



Peter Spork

**DIE  
VERMESSUNG  
DES LEBENS**

Wie wir mit Systembiologie  
erstmal unseren Körper  
ganzheitlich begreifen – und  
Krankheiten verhindern,  
bevor sie entstehen

**DVA**

Peter Spork  
**Die Vermessung  
des Lebens**



Peter Spork

# **Die Vermessung des Lebens**

Wie wir mit Systembiologie  
erstmal unseren Körper  
ganzheitlich begreifen – und  
Krankheiten verhindern,  
bevor sie entstehen

Deutsche Verlags-Anstalt



Sollte diese Publikation Links auf Webseiten Dritter enthalten,  
so übernehmen wir für deren Inhalte keine Haftung,  
da wir uns diese nicht zu eigen machen, sondern lediglich  
auf deren Stand zum Zeitpunkt der Erstveröffentlichung verweisen.



Penguin Random House Verlagsgruppe FSC® N001967

1. Auflage

Copyright © 2021 by Deutsche Verlags-Anstalt, München  
in der Penguin Random House Verlagsgruppe GmbH,  
Neumarkter Straße 28, 81673 München

Umschlaggestaltung: FAVORITBÜRO, München  
Umschlagabbildung: ConnectVector/Shutterstock.com  
Satz, Druck und Bindung: GGP Media GmbH, Pöbneck

Printed in Deutschland  
ISBN 978-3-421-04850-9

[www.dva.de](http://www.dva.de)

 Dieses Buch ist auch als E-Book erhältlich.

*Für Susanne,  
weil auch das stabilste System ein großes Herz braucht*



## Inhalt

<b>Vorwort: Rechnen Sie mit dem Besten</b>	11
<b>Einleitung</b>	
Lernen aus der Coronakrise	15
Den Gesundheitsprozess lenken	18
<b>Kapitel 1: Das ganze Leben auf einen Blick – Gesundheit ist nicht linear</b>	
Wie alt bin ich wirklich?	27
Gesundheit ist berechenbar	32
Das Leben verstehen	37
Vom linearen zum systemischen Denken	43
Eine neue Ära	48
Gesundheit als lebenslanges Projekt	52
Netzwerk innerhalb von größeren Netzwerken	57
Rechenleistung statt Religion	61
Digitaler Zwilling	65
Der Traum von der Gesundheitsmedizin	69



## **Kapitel 2: Krankheit verhindern, bevor sie entsteht – Von der Medizin zum Leben in Gesundheit**

Was ist Leben?	79
37 Billionen Wunder	84
Organe in der Petrischale	91
Krankheit verstehen	95
Das Leben auf null zurücksetzen	99
Die Hand am Schalter der Zell-Identität	104
Das Altern begreifen – und vielleicht aufhalten?	110
Wir bleiben immer länger jung	115
Fliegende Heuschrecken und die Biokybernetik	118
Wie Computer uns das Leben erklären	123
Digitale Medizin	127
Die Zukunft der Medizin	131
Leben in Gesundheit	135

## **Kapitel 3: Modellieren für die Gesundheit – Die Systembiologie und ihre Vision**

Der Gesundheits-Navigator	143
Theorien von Systemen	148
Wenn Mathematik auf Biologie trifft	152
Rechnen in der Coronakrise	154
Im Reich der Differenzialgleichungen	158
Die Systembiologie entdeckt die Molekularbiologie	162
Hinterm Differenzial geht's weiter	165
Daten, Daten, noch mehr Daten	171
Wie die Medizin in zehn Jahren aussehen wird	174
Auf dem Weg zum neuen Menschen	178
Die technische Evolution	184

## **Kapitel 4: Die Vermessung des Lebens – Der Treibstoff der Systembiologie**

Gene sind keine Determinanten	191
Warum wir noch viel mehr Daten brauchen	197
Genomik: Die Basis, aber nicht viel mehr	202
Jedem Menschen seinen Gen-Pass	208
Epigenomik: Identität und Gedächtnis der Zellen	215
Transkriptomik: Die Welt der Abschriften	221
Proteomik: Das Leben lesen	225
Warum die Systembiologie viele Omiken braucht	230
Mikrobiomik: Metasystembiologie für den Metaorganismus	233
Mit der Ernährung die Gesundheit steuern	237
Die Darm-Hirn-Achse	241
Metabolomik: Speichel, Blut, Urin	245
Mini-U-Boote in der Blutbahn und Jackentaschen-Labore	249
Warum Sie nicht immer Ihrer Intuition vertrauen sollten	253
Wearables und Co.: »Made of blood, sweat and data«	257
Wer bin ich?	261
Psychologie, Soziologie, Biologie – endlich unzertrennlich	266

## **Kapitel 5: Das Ende der Medizin?**

### **Der Anfang der Gesundheit!**

Aus der Krise gerechnet	271
Der Schritt, der die Medizin überflüssig macht	277
Wie aus Medizin Begleitung wird	281
Datenschutz und Datenmacht	285
Wollen wir das wirklich?	291
Gesünder leben, angenehmer altern, leidloser sterben	296

## **Anhang**

Dank	303
Anmerkungen und Literatur	305
Personen- und Sachregister	315
Bildnachweis	327



## **Vorwort: Rechnen Sie mit dem Besten**

Haben Sie schon einmal von Systembiologie gehört? Vermutlich nicht. Aber das wird sich ändern. Denn diese Wissenschaft drängt immer mehr ans Licht der Öffentlichkeit. Das Interesse hat seinen guten Grund: Schon seit Jahrzehnten vermessen Systembiologinnen und Systembiologen weitgehend unbemerkt das Leben und berechnen die Zukunft von Lebewesen. Sie sagen deren mögliches Schicksal voraus. Wegen der rasanten Fortschritte der Biologie und der Computerwissenschaft gelingt ihnen das immer besser. Im Laufe der Coronakrise tauchen sie sogar in TV-Talkshows auf und stellen ihre Prognosen für den weiteren Verlauf der Pandemie vor.

Indem die Systembiologie unser Leben ein Stück weit simuliert, schaut sie für uns Menschen in die Kristallkugel. So beantwortet sie Fragen wie: Was passiert mit uns, wenn wir bestimmte Maßnahmen gegen das neue Coronavirus ergreifen? Oder aber: Was kann ich heute gezielt für meine persönliche Gesundheit tun? Oder: Wie kann ich Krankheiten verhindern, bevor sie entstehen?

Die Antworten der Systembiologie, die meist auf sehr komplexen mathematischen Formeln basieren, helfen uns, die beste aller möglichen Zukünfte auszuwählen, indem wir gezielt auf diese hinleben. Damit eröffnet uns die Wissenschaft eine wunderbare Chance: Sie

wird uns ein Leben in Gesundheit ermöglichen. Sie wird uns erlauben, mit dem Besten zu rechnen.

Eines Tages werden wir dank Systembiologie unsere Gesundheit selbst definieren und steuern können. Wir werden unser Leben so gestalten können, dass wir den Prozess, aus dem heraus die Gesundheit täglich neu entsteht, in vielen kleinen Schritten positiv beeinflussen. Die Wahl, welchen Schritt wir jeweils gehen und welchen nicht, wird bei uns liegen. Wir werden in Freiheit, aber im Bewusstsein der Verantwortung für uns selbst und unsere Umwelt Gesundheitsentscheidungen treffen. Zaghafte Ansätze dafür existieren bereits.

Eines Tages werden Krankheiten deshalb sehr viel seltener werden. Und die wenigen unausweichlichen Leiden sowie das Altern werden erträglicher sein als heute. Dank Systembiologie wird die heutige Medizin, die im Grundverständnis fast immer nur gegen ein bestehendes Leiden gerichtet ist, von einer Medizin abgelöst, die unsere Gesundheit steuert. Wer seine Gesundheit selber lenkt, benötigt die herkömmliche Medizin im Grunde nicht mehr.

Begleiten Sie mich also in eine neue Welt, in der die Wissenschaft auch Ihr Leben ganzheitlich begreifen und berechnen kann. Es gibt keinen Grund, sich davor zu fürchten.

*Hamburg, im Februar 2021*





# Einleitung

»Die Rettung hält sich an den kleinen Sprung in der kontinuierlichen Katastrophe.«

*Walter Benjamin*<sup>1</sup>

»Gesundheit ist die Fähigkeit, sich anzupassen.«

*Georges Canguilhem*<sup>2</sup>







## **Lernen aus der Coronakrise**

Die Krankheiten besiegen, vielleicht sogar das Altern und die quälenden Schmerzen? Wer wollte das nicht? Dieser Wunsch treibt die Wissenschaft seit Menschengedenken an. Er hat sie zu beachtlichen Erfolgen geführt. Und in absehbarer Zeit ist sie vielleicht sogar so weit, die Medizin überflüssig zu machen oder sie durch etwas Besseres zu ersetzen.

Die durchschnittliche Lebenserwartung steigt und steigt, einige gefährliche Infektionskrankheiten – manche bedrohlicher als die aktuelle Plage Covid-19 – sind fast oder ganz ausgerottet, andere dank Impfungen oder Antibiotika harmlos geworden: Pocken, die Pest oder Polio zum Beispiel. Säuglinge müssen kaum noch sterben. Chirurg\*innen<sup>3</sup> transplantieren lebenswichtige Organe. Die Stammzellforschung beginnt, Mini-Organen in Petrischalen zu züchten.<sup>4</sup> Selbst die ersten einst tödlichen Krebsarten haben ihren Schrecken verloren.

Dennoch scheint die alltägliche Medizin diesen Entwicklungen fast tragisch hinterherzuhinken. Dank moderner Techniken können wir heute das Erbgut lesen, die Arbeit einzelner Zellen auf molekularer Ebene über längere Zeit hinweg aufzeichnen, das Gespräch zwischen Erbe und Umwelt belauschen, unsere Mitbewohner im Darm und auf der Haut analysieren, den Einfluss einer Psychotherapie auf die Genregulation erfassen. Wir sind dabei, das Leben in seiner Gänze zu vermessen. Das ermöglicht uns, es

grundsätzlich zu verstehen und damit auch den Prozess zu begreifen, der unsere Gesundheit ist.

Doch die Medizin ficht all das nicht an. Für sie ist Gesundheit noch immer das Gegenteil von Krankheit. Und Krankheiten definiert sie nach wie vor über wichtige Symptome oder betroffene Organe. Wer indes immer nur die Krankheit bekämpfen will, ist auf ihre Existenz geradezu angewiesen. Viel besser wäre doch, sich auf die Gesundheit zu konzentrieren. Auch wirtschaftlich werden die meisten Gesundheitssysteme in absehbarer Zeit den aussichtslosen, zu spät ansetzenden Kampf gegen die Krankheiten nicht mehr bewältigen können. Es wird höchste Zeit, stattdessen in ein Leben in Gesundheit zu investieren.

Die Medizin sollte endlich lernen, sich nicht immer wieder von der Krankheit in die Irre leiten zu lassen, wenn sie doch in Wirklichkeit der Gesundheit auf der Spur ist. Sie muss zur Gesundheitswissenschaft mutieren.

Wie wichtig das ist, zeigt uns überdeutlich die aktuelle Coronapandemie. In den großen biomedizinischen Forschungszentren dieser Welt wird fieberhaft nach Mitteln gegen das Virus SARS-CoV-2 gesucht. Bis vor Kurzem hatte die breite Öffentlichkeit kaum eine Ahnung, was in all den Laboren passiert. Doch die neue Infektionskrankheit wirkt wie ein Brennglas, das unser aller Aufmerksamkeit auf die Wissenschaft fokussiert.

»Wir arbeiten mit Technologien des 21. Jahrhunderts an Krankheitsdefinitionen aus dem 19. und 20. Jahrhundert«, sagt der Pharmakologe Harald Schmidt: »Im Grunde verstehen wir von so gut wie keiner Erkrankung die zugrunde liegenden Mechanismen.«<sup>5</sup> Der Professor an der Universität Maastricht ist wie viele andere Pionier\*innen auf der ganzen Welt dabei, das zu ändern. Er betrachtet das Geschehen im Körper systemisch – als komplexes Netzwerk. Auf diesem Weg will der Mitherausgeber der Fach-



zeitschrift *Systems Medicine* »Erkrankungen ganz neu definieren«. Ausschlaggebend für die Einordnung als Krankheit sollen nicht mehr ein paar Symptome oder betroffene Organe sein. Stattdessen möchten die Forscher\*innen verstehen, was sich innerhalb des biologischen Netzwerks, das der Körper als untrennbares Ganzes bildet, im Krankheitsfall in die falsche Richtung entwickelt.

Die Medizin wäre dann nicht mehr an simplifizierende lineare Monokausalketten gefesselt. Sie konzentrierte sich nicht mehr darauf, Symptome von Leiden zu bekämpfen, deren wirkliche Ursache im Dunkeln liegt. Es ginge dieser Medizin darum, Erkrankungen als Zustände in nichtlinear geregelten, biologischen, psychologischen und soziologischen Systemen zu begreifen. Es ginge ihr um die Beziehungen, in denen die unzähligen Elemente eines solch hochkomplexen Netzwerks zueinander stehen. Und es ginge ihr um die Veränderungen dieser Beziehungen über Stunden, Monate und Jahre hinweg.

Das klingt kompliziert. Und ja: Es ist kompliziert. Aber auch hier lernen wir am Beispiel der Coronakrise dazu. Wir alle können plötzlich Exponentialfunktionen lesen. Wir wissen, warum es während der ersten oder auch der zweiten Welle – im exponentiellen Wachstum der Epidemie – so wichtig war, auf die Verdoppelungsrate der gemeldeten Infektionen zu schauen. Wir wissen zudem, warum uns im späten Frühjahr – im linearen Wachstum – vor allem die Reproduktionszahl  $R$  interessierte und im Sommer 2020 – als es kaum noch Infizierte gab – die bloße Zahl der Neuinfektionen. Wir haben begriffen, welche epidemiologisch, gesundheitspolitisch und biomedizinisch wichtige Botschaft sich hinter dem Hashtag *#FlattenTheCurve* verbirgt. Wir haben verstanden, dass räumliche Isolation Sinn macht. Wir haben gelernt, Abstand voneinander zu halten, regelmäßig zu lüften, Hände zwanzig Sekunden lang zu waschen und Mund-Nasen-Bedeckungen zu tragen, vor allem auch, weil wir Risikogruppen schützen wollen.

Noch niemals zuvor dürften so viele Menschen zur gleichen Zeit das Gleiche getan – oder manchmal auch nicht getan – haben, alleine im Interesse der Krankheitsprävention, als während der Coronakrise in den Jahren 2020 und 2021. Man stelle sich nur vor, wir ließen mit der gleichen Sorgfalt auch gemeinschaftlich das Rauchen, Saufen und Zu-Früh-Aufstehen sein.

Eine Wissenschaft, die in Regelsystemen und in Netzwerken denkt, die biologische Prozesse berechnen und in die Zukunft fortschreiben kann, würde uns dabei jedenfalls motivieren und unterstützen. Denn sie kann das Leben und die Gesundheit mithilfe neuer Computertechniken simulieren und zuverlässige Prognosen erstellen, wie beide sich unter bestimmten Vorbedingungen wandeln. Würden wir uns in einem nächsten Schritt an diesen Berechnungen orientieren, um möglichst gesund zu bleiben, wäre das eine echte Präventionsmedizin. Man könnte auch sagen, es wäre eine Gesundheitsmedizin, oder – völlig radikal gedacht –, es wäre im Grunde überhaupt keine Medizin mehr.

Denn diese neue Wissenschaft wüsste Krankheiten zu verhindern, ehe sie überhaupt ausgebrochen sind. Sie wüsste uns zu heilen, bevor wir krank werden. So könnte ein böses kleines Virus einen Trend beschleunigen, den die Gesellschaft seit Langem verschläft: Wir müssen uns allmählich verabschieden von einer Medizin, die immer nur Krankheiten bekämpft. Wir sollten stattdessen ein modernes Leben in Gesundheit erschaffen.

## **Den Gesundheitsprozess lenken**

Die Wissenschaft, von deren Zukunft ich hier träume, gibt es schon seit rund hundert Jahren. Ihren Namen hat sie seit einigen Jahrzehnten. Es ist die Systembiologie. Trotzdem ist dieses Buch meines Wissens das erste deutschsprachige und weltweit gesehen eines



der ersten allgemeinverständlichen Bücher über Systembiologie. Ich werde Ihnen darin vorstellen, was Systembiologie genau ist, wie sie funktioniert und wie wir alle davon profitieren können. Ich werde darin aber auch das Ende der Medizin, wie wir sie heute kennen, in Aussicht stellen. Aber das ist kein Grund, sich zu ängstigen. Im Gegenteil: Ich werde Ihren Mut wecken, sich auf ein besseres Leben einzulassen, auf ein Leben in Gesundheit, auf die Gesundheit der Zukunft, auf das Zeitalter der Systembiologie.

Um die Komplexität des Lebens zu durchdringen, bedient sich die Systembiologie der Mathematik. Mit ihrer Hilfe kann sie biologische Prozesse berechnen, Prognosen erstellen und die Gesundheit bereits zu einem Zeitpunkt gezielt unterstützen, zu dem noch keine Beeinträchtigung erkennbar ist. Wie gut dieser Ansatz funktioniert, wissen wir längst. Systembiolog\*innen bringen die medizinische Forschung und die Gesundheitswissenschaften schon seit Jahren voran. Sie helfen dabei, Gesundheit, Krankheit und das Altern immer besser zu verstehen. Die Ausbreitung von Infektionskrankheiten wie Covid-19 ist nicht zuletzt dank der Systembiologie so gut verstanden.

Verglichen mit den komplexen, meist schleichend verlaufenden, massenhaft auftretenden Volks- und Altersleiden oder all den psychischen Krankheiten sind Infektionen jedoch regelrecht simpel und sehr gut erforscht. Deshalb beugen wir ihnen auch oft effektiv vor, indem wir unsere Biologie systemisch verändern. Mit Impfungen regen wir das Immunsystem an, passende Antikörper zu bilden. Auch im Kampf gegen das neue Coronavirus wird das ein wichtiger Teil der Lösung sein. Die ganze Welt hofft zur Zeit auf nichts sehnlicher als auf genügend Corona-Impfstoff. Seit Dezember 2020 ist die erste Substanz bei uns zugelassen, womöglich gehören Sie sogar zu den ersten Menschen, die geimpft worden sind. Früher oder später wird uns die Impfung hoffentlich aus der Umklammerung der Pandemie befreien.



Trotzdem macht die Aussicht auf eine Vormachtstellung der Wissenschaft vielen Menschen Angst. Biomedizinische Forschung braucht immer mehr Daten. Sie ist regelrecht süchtig nach Daten. Sie liest genetische und epigenetische Codes von möglichst vielen Menschen, erfasst alle Proteine, die einzelne Gewebe unter bestimmten Voraussetzungen erzeugen, analysiert Laborwerte, wertet Fitnesstracker aus und vieles, vieles mehr. Die Daten werden schließlich dazu benutzt, Algorithmen zu optimieren und mit ihrer Hilfe das Leben und die Gesundheit zu simulieren.

Viele Menschen fürchten eine solche fast vollständige Vermessung ihres Lebens. Sie fühlen sich ausgeliefert. Wer möchte schon, dass mathematische Formeln über sein Leben bestimmen? Aber glauben Sie mir: Diese Angst ist unbegründet. Es geht hier nicht um Macht. Niemand wird Ihnen Ihre Freiheit rauben. Im Gegenteil, Sie werden in einem Leben in Gesundheit an Freiheit gewinnen. Auch wenn es uns derzeit – mitten in der Coronakrise – schwer fällt, daran zu glauben.

In absehbarer Zeit werden wir aber hoffentlich fast alle gegen Covid-19 zumindest eine Zeit lang immun sein. Bis dahin werden Forscher\*innen das neue Virus, seine Herkunft, seine Übertragung von Mensch zu Mensch, seine hoffentlich nicht allzu teuflische Wandelbarkeit und die Reaktion des menschlichen Immunsystems auf den Erreger grundlegend verstanden haben. Und dann werden wir dem Ziel nahe sein, dass möglichst viele Menschen gar nicht erst die schlimme neue Krankheit bekommen. Dass sie gesund bleiben.

Die eigentliche Bedrohung ist ja nicht das Virus selbst. Es ist der Umstand, dass es für uns Menschen neu ist und unser Immunsystem noch nicht gelernt hat, mit ihm umzugehen.

Wir sind seit Langem auf dem Weg in eine naturwissenschaftlich denkende und handelnde Medizin. Aber wir sind noch nicht am

Ziel. Medizin, wie wir sie heute kennen, ähnelt an vielen Stellen eher einem Kunsthandwerk als einer Wissenschaft. Das lehrt uns nicht zuletzt die Hilflosigkeit in den ersten Monaten der Coronakrise.

Das heißt aber auch, die Medizin muss vom Konzept der Krankheit Abstand nehmen. Sie darf sich nicht mehr nur darauf konzentrieren, Krankheiten zu bekämpfen. Sie muss sich der Gesundheit zuwenden. Gesundheit ist jedoch nicht das Gegenteil von Krankheit. Gesundheit ist der Prozess, der uns anpassungsfähig und vital erhält, der uns hilft, eine Krankheit zu besiegen oder mit ihr besser zu leben. Gerade chronisch kranke oder alte Menschen benötigen aus diesem Blickwinkel betrachtet eine besonders gute Gesundheit. Nach der gängigen Definition gelten sie aber als krank.

Es ist die Systembiologie, die uns derzeit an das Ende der Medizin denken lässt. Denn eine Medizin, die sich auf die Gesundheit konzentriert, ist keine Medizin im herkömmlichen Sinn mehr. Aktuell erreicht die biomedizinische Forschung eine systemische, komplexere, der Gesundheit und dem Leben zugewandte Ebene. Weil das eine positive Entwicklung ist, weil wir alle davon profitieren werden, ist dieser Anfang vom Ende der klassischen Medizin eine gute Nachricht.

Eines Tages werden völlig neue Krankheitserreger, aber auch die zahlreichen anderen Auslöser von Leiden aller Art, hoffentlich so früh entdeckt, durchschaut und ausgemerzt sein, dass es erst gar nicht mehr zu Pandemien und ausufernden Volkskrankheiten kommt. Basis nicht nur dieses Fortschritts wird das Sammeln der unendlich vielen individuellen biomedizinischen Gesundheitsdaten sein.<sup>6</sup> Doch dann wird die Entwicklung weitergehen. Wir selbst werden in großen Bereichen unsere eigenen Ärztinnen und Ärzte sein.<sup>7</sup> Die Mechanismen des Alterns werden verstanden und manipulierbar sein.<sup>8</sup> Die Daten werden dank Künstlicher Intelligenz, maschinellem Lernen und gigantischer medialer Vernetzung



eine präzise, personalisierte und treffsichere Medikation ermöglichen.

Natürlich werden wir aufpassen müssen, dass unsere Daten vor allem uns nutzen und nicht irgendwelchen skrupellosen Geldvermehrern. Schon heute gibt es gute Ansätze, wie das gelingen könnte.

In der Wissenschaft deuten sich also dramatische Veränderungen an. Schon seit Längerem wandelt sich das Verständnis von Krankheit und Gesundheit. Ich selber habe darüber in meinem Buch *Gesundheit ist kein Zufall* geschrieben. Wir sind dabei, das Leben neu zu vermessen. Also beginnen wir endlich auch, es ganzheitlich – systemisch – zu verstehen. Wie das genau geschieht und was die ersten Resultate sind, davon handelt dieses Buch.

Das erste Kapitel zeigt, dass Systembiologie und eine darauf aufbauende Präzisionsmedizin beides brauchen: die akribisch feine Analyse der aller kleinsten Elemente und den Versuch, das komplexe System, das diese Elemente miteinander bilden, ganzheitlich zusammensetzen. Danach erkläre ich die Biologie hinter der Systembiologie, zeige also, wie die moderne Wissenschaft die Elemente des Systems immer besser erforscht. Im dritten Kapitel geht es um die Systembiologie selbst. Wie gelingt es ihr, aus der Vermessung des Lebens Modelle für die Zukunft zu berechnen? Anschließend schildere ich, wo all die vielen Daten herkommen, die eine moderne Systembiologie erst möglich machen, um zum Abschluss meine Vision eines Lebens in Gesundheit zu entwerfen – übrigens nicht ohne mich mit den wichtigsten Argumenten der Kritiker\*innen auseinanderzusetzen.

Eines Tages werden wir dann hoffentlich zielsicher den Kippunkten aus dem Weg gehen können, die unseren Organismus aus dem Gleichgewicht bringen. Das wird der Moment sein, in dem wir uns im Zustand der Gesundheit befinden. Unser Organismus wird uns dabei helfen, diese Gesundheit aufrechtzuerhalten. Er tut es im

Grunde heute schon die meiste Zeit. Denn komplexe Systeme sind erstaunlich stabil.

Der Vergleich zum Klimawandel drängt sich auf. Auch dieser ist ein komplexes systemisches Problem. Und auch diesen können Klimaforscher\*innen bereits weitgehend simulieren. Sie kennen die Auslöser der ansteigenden Temperaturen auf der Erde, und sie wissen dank guter Prognosen sogar, wie die Menschheit dafür sorgen kann, dass die entscheidenden Umschlagmomente auf dem Weg in die Klimakatastrophe nicht erreicht werden. Das größte Problem in diesem Feld ist derzeit, dass die Menschheit zu träge zum Umdenken und Handeln ist.

In Sachen Gesundheit lernen wir täglich dazu. Im Idealfall wird die Gesellschaft der Wissenschaft immer mehr vertrauen. Sie wird auf die Expertinnen und Experten hören und sie finanziell wie ideell und politisch bestmöglich unterstützen. Dann sollte sich unser aller Leben zunehmend verbessern, und jeder von uns wird in seine individuelle biomedizinische Zukunft blicken.

Natürlich werden wir Menschen dennoch immer wieder leiden und eines Tages selbstverständlich auch sterben müssen. Aber ich bin überzeugt: Es wird erträglicher sein als heute.





# Kapitel 1

## Das ganze Leben auf einen Blick – Gesundheit ist nicht linear

»Man sollte eigentlich nicht mehr von Medizin sprechen, man sollte von Gesundheit sprechen.«

*Ernst Hafen<sup>1</sup>*

»Wir beginnen schon heute in ersten Ansätzen, das Leben vorherzusagen. Das ist ein unheimlich gutes Gefühl.«

*Nikolaus Rajewsky<sup>2</sup>*







## Wie alt bin ich wirklich?

Vor fünf Jahren feierte ich meinen fünfzigsten Geburtstag. Es war ein tolles Fest, ein wunderbarer Tag, viele Freunde und Familienmitglieder freuten sich mit mir. Ich war glücklich und zufrieden, wähnte ich mich doch im besten Alter und konnte gleichzeitig bereits auf ein erfülltes Leben zurückblicken. Doch unlängst kamen Zweifel. Was wäre, wenn mein kalendarisches Alter vom biologischen abweiche? Was, wenn mein Körper viel älter wäre, als er eigentlich sein dürfte? Oder jünger? Wer weiß das schon?

Wie gerne wüsste ich, wie gesund ich wirklich bin – welche Spuren die Erfahrungen im Mutterleib, meine Kindheit, mein Lebensstil, der viele Sport, die durchgemachten, nicht allzu ernstesten Krankheiten hinterlassen haben. Wie gerne wüsste ich, wie all diese Dinge meine Biologie veränderten. Wie sie mich programmiert – geprägt – haben. Ob ich längst auf dem Weg zum alten Mann bin, mit einem großen Risiko, an Volkskrankheiten zu erkranken, und einer nur noch kurzen Lebenszeit. Oder ob ich biologisch gesehen fast noch jugendlich bin und entsprechend viel Zeit vor mir habe.

Ein bekannter Spruch lautet: Man ist immer so alt, wie man sich fühlt. Demzufolge bin ich noch keine Fünfzig. Oft höre ich auch das Kompliment, ich sähe viel jünger aus, als ich sei. Aber auch das geht wohl vielen Menschen so.

Der Umstand, dass ich beginne, über mein biologisches Alter nachzudenken, dürfte typisch für mein Alter sein. Es interessiert

Menschen über fünfzig nicht etwa aus Eitelkeit, sondern weil die Frage danach noch zwei weitere Aspekte beinhaltet, die im sechsten Lebensjahrzehnt allmählich essenziell werden: Habe ich im bisherigen Leben für meine Gesundheit manches richtig gemacht? Und: Wie lange habe ich vermutlich noch zu leben?

Seit dem Jahr 2011 kann man erste Antworten darauf geben. Der in Frankfurt am Main geborene und in Deutschland aufgewachsene US-amerikanische Biostatistiker und Genetiker Steve Horvath stellte damals ein Verfahren vor, das inzwischen als *Horvath's clock* oder epigenetische Uhr berühmt geworden ist.<sup>3</sup> Der Forscher von der University of California in Los Angeles hatte einen Algorithmus ausgetüftelt, der einige wenige sogenannte epigenetische Markierungen am Erbgutmolekül Desoxyribonukleinsäure (DNA) von Blut- oder Speichelzellen benutzt, um das Alter der zugehörigen Menschen möglichst präzise zu messen.

Über diese epigenetischen, also neben- oder zusatzgenetischen, Anhängsel habe ich bereits zwei Bücher geschrieben.<sup>4</sup> Sie werden auch hier noch eine Rolle spielen. Zunächst genügt aber die Information, dass diese epigenetischen Marker unsere Zellen auf gewisse Art programmieren und dass sich diese Programmierung offenbar im Laufe des Lebens systematisch wandelt. Nichts anderes als diese Veränderung wertete Horvath aus und fand damit das bislang beste Werkzeug zur Bestimmung des biologischen Alters, das wir Menschen kennen.

Erstaunlicherweise ticken die epigenetischen Uhren in all den vielen Zelltypen eines einzelnen Körpers im annähernd gleichen Takt. Zwischen verschiedenen Menschen kann das so gemessene Alterungstempo aber auch sehr unterschiedlich sein. Die Umwelt, der Lebensstil, aber auch der Zufall reden dabei wohl ein gewichtiges Wörtchen mit. Die ersten mithilfe der neuen Methode gewonnenen Resultate waren jedenfalls so verblüffend einheitlich,



reproduzierbar und überzeugend, dass die Kolleg\*innen Horvaths Idee anfangs nicht ernst nahmen. Sie lehnten die Publikation seiner Resultate mehrfach ab. Was für eine Fehleinschätzung! Und was für ein Glück, dass der Ansatz schließlich doch veröffentlicht wurde. Ginge es nach mir, bekäme der Biostatistiker dafür alsbald den Nobelpreis für Physiologie und Medizin.

Denn schon im Jahr 2013 war Horvaths Algorithmus so weit optimiert, dass er das Alter eines Menschen auf plus/minus 3,6 Jahre genau erfasste.<sup>5</sup> Inzwischen haben sein Team, aber auch andere Arbeitsgruppen die Methode weiter verbessert. Die zugrunde liegenden Berechnungen werden auf spezielle Fragestellungen zugeschnitten. Geht es zum Beispiel darum, die Gesundheit eines Menschen abzuschätzen und seine Lebenserwartung vorherzusagen, lohnt es sich, zusätzlich zu den epigenetischen Markierungen Informationen über den Lebensstil in die Kalkulation mit einzubeziehen. Ein Algorithmus namens *PhenoAge* nutzt deshalb neben den epigenetischen auch altersabhängige physiologische Daten. Ein anderer Test namens *GrimAge* lässt beispielsweise mit einfließen, ob die Menschen rauchen oder nicht.<sup>6</sup> Seit Herbst 2018 gibt es sogar einen käuflichen Selbsttest, der ausschließlich epigenetische Daten auswertet und auf plus/minus 2,5 Jahre genaue Angaben zum biologischen Alter eines Menschen machen soll.<sup>7</sup>

All diese Analysen verraten uns letztlich, wie rasch wir im Laufe des bisherigen Lebens gealtert sind und vermutlich weiter altern werden. Sind wir dabei schneller als der Durchschnitt, ist unser biologisches Alter höher als das kalendarische und unsere Lebenserwartung vermindert. Altern wir aber langsamer, sind wir eigentlich jünger, als es im Pass steht, und dürfen darauf hoffen, mit einer gewissen Wahrscheinlichkeit besonders lang zu leben.

Klar, dass ich diesen Test sofort machen musste. Unser biologisches Alter ist das beste denkbare Maß für die individuelle Gesund-

heit eines Menschen – diesen permanenten, Generationen überschreitenden Prozess der Anpassung, den ich in meinem Buch *Gesundheit ist kein Zufall* vorgestellt habe.<sup>8</sup>

Die Kalibrierung des Tests ist dabei denkbar einfach. Zunächst werden möglichst viele Menschen eines Jahrgangs und Geschlechts mit dem Test analysiert. Ihr Durchschnittsergebnis ist dann das biologische Alter des Durchschnittsmenschen und zwangsläufig identisch mit seinem kalendarischen Alter. Denn so ist das biologische Alter definiert: als die mittlere biologische Verfassung aller Männer oder Frauen gleichen Jahrgangs.

Man kann auf diese Art übrigens auch sehr gut das Alter eines Menschen abschätzen, den man gar nicht kennt. Besitzen Kriminologen von einem Täter nichts außer einer Blutspur, reicht das heute bereits für eine halbwegs genaue Altersbestimmung aus. Das per *Horvath's clock* ermittelte biologische Alter weicht ja in der Regel nicht allzu weit vom kalendarischen ab.

Wer indes wie ich sein Alter kennt, für den hält der Test viel Spannenderes parat: Das biologische Alter besagt, ob und wie deutlich die eigene Verfassung tendenziell eher in die Richtung jüngerer oder älterer Durchschnittsmenschen geht. Damit verrät es nicht nur, wie schnell man altert, sondern letztlich auch, wie gesund man lebt.

Ich war mit meinem Ergebnis jedenfalls zufrieden: Die Analyse einiger Mundschleimhautzellen aus meiner Speichelprobe ergab, dass ich biologisch ungefähr so alt bin wie durchschnittliche 50-jährige Männer. Das heißt, ich bin im Laufe meines Lebens fünf Jahre oder etwa zehn Prozent langsamer gealtert, als es statistisch für mich normal wäre. Und mein Risiko für Alterskrankheiten ist – vorausgesetzt, es gibt keine außergewöhnlichen anderen Gefahren – um das gleiche Maß geringer, als es für mein Alter typisch wäre.

Ich habe also Glück gehabt und vermutlich auch so einiges richtig gemacht. Vor allem aber: Geht der Trend so weiter und ge-



schiebt nichts Unvorhergesehenes, bedeutet das Ergebnis auch, dass ich mit einer gewissen Wahrscheinlichkeit rund zehn Prozent länger lebe, als es Männer meines Geburtsjahrgangs im Mittel tun. Schöne Aussichten.

Ein paar Erklärungsansätze für meine vergleichsweise gute Gesundheit mag es geben: Ich mache viel Sport, achte auf ausgewogene Ernährung, wenig Dauerstress und ausreichend Schlaf. Aber das sind natürlich keine Patentrezepte. Auch Wissenschaftler\*innen, die mich vermessen, werden – Stand heute – keine Antwort darauf haben. Dafür gibt es für solche Fragestellungen noch viel zu wenige Daten. Außerdem suchen sie in aller Regel nicht nach den Ursachen von Gesundheit. Sie fahnden nach Auslösern von Krankheit.

Deshalb ist der nobelpreiswürdige Test auf das biologische Alter in meinen Augen eines der vielen aktuellen Anzeichen einer neuen Ära. Anders als die klassische Medizin betrachtet er keinen linearen Zusammenhang: hier das Fieber, dort die Grippe, hier die Genvariante, dort die Erbkrankheit, hier die Fehlernährung, dort der beginnende Diabetes. Der Test auf das biologische Alter behandelt meine ganze Existenz wie eine geschlossene Box und misst einfach nur das Resultat all dessen, was mich und mein Leben bislang geprägt hat. Er erfasst mich als Gesamtheit, liest ganzheitlich, was das unfassbar viele Beziehungen umfassende, hochkomplexe System meiner Existenz ausmacht – und wie es auf äußere Veränderungen oder einen bewusst gewählten Lebensstil reagiert.



## Gesundheit ist berechenbar

Auch wenn die Erfassung des biologischen Alters derzeit teuer und aufwendig ist, verraten die ersten publizierten, noch nicht allzu belastbaren Vorstudien, wohin die Reise geht. Die Biologin Raphaëlle Chaix und Kolleg\*innen veröffentlichten Hinweise, dass Menschen, die seit vielen Jahren regelmäßig meditieren, zumindest im höheren Alter etwas langsamer altern als nicht meditierende Menschen. Außerdem verläuft der Alterungsprozess der Meditierenden offenbar umso langsamer, je länger sie die Technik bereits ausüben.<sup>9</sup>

Solche Beispiele zeigen, mit welcher kleinen Stellschraube sich Gesundheit beeinflussen lässt. Durch seinen Lebensstil, in dem Fall regelmäßiges Meditieren, kann der Mensch in sein eigenes organisches System eingreifen, um seine Gesundheit zu stabilisieren – völlig ohne Medizin. Sehr viel mehr Aufmerksamkeit erhielt zu Recht eine sensationell anmutende Studie des US-Amerikaners Gregory Fahy, über die bereits weltweit berichtet wurde, noch ehe sie publiziert worden war. Der Alterungsforscher hat neun Männer im Alter von 51 bis 61 Jahren ein Jahr lang mit einem experimentellen Anti-Alderungs-Programm behandelt und dann ihr Blut von Steve Horvath mit dessen neuesten epigenetischen Verfahren analysieren lassen.

Das unglaubliche Ergebnis: Nach der Behandlung waren die Männer biologisch gesehen im Schnitt eineinhalb Jahre jünger als zu deren Beginn. Ihr Alterungstempo war also nicht nur gebremst, sondern sogar umgekehrt worden. Genau genommen wurden sie um zweieinhalb Jahre verjüngt, denn es war ein Jahr seit dem Beginn des Experiments vergangen. Bei einem der Männer sollen sogar die zuvor ergrauten Haare zu ihrer ursprünglichen Farbe zurückgekehrt sein.

Seit die gedruckte Studie<sup>10</sup> vorliegt, wissen wir genauer, worin das Anti-Aging-Programm von Fahy und Kolleg\*innen bestand: Sie gaben den Probanden Wachstumshormon, um den Thymus zur Regeneration anzuregen. Dieses Immunorgan liegt unter dem Brustbein und stellt bei älteren Menschen seine Arbeit ein. Das ist ein normaler Prozess und nicht gefährlich, aber es gibt viele Hinweise, dass ein aktiver Thymus uns jung hält, weil er dem Körper hilft, die Alterung fördernde entzündliche Prozesse zu unterbinden.

Weil das Wachstumshormon aber auch das Diabetesrisiko erhöht, erhielten die Testpersonen zusätzlich die Diabetesmittel DHEA und Metformin. Nachweislich gelang es Greg Fahy, das Thymuswachstum anzuregen sowie das Immunsystem positiv zu beeinflussen und das biologische Alter der Probanden zu senken. Darüber, wie der Effekt zustande kam, kann aber selbst er nur spekulieren: »Es sind vermutlich immunologische und nicht-immunologische Mechanismen, die gemeinsam die epigenetische Alterung umkehren.«<sup>11</sup> Die Aussagekraft der Studie ist zudem gering: Sie war schlicht zu klein, und es fehlte eine Vergleichsgruppe von Probanden, die Placebos erhielten.

Solche Mängel werden zukünftige Projekte vermutlich ausräumen. Dank der Algorithmen der Biostatistiker werden wir aus bestimmten Daten im Speichel oder Blut von Versuchspersonen ziemlich genau berechnen können, wie sich deren Gesundheit unter bestimmten Lebensumständen verändert.

Wenn wir die epigenetischen Wandlungen, die unser Leben begleiten, verstehen lernen, können wir aber noch viel mehr. Wir gewinnen einen systemischen Einblick in das Altern. Wir verstehen im Idealfall, welche Mechanismen uns zunächst erwachsen und dann gebrechlich werden lassen – und haben damit die Hand am Lenkrad unserer Widerstandskraft, unserer Anpassungsfähigkeit, unserer Gesundheit. So gesehen ist Gesundheit – die Aufrechterhaltung