliche Metapher zur Erklärung des Ablaufs der Zelldifferenzierung handelt. Es ist ein epigenetisches Phänomen, das sich aus Veränderungen der epigenetischen Landschaft ergibt und nicht aus genetischer Vererbung. Den Ball bergaufwärts zu rollen, würde eine Rückkehr zum Stammzellzustand bedeuten, eine überaus herausfordernde Prozedur, mit der wir in den Bereich des Klonens gelangen würden.

## Die ersten Genetiker

Die Summe aller Gene stellt Ihr Genom dar. Ihre Gene selbst sind Abschnitte Ihrer DNA, der chemischen Zusammensetzung, die sich durch Ihr ganzes Genom zieht und wichtige grundlegende Informationen trägt. Die DNA wurde 1953 entdeckt, aber das sollte uns nicht zu dem Glauben verleiten, dass die Genetik eine hochmoderne Wissenschaft ist. Tatsächlich haben im Laufe der Geschichte Forscher aus vielen verschiedenen Bereichen – Mathematiker, Chemiker und Biologen, um nur ein paar zu nennen – sich daran gesetzt zu untersuchen, wie wir zu uns selbst werden. Auf den ersten Blick würden Sie den griechischen Philosophen Aristoteles wahrscheinlich nicht in die Reihe dieser Forscher aufnehmen. Seine Idee, dass Kinder die Merkmale beider Eltern erben, war jedoch zu einer Zeit, in der angenommen wurde, dass der männliche Samen die fundamentale Lebenskraft und somit die einzige Quelle von Erbinformationen darstellte, weltbewegend. Frauen wurden quasi als nahrungsspendende Behälter angesehen. Viele





**KINDHEIT**

— UND —

**JUGEND**

## Menschen, die chronische Krankheiten entwickeln, sind im Kindesalter anders gewachsen.

— DAVID BARKER, *NUTRITION IN THE WOMB*

**E**S BESTEHEN KAUM ZWEIFEL daran, dass die ersten tausend Tage des Lebens, vom Moment der Empfängnis bis zum zweiten Geburtstag Ihres Kindes, ein besonders wichtiger Zeitraum sind, was die Entwicklung angeht, da dann die Organe gebildet und deren Funktionen festgelegt werden. Dank dem Konzept, das die Experten als „Entwicklungsplastizität“ bezeichnen, können auch kleinste Veränderungen, die während dieser Zeit durchgeführt werden, signifikante Konsequenzen im späteren Leben des Kindes haben. Alle Körpersysteme bleiben jedoch auch noch während der Pubertät plastisch und das Gehirn entwickelt sich noch bis ins Alter von über zwanzig Jahren weiter.

Die Kindheit stellt zwar einen anderen Abschnitt dar als die ersten tausend Tage, aber sie ist für die Gesundheit und das Wohlbefinden des Kindes nicht weniger wichtig. Das bedeutet, dass Eltern auch nach dem zweiten Geburtstag noch viel für eine gesunde Entwicklung des Kindes tun können. Eine gute Ernährung spielt weiterhin eine wichtige Rolle bei Entwicklung und Wachstum während der Kindheit und Pubertät. Gleiches gilt für seine Lebenserfahrungen. Nicht alle diese Faktoren können Sie als Eltern kontrollieren, aber der Mix, der sich aus ihnen ergibt, ist der Stoff, aus dem Gesundheit und Wohlbefinden während des ganzen Rests ihres Lebens gemacht werden.

---

# KINDHEIT

Nach dem zweiten Geburtstag läuft Ihr Kind wahrscheinlich schon gut, kann vorsichtig Stufen auf- und abgehen und plappert in einfachen Sätzen, zusammen mit anderen Errungenschaften. Es ist überaus spannend, Kindern bei dieser Entwicklung auf vielen verschiedenen Ebenen zuzusehen: körperlich (sie werden größer und nehmen an Gewicht zu), emotional (sie fangen an, erste

Anzeichen von Empathie gegenüber anderen zu zeigen) und kognitiv (sie entwickeln ihre Fähigkeit zur Hand-/Augenkoordination und Problemlösung). Vielleicht sind uns nicht alle diese Fortschritte gelegen – z. B. eine Tendenz zur Ungeduld und zu Wutanfällen – aber dennoch handelt es sich dabei um definierbare Entwicklungsschritte. Jedes Kind ist einzigartig, aber in ganz allgemeinen Zügen können Experten dennoch definieren, wie gut Ihr Kind sich entwickelt, indem sie bestimmte Meilensteine bewerten, wie etwa die Wachstumsrate oder wie sich seine Grobmotorik, Sprache und gedankliche Kapazität entwickeln und wie gut es in sozialen Situationen zurechtkommt.

## Meilensteine

Meilensteine sind zum Teil deshalb so wichtig, weil das Wachstum und die Entwicklung eines Kindes so viel mit seinem Risiko zu tun haben, später eine chronische Erkrankung zu bekommen. Kinder, die klein geboren werden und deren BMI dann im Alter zwischen drei und fünfzehn Jahren schnell ansteigt, sind im Erwachsenenalter z. B. anfälliger für die Entwicklung von Bluthochdruck (siehe „Die entwicklungswissenschaftlichen Ursprünge von Bluthochdruck“ auf Seite 199). Eine Studie, die David Barker und seinen Kollegen 2007 in der Zeitschrift *Stroke* veröffentlichten, zeigte außerdem, dass Kinder, die im Alter von zwei Jahren klein und schlank waren und während der ganzen Kindheit klein bleiben, später ein erhöhtes Schlaganfallrisiko haben.

Ein Problem ist, dass es oft gar nicht auffällt, wenn das Wachstum eines Kindes von der Norm abweicht. Wenn sein Wachstum nicht ab dem Zeitpunkt der Geburt regelmäßig aufgezeichnet wird, erscheint ein Risiko für eine chronische Erkrankung vielleicht nie auf den Radar. Eben darum sind Meilensteine so wichtig. Wenn ein Kind einen Meilenstein nicht erreicht, können die Experten untersuchen, woran das liegt und gegebenenfalls vorbeugende Maßnahmen ergreifen.

Eine gute Ernährung ist eines der Werkzeuge, die dabei helfen, Kinder auf einer angemessenen Wachstumskurve zu halten, und ihre Vorteile machen sich schon früh bemerkbar. Forscher bestätigen, dass eine gesunde Ernährung während der frühen Kindheit einige der negativen Auswirkungen, die sich aus im Mutterleib ausgelösten epigenetischen Veränderungen ergeben haben, modulieren kann. Einige Studien, die auf Daten aus der Helsinki Birth Cohort Study beruhen, deuten beispielsweise darauf hin, dass Kinder mit einem Geburtsgewicht im Normalbereich für ihre Bevölkerungsgruppe, bei denen angemessene Maßnahmen angewandt werden, um im Alter zwischen drei und elf Jahren den BMI auf Kurs zu halten, eine nur halb so hohe Wahrscheinlichkeit haben, später Typ-2-Diabetes zu bekommen.

Eine nährstoffreiche Ernährung hilft auch dabei, dass Körpersysteme, die bei Kindern noch plastisch sind (wie das Gehirn, die Leber und das Immunsystem) sich angemessen entwickeln. Da sich alle Teile ihres Körpers noch weiterentwickeln, brauchen Kinder all die Nährstoffe, die eine gesunde und ausgewogene Ernährung beinhaltet, besonders dringend. Kinder, die nicht die richtige Ernährung erhalten, entwickeln Nährstoffmängel und sind unterernährt.

# Der Bewegungsapparat

Kleine Kinder entwickeln zahlreiche Körpersysteme, einschließlich Muskeln und Knochen. Die Stärke der Knochen Ihres Kindes wird schon im Mutterleib und in der ersten Lebenszeit angelegt. Wenn sie die Pubertät erreichen, ist die Mineraldichte der Knochen bereits festgelegt. Dies geschieht bei Mädchen im Alter von 11 bis 14 Jahren und bei Jungen mit Abschluss der Pubertät.

Die Mineraldichte der Knochen bestimmt das Risiko, später im Leben bestimmte Krankheiten zu bekommen (von denen Osteoporose wohl die offensichtlichste ist) und hängt stark davon ab, wie ein Kind wächst. Studien zeigen, dass Kinder, die zunächst nur langsam wachsen und dann plötzlich schneller an Zentimetern zulegen, als Erwachsene ein höheres Risiko für Osteoporose und Hüftfrakturen haben. Wie David Barker schon ganz richtig hervorhob, müssen Knochen langsam aber stetig wachsen. Das ermöglicht es den Kalziumsalzen, sich richtig anzusetzen. Wenn keine angemessene Mineralisierung stattfindet, kann es zu schwachen Knochen und Knochenbrüchen kommen, wenn die Mineralien sich im Alter abbauen, was völlig normal ist.

Die bleibenden Zähne (mit Ausnahme der Weisheitszähne) werden ebenfalls in den ersten Lebensjahren gebildet. Vielleicht halten Sie die Zähne nicht so besonders wichtig für das Wohlbefinden Ihres Kindes, aber Experten bestätigen, dass es bei der Zahngesundheit um viel mehr als nur eine rein kosmetische Angelegenheit geht. Die Zähne sind ein guter Indikator für körperliches Wohlbefinden. Zum Beispiel zeigen sich Belastungsfaktoren wie eine schlechte Ernährung in den Zähnen – der Zusammenhang zwischen zu viel Zucker und Zahnlöchern ist uns allen wohl bekannt. Aspekte unzureichender Mundgesundheit wurden in Zusammenhang mit Krankheiten wie Herzleiden und einer kürzeren Lebenserwartung gebracht.

Zum Glück wissen wir ziemlich genau, welche Nährstoffe für die Bildung gesunder Knochen und Zähne notwendig sind. Kalzium, das in Milchprodukten und Blattgemüsen vorkommt, sowie Vitamin D, das durch Sonnenbäder und über fetthaltigen Fisch sowie Eigelb aufgenommen wird, sind besonders wertvoll. Magnesium, das ausreichend in Vollkornprodukten, Nüssen und Körnern vorkommt, arbeitet eng mit diesen beiden Nährstoffen zusammen, um für starke Knochen und Zähne zu sorgen.

## Adipositas

Eines von drei Kindern und zwei von drei Erwachsenen in den Vereinigten Staaten sind übergewichtig oder adipös. Das ist eine ganz schön alarmierende Statistik. Adipositas ist eine komplexe Erkrankung (siehe Seite 165), und auch wenn wir noch nicht alle Mechanismen verstehen, scheint es im Allgemeinen so zu sein, dass die Krankheit mit den Körpersystemen zu tun hat, die für die Energieregulierung zuständig sind. Sowohl Babys, die ein eher zu niedriges Geburtsgewicht hatten, als auch solche mit einem zu hohen, haben tendenziell ein höheres Risiko, an Adipositas zu erkranken. Ein weiterer Risikofaktor für Kinder, die im Mutterleib nicht angemessen gewachsen sind, ist außerdem eine zu schnelle Gewichtszunahme ab dem zweiten Lebensjahr.

Forschungsprojekten zur Histaminintoleranz, mit VHF in Zusammenhang gesetzt wurde. Histaminintoleranz kann ein sehr breites Spektrum an Symptomen hervorrufen. Im Allgemeinen ergeben sich diese Reaktionen aus Defiziten im Zusammenhang mit der Funktion des DAO- oder HNMT-Gens, welche die Fähigkeit des Körpers zur Histaminverarbeitung beeinträchtigen. Neben Herzrhythmusstörungen sind diese Mängel mit einer Vielzahl von Autoimmunerkrankungen verbunden, darunter Glutenempfindlichkeit und entzündliche Darmerkrankungen. Hohe Mengen an Histamin sind in bestimmten Lebensmitteln enthalten, wie z. B. in Nachtschattengewächsen, zu denen Tomaten, Kartoffeln, Paprika und Auberginen gehören. Viele verschreibungspflichtige Medikamente können ebenfalls eine Histaminreaktion auslösen, genauso wie der Verzehr von würzigen Lebensmitteln oder solchen, die zu Blähungen führen.

## **ELEKTROLYTUNAUSGEGLICHENHEITEN**

Elektrolyte sind Chemikalien, die Strom in Ihrem Körper leiten. Dazu gehören geladene Formen von Natrium, Kalzium, Kalium und Magnesium. Ihr Herzmuskel verwendet diese Mineralien, um elektrische Impulse zu übertragen. Wenn es zu einem Ungleichgewicht kommt, kann ein unregelmäßiger Herzschlag die Folge sein. Ein häufiges Elektrolytungleichgewicht tritt bei zu viel Natrium und zu wenig Kalium auf. Diese Elemente sind eng miteinander verbunden und bei einer Ernährungsweise entsprechend der amerikanischen Standardernährung ist eine Unausgeglichenheit praktisch vorprogrammiert. Schuld daran ist hauptsächlich der übermäßige Verzehr von verarbeiteten Lebensmitteln, die bekanntlich einen hohen Natriumgehalt aufweisen. Laut Harvard Heart Letter verbraucht der Durchschnittsamerikaner täglich zwischen 2.500 und 7.500 mg Natrium. Die empfohlene Tagesdosis für Kalium beträgt 4.700 mg, von der ein typischer Nordamerikaner wahrscheinlich nur 2.500 mg pro Tag zu sich nimmt. Kalium wird auch durch bestimmte Medikamente wie Kortikosteroide und Diuretika schneller aufgebraucht, was ein Faktor sein könnte, der die schnell steigenden Raten von VHF bei älteren Menschen erklärt.

Während Kalium an sich schon wichtig ist, hilft der Verzehr von noch mehr Kalium dem Körper dabei, überschüssiges Natrium auszuscheiden. Es gibt Hinweise darauf, dass eine Verbesserung des Gleichgewichts zwischen diesen beiden Mineralien der Herz- und Gefäßgesundheit zugute kommt (siehe „Bluthochdruck und Salz“, Seite 200). Der beste Weg, die Kaliumzufuhr zu erhöhen und gleichzeitig die Natriumzufuhr zu senken, ist, mehr Vollwertkost zu essen, insbesondere frisches Obst, Gemüse und Hülsenfrüchte.

Wenn es darum geht, den Herzrhythmus regelmäßig zu halten, ist Magnesium ein besonders wichtiger Elektrolyt, da es eine angemessene Funktion des elektrischen Systems Ihres Herzens unterstützt. Es fehlt aber leider nicht nur fast vollständig in der amerikanischen Standardernährung, sondern Lebensstilfaktoren wie Stress und bestimmte verschreibungspflichtige Medikamente erschöpfen die Magnesiumspeicher des Körpers auch noch schneller. Weitere Informationen zu Magnesiumquellen finden Sie unter „Ernährungsstrategien zur Behandlung von Bluthochdruck“, Seite 202.

## AUSSETZUNG GEGENÜBER GIFTSTOFFEN

Herzrhythmusstörungen wurden auch mit zahlreichen Umweltgiften in Verbindung gebracht, darunter Pestizide, verkehrsbedingte Luftverschmutzung und eine Aussetzung gegenüber Propan oder Chlorgas, Farbverdünnern und Schwermetallen. Obwohl Studien einige dieser Auslöser identifiziert haben, konnten sie keine großen Einblicke in die Mechanismen geben, die vom Auslöser zu einer VHF-Episode führen. Sie sind jedoch erwähnenswert, da die VHF-Raten so schnell steigen und die Ursachen so vielfältig sind.

## STRAHLENTHERAPIE

In den letzten Jahren wird die Strahlentherapie vermehrt als ein ernsthaftes Problem im Zusammenhang mit Herz-Kreislauf-Erkrankungen betrachtet. Während eine Strahlenbehandlung bei vielen Krebsarten ein wichtiger Bestandteil der Therapie ist, da sich die Überlebensraten für Krebs verbessern, sind nun auch die potenziell negativen Nebenwirkungen in den Fokus gerückt. Viele Mediziner, insbesondere Kardiologen, glauben, dass Strahlentherapie zum Teil auch in Situationen eingesetzt wird, in denen der Nutzen die Risiken nicht überwiegt. Infolgedessen sind strahleninduzierte Herzerkrankungen ein wachsendes Problem. Das Risiko ist bei Frauen am größten, deren linke Brust über dem Herzen bestrahlt wird. Die Patientinnen sollten ihre Kardiologen vor der Behandlung nach diesem Problem fragen.

Laut einer im New England Journal of Medicine veröffentlichten Studie aus dem Jahr 2013 zeigen sich die Auswirkungen einer Strahlenbehandlung bereits nach fünf Jahren. Je größer die Strahlendosis, desto größer ist das Risiko eines nachfolgenden Herzinfarkts. Strahlentherapie wurde auch mit Herzrhythmusstörungen in Verbindung gebracht. Sie erzeugt reaktive Sauerstoffspezies, wobei es sich um hochgiftige Substanzen handelt. Außerdem kann sie die elektrischen Muster des Herzens verändern und hat einen signifikanten Einfluss auf die Expression zahlreicher Gene.

Studien haben Zusammenhänge zwischen Strahlenbehandlungen, Herzrhythmusstörungen und Veränderungen in der Genexpression im Zusammenhang mit Histonmodifikationen, RNA-basierten Mechanismen und DNA-Methylierung identifiziert. Diese epigenetischen Veränderungen können sich aus einer Vielzahl von Faktoren ergeben, zu denen auch Entzündungen und Gefäßerkrankungen gehören. Experten sind sich jedoch einig, dass diese Veränderungen der Genexpression noch lange nach der eigentlichen Bestrahlung andauern.



---

# KÖRPERLICHE AKTIVITÄT UND CHRONISCHE KRANKHEIT

Wenn Sie nicht gerade auf dem Mond leben, wissen Sie wahrscheinlich, dass Bewegung, auch in moderaten Mengen, sehr, sehr gut für Sie ist. Ein wenig körperliche Betätigung hilft Ihnen nicht nur, ein gesundes Gewicht zu halten, Ihre Muskeln zu stärken und mobil zu bleiben, sondern reduziert auch Ihr Risiko für eine Vielzahl von Krankheiten, die von Typ-2-Diabetes über Herz-Kreislauf-Erkrankungen bis hin zu manchen Krebsarten reichen. Ach so, und ganz nebenbei verbessert Sport auch Ihre Stimmung und die psychische Gesundheit.

In den letzten Jahren suchen Forscher angestrengt nach den Mechanismen, die all diese Vorteile möglich machen. Gibt es auf zellulärer Ebene irgendetwas, das helfen könnte zu erklären, warum Bewegung Ihr Risiko für chronische Krankheiten beeinflussen kann? Kein Wunder, dass einige der Antworten in Ihrem Epigenom verwurzelt sind. In einem umfassenden Übersichtsartikel, der 2017 in *Acta Physiologica* veröffentlicht wurde, hob der Sportphysiologe Joshua Denham die wachsende Zahl der Forschungsarbeiten hervor, die Bewegung mit epigenetischen Veränderungen in Zusammenhang setzen, die Ihr Risiko für eine Vielzahl von Krankheiten verringern können. Bei bestimmten Genen kann es recht schnell zu Verbesserungen kommen. In einer Mausstudie kehrten Nachkommen, die eine Neigung zu Adipositas und Stoffwechselsyndrom erben, ihr bedauerndes Vermächtnis in nur acht Wochen um, und zwar dank einer Intervention, die ein Ernährungs- und Bewegungsprogramm umfasste. Interessanterweise wiesen Studien mit menschlichen Teilnehmern, die sichtbare körperliche Verbesserungen nachweisen, auch darauf hin, dass acht Wochen ein angemessener Zeitrahmen sind, innerhalb dessen sich erwartungsgemäß erste Ergebnisse zeigen.

Im Jahr 2014 veröffentlichten Wissenschaftler des schwedischen Karolinska-Instituts eine Studie, die 23 Männern und Frauen drei Monate lang beobachtete. Die Probanden fuhren dreimal pro Woche 45 Minuten lang mit nur einem Bein Fahrrad. Sowohl vor als auch nach dem Beginn des Trainings wurden Muskelbiopsien ihrer Beine durchgeführt. Wie erwartet zeigte das trainierte Bein eine körperliche Verbesserung. Aber die Biopsien zeigten auch neue Methylierungsmuster in rund 7.000 Genen: solche, die mit Insulinreaktion, Entzündung und der Art und Weise, wie der Körper Energie verarbeitet, in Zusammenhang stehen.

Zahlreiche Studien haben auch Zusammenhänge zwischen Bewegung und positiven Veränderungen der DNA-Methylierung festgestellt. Zum Beispiel hat sich gezeigt, dass Bewegung die DNA-Methylierung modifiziert, um die Expression von Genen zu erhöhen, die mit der Tumorsuppression zu tun haben, und die Aktivität von Genen zu verringern, die das Wachstum von Krebszellen fördern.

In einer weiteren Studie untersuchten Forscher der Mayo Clinic die Vorteile von 12 Wochen hochintensivem Intervalltraining (HIT) sowohl bei jüngeren als auch älteren Menschen. Sie fanden ein überraschendes Ergebnis: Je älter Sie sind, desto wahrscheinlicher ist es, dass Ihre Gene auf die Anstrengung reagieren. Mehr als 400 Gene in Muskelzellen wurden bei denjenigen Probanden, die älter als 64 Jahre waren, unterschiedlich exprimiert. In der jüngeren Gruppe geschah dies nur bei 275 Personen. Es ist jedoch wichtig zu beachten, dass Menschen über 50 Jahre sehr vorsichtig sein sollten, wenn es darum geht, eine mehr als nur moderate Bewegung aufzunehmen. Extreme sportliche Betätigung ist besonders riskant für ältere Erwachsene, die möglicherweise unerkannte Herz-Kreislauf-Erkrankungen haben. Und auch körperlich fittere Menschen sollten vorsichtig damit sein, Ausdauersportarten wie Marathonläufe zu betreiben. Viele Kardiologen sind der Meinung, dass das Training ab einem bestimmten Punkt neben der Belastung von Gelenken und Bändern auch das Herz schädigen kann.

Dennoch gibt es Hinweise darauf, dass Bewegung Ihnen helfen kann, biologisch jung zu bleiben, denn sie hält Ihre Telomere lang (siehe Seite 227 für weitere Informationen über Telomere). Eine deutsche Studie an eher sesshaften und aktiveren Menschen verschiedener Altersgruppen ergab, dass eine Gruppe von engagierten Läufern mit einem Durchschnittsalter von 51 Jahren außergewöhnlich „jugendliche“ Telomere hatte – nur etwas kürzer als die Telomere der Läufer in den 20ern.







# ÄLTER- WERDEN

---

Der Kern chronischer Krankheiten liegt nicht in einer einzigen, alles überwältigenden Störung des Körpers, die entweder bei der Empfängnis oder im mittleren Alter stattfindet. Es gibt zwei Pfade, die zu solchen Erkrankungen führen. Die Gesundheit der gesamten Lebenszeit wird durch die Mutter angelegt, und ein guter Start im Mutterleib ist sehr wichtig für unser lebenslanges Wohlbefinden.

— DAVID BARKER, *NUTRITION IN THE WOMB*

**F**ALLS SIE AUF DER Suche nach dem Jungbrunnen sind, könnte ein guter erster Schritt sein, sich ein paar Tipps von Robert Marchand zu holen. Dieser übersprudelnde Franzose hat in seinem Leben so ziemlich alles gemacht: Feuerwehrmann, Zuckerrohrpflanzer und Holzfäller sind nur drei seiner vielen Beschäftigungen. Während des Zweiten Weltkriegs war er eine Zeitlang Kriegsgefangener. Mit 35 begann er, sich für das Radfahren zu interessieren und wurde Siebter im Grand Prix des Nations, einer jährlichen Veranstaltung in Frankreich, an der sowohl Amateur- als auch Profiradsportler teilnehmen. Das Dumme war nur, dass seine vielen verschiedenen Jobs ihm kaum Zeit für das Training ließen, sodass er erst im reifen Alter von 70 wieder mit dem Fahrradfahren begann. Ab diesem Zeitpunkt hatte er endlich die Muße, dem Sport die nötige Zeit zu widmen und bis zu seinem 100. Geburtstag hatte er mehrere Weltrekorde gebrochen.

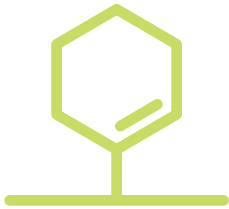
Robert Marchand ist ein Lehrbuchbeispiel guten Alterns. Sein Leben zeigt uns, dass es beim Älterwerden nicht nur ums Überleben geht; wir müssen auch unsere körperliche und geistige Gesundheit aufrechterhalten. Wenn wir über das Älterwerden sprechen, taucht oft das Wort Widerstandskraft auf, normalerweise im Zusammenhang mit Zügen wie der Fähigkeit sich von Schlägen zu erholen oder Herausforderungen zu meistern. Monsieur Marchand war offensichtlich recht widerstandsfähig. Im Jahr 2014 brach er im Alter von 102 Jahren seinen eigenen Rekord für die weiteste Strecke bei über Hundertjährigen, indem er 26,9 km in einer Stunde radelte. Im Jahr 2017 brach er einen weiteren Rekord, als er auf einer Radstrecke 22,5 km in genau einer Stunde fuhr.

Sein Geheimnis ist ein allgemeiner Ansatz für alle Lebensbereiche, der mit den meisten Richtlinien für ein gesundes Leben konform geht. Er sagt, er esse viel Gemüse und Obst und bis vor kurzem auch ein wenig Fleisch (das er inzwischen weglässt). Er trinkt auch Kaffee, aber nur sehr wenig. Und seinem Coach zufolge setzt er sich auch gern hohe Ziele.

Anscheinend haben Robert Marchand eine gesunde Ernährung, viel sportliche Betätigung und eine positive Einstellung dabei geholfen, sich noch im Alter von 107 Jahren jung zu fühlen. Was wir aber genau wissen, ist, dass er sehr starke Muskeln hat, was bei älteren Menschen normalerweise nicht der Fall ist – eine Eigenschaft, die schon an sich eine gute Gesundheit fördert und dabei hilft, Entzündungen zu kontrollieren.

---

## WAS IST ALTERN?



### Seneszenz:

Erschöpfungsmoment von Zellen, ab dem sie sich nicht weiter teilen aber auch nicht sterben.

---

Altern ist ein komplexer Prozess. Warum altern einige Menschen gut und andere scheinen schon vor ihrer Zeit alt zu werden? Viele verschiedene Elemente tragen dazu bei, wie erfolgreich wir das Fortschreiten der Jahre überstehen, einschließlich der Dinge, die sich ereignet haben, als wir uns noch im Mutterleib befanden. Das Älterwerden ergibt sich im Grunde aus den gesammelten Effekten unzähliger winziger Veränderungen, viele von ihnen epigenetischer Art, die im Laufe der Jahre stattfinden. Biologisch gesehen findet das Altern in Ihren Zellen statt. Alle Teile des Körpers enthalten Zellen. Aus verschiedenen Gründen können Wissenschaftler nicht mit Sicherheit sagen, wie viele, aber es sind etwa 37 Billionen laut einer Schätzung von 2013, die in *Annals of Human Biology* veröffentlicht wurde. Es ist wirklich bemerkenswert: Wir beginnen das Leben als eine einzige Zelle und enden durch den Prozess der Replikation mit dieser riesigen Menge an aktiven Zellen, die alle unterschiedliche Aufgaben erfüllen, um unseren Körper am Laufen zu halten. Ihr Körper erschafft ständig neue Zellen durch einen Prozess, der als Teilung bekannt ist. Diese Zellen altern und vermehren sich je nachdem, wo sie sich befinden, unterschiedlich schnell. Zum Beispiel vermehren sich die Zellen im Herzen nur langsam und die Darmzellen sind eher von der schnellen Partie. Leider beginnt sich dieser Prozess ab einem Alter von etwa 35 Jahren zu verlangsamen. Unsere Zellen werden allmählich „alt“. Sie erreichen einen Punkt, der als Seneszenz bekannt ist, an dem sie sich nicht mehr selbst reproduzieren können. Und da Ihre Lebensdauer vereinfacht

ausgedrückt durch die Teilungsfähigkeit Ihrer Zellen bestimmt wird, beginnen Sie zu altern, wenn diese sich nicht mehr erneuern.

## Telomere

Schon während ihrer Kindheit im australischen Staat Tasmanien interessierte sich Elizabeth Blackburn für die Natur, was aber auch nicht weiter verwunderlich ist, da sie aus einer Familie von Physikern und anderen Wissenschaftlern stammt. Wie viele Kinder hatte sie Spaß an selbst durchgeführten Experimenten und sammelte z. B. Kaulquappen in einem Glas. Aber ihre angeborene Neugier führte sie auf einen ganz einzigartigen Weg, den dann doch nicht so viele Kinder im Erwachsenenalter einschlagen. 2009 erhielt sie zusammen mit ihren zwei Mitarbeitern den Nobelpreis für Physiologie oder Medizin.

Professor Blackburn hat einen Großteil ihres Berufslebens dem Studium von Tetrahymena gewidmet, einer Art einzelligem Tier, das in Süßwasserteichen weit verbreitet ist. Weil es in der Nähe der Oberfläche von Teichen in Algen lebt, nennt sie es „Teichschaum“. Als Wissenschaftlerin interessierte sie sich für Chromosomen, insbesondere für deren Endabschnitte, die als Telomere bezeichnet werden. Da Teichschaum eine Fülle von Telomeren enthält, rückte er in den Mittelpunkt ihrer Forschungsarbeit.

Womit wir zurück zur Zellteilung kommen. Telomere spielen eine wichtige Rolle bei der Zellteilung. Manchmal werden sie mit den Kunststoffspitzen an den Enden von Schnürsenkeln verglichen, die ein Ausfransen verhindern sollen. Einige Zellen teilen sich tausende Male, und ihre gesamte DNA muss kopiert werden. Telomere leben an den Enden von Chromosomen, schützen sie und helfen dabei, sie während des Vermehrungsprozesses stabil zu halten. Jedes Mal, wenn sich eine Zelle teilt, neigen die Telomere jedoch dazu, sich etwas zu verkürzen. Die Länge der Telomere und die Geschwindigkeit, mit der sie sich verkürzen, haben mit dem Alterungsprozess zu tun.

Noch eine Anekdote über Teichschaum: Er verfügt über besonders viele Telomere, die sich im Gegensatz zu den meisten anderen Organismen bei der Zellteilung nicht verkürzen. Wie Blackburn und ihr Team entdeckten, haben Tetrahymena die Fähigkeit, ein Enzym zu produzieren, das verhindert, dass sich die Telomerenden verkürzen. Sie nannten dieses Enzym Telomerase. Grundsätzlich synthetisiert



### **Telomere:**

DNA-Teilchen am äußeren Rand von Chromosomen, die diese während der Zellteilung schützen.

### **Telomerase:**

Ein Enzym, das oft als „Anti-Aging-Enzym“ bezeichnet wird und Telomere instand hält, wodurch sie länger bleiben.

# Ballaststoffe, Ihr Darm und Ihre Gesundheit

Um die Jahrtausendwende waren sich die meisten Menschen der Zusammenhänge zwischen chronischen Erkrankungen wie Übergewicht, Herz-Kreislauf-Erkrankungen und Typ-2-Diabetes und dem sogenannten westlichen Lebensstil bewusst, der durch eine hohe Aufnahme von nährstoffarmen verarbeiteten Lebensmitteln gekennzeichnet ist. Diese Lebensmittel weisen unter anderem einen sehr geringen Anteil an Ballaststoffen auf, einer Art unverdaulichem Kohlenhydrat, das in pflanzlichen Lebensmitteln vorkommt. Ballaststoffe können in zwei Hauptgruppen unterteilt werden: lösliche und unlösliche. Heute untersuchen Wissenschaftler die Möglichkeit, dass eine ballaststoffarme Ernährung eine bedeutende Rolle als Ursache vieler moderner Krankheiten spielen könnte.

## Lösliche Ballaststoffe

Lösliche Ballaststoffe verbinden sich mit Wasser zu einer gelartigen Substanz, die bestimmte gesundheitliche Vorteile hat. Sie hilft dabei, die Geschwindigkeit, mit der Sie Ihre Nahrung verdauen, zu regulieren und unterstützt die Nährstoffaufnahme. Weil Ihr Körper lösliche Ballaststoffe nur schwer absorbiert, binden sie sich an überschüssiges Cholesterin und helfen dabei, es aus Ihrem Körper zu entfernen. Es hat sich gezeigt, dass lösliche Ballaststoffe je nach eingenommener Menge, sowohl den Gesamt- als auch den LDL-Cholesterinspiegel (das „schlechte“ Cholesterin) um bis zu 10 Prozent senken.

Lösliche Ballaststoffe verlangsamen auch die Geschwindigkeit, mit der Ihr Körper Zucker über die Ernährung aufnimmt. Wenn bei Ihnen ein Risiko für Prädiabetes oder Diabetes besteht, kann es helfen, Ihren Blutzuckerspiegel unter Kontrolle zu halten. Eine 2018 in der Zeitschrift *Science* veröffentlichte Studie zeigte, dass Menschen mit Typ-2-Diabetes, die eine ballaststoffreiche Ernährung befolgten, das Wachstum von Darmbakterienstämmen, die kurzkettige Fettsäuren (SCFA)

produzierten, erhöhten. Diese SCFA sendeten Signale an andere Hormone, die die Insulinproduktion fördern und helfen, den Appetit zu kontrollieren. Die Probanden verbesserten ihre HgA1c-Werte – ein Maßstab dafür, wie gut der Blutzucker kontrolliert wird – und verloren an Gewicht.

Lösliche Ballaststoffe sind in Vollkorngetreide enthalten (insbesondere in Hafer, Gerste und Amaranth), aber auch in Erbsen, Bohnen, Linsen, Nüssen, Samen (einschließlich Leinsamen und Chiasamen) sowie einigen Obst- und Gemüsesorten.

## Unlösliche Ballaststoffe

Anders als lösliche Ballaststoffe lösen sich unlösliche Ballaststoffe nicht in Wasser. Das bedeutet, dass sie die Verdauung am Laufen halten, zum Teil durch eine Erhöhung der Stuhlmasse, was zu einem regelmäßigen Stuhlgang führt und Verstopfung vorbeugt. Quellen für unlösliche Ballaststoffe sind Vollkorn, Bohnen, Samen, die meisten Gemüsesorten (vor allem dunkles Blattgemüse, Kreuzblütler, Spargel und Sellerie) und Obst (vor allem Himbeeren, Birnen und Äpfel).

## Essen Sie beide Typen

Es ist sinnvoll, eine Fülle beider Ballaststoffarten in Ihre tägliche Ernährung aufzunehmen. Sie helfen Ihnen nicht nur, Ihr Hungergefühl schneller zu stillen, sondern haben auch positive Auswirkungen auf Blutzucker, Cholesterin und die Gesamtverdauung. Es ist jedoch unmöglich, genügend Ballaststoffe zu erhalten, wenn Sie zu viele verarbeitete Lebensmittel zu sich nehmen. Raffiniertes Getreide sowie verarbeitetes Fleisch und Fett enthalten wenig oder gar keine Ballaststoffe, und tierische Lebensmittel haben überhaupt keine. Lebensmittel, die keine Ballaststoffe liefern, müssen mit einer Fülle von pflanzlichen Lebensmitteln ausgewogen werden, um eine ausreichende Aufnahme dieses Nährstoffs zu gewährleisten.

## Ballaststoffe und Ihr Darm

In den 1960er Jahren wurden Wissenschaftler neugierig auf die Zusammenhänge zwischen Ballaststoffen und Gesundheit. Forscher fanden zum Beispiel heraus, dass Afrikaner viel niedrigere Raten an Darmkrebs, Diabetes und Herzerkrankungen hatten als Menschen in westlichen Ländern und sie stellten auch fest, dass ihre Ernährung viel mehr Ballaststoffe enthielt. In Jäger-Sammler-Gesellschaften nehmen Menschen in der Regel täglich mehr als 150 g Ballaststoffe zu sich. Damals hatten die Wissenschaftler nur wenige Erkenntnisse darüber, wie das Essen ballaststoffreicher Lebensmittel zu einer reduzierten Rate bestimmter Krankheiten führte. Inzwischen glauben sie, dass die Mikroben, die in unserem Darm leben und gerne Ballaststoffe futtern, eine Schlüsselrolle spielen.

Die meisten Menschen in den Industrieländern nehmen nicht genügend Ballaststoffe zu sich, um ihre hilfreichen kleinen Mikroorganismen richtig zu pflegen. Und laut Justin und Erica Sonnenburg, zwei (miteinander verheirateten) Mikrobiologen der Stanford University's School of Medicine, ist die Vielfalt der Mikroben, die in unserem Darm leben, im Laufe der Jahre dank unserer ballaststoffarmen Ernährung dramatisch zurückgegangen.

Nebenbei bemerkt ist es interessant zu spekulieren, wie sehr die Vorliebe unserer Gesellschaft für Weißbrot bei der Abtötung der heimischen Arten eine Rolle gespielt hat. Eine Studie, die 2013 im ISME Journal veröffentlicht wurde, ergab, dass der Verzehr von mehr Vollkornprodukten während eines Zeitraum von nur vier Wochen die Populationen von „guten Bakterien“ im Darm ihrer Probanden erhöhte. Verbesserte die größere bakterielle Vielfalt die Gesundheit dieser Menschen? Als die Forscher verschiedene metabolische und immunologische Marker betrachteten, kamen sie zu dem Schluss, dass die Antwort „Ja“ lautete. Sie konnten eine deutliche Verbesserung des Glukose- und Lipidstoffwechsels sowie des Immunsystems feststellen. Im Vergleich zu einigen anderen ballaststoffreichen Lebensmitteln schienen Vollkorngetreide eine einzigartige Fähigkeit zur Erhöhung der mikrobiellen Vielfalt zu haben. Die Forscher spekulierten, dass dies an ihrer „komplexen Komposition“ liegen könnte, die einer größeren Vielfalt an Bakterien als Nahrung dienen könnte als die, die ausschließlich von Ballaststoffen angezogen werden.

