

# Die Uhr

im

# ZELLKERN

Mit den Jahren verliert unsere Haut an Spannkraft, Muskeln und Gewebe an Geschmeidigkeit. Die Spuren der Zeit zeigen sich besonders eindrücklich im Antlitz hochbetagter Menschen. Für sein Projekt »Aging Gracefully« hat der Fotograf Karsten Thormaehlen Hundertjährige porträtiert

Bis heute haben Forscher nicht vollends aufgeklärt, weshalb unser Körper mit den Jahren überhaupt altert. Doch klar scheint: Es gibt ein genetisches Programm, das unsere Lebenszeit begrenzt. Lässt sich dieser Prozess womöglich verzögern?

TEXT: ALEXANDRA RIGOS  
UND SEBASTIAN WITTE  
FOTOS: KARSTEN THORMAEHLEN

# D

Der Prozess ist unaufhaltsam, niemand kann ihm enttrinnen: Mit den Jahren wird unsere Haut faltig, Muskeln und Sehnen verlieren an Geschmeidigkeit, die Organe werden anfälliger. Kurz: Wir altern.

Dieser Vorgang erscheint uns höchst vertraut, und doch ist er eines der größten Rätsel der Wissenschaft. Noch immer haben Forscher nicht vollends entschlüsselt, weshalb unser Körper überhaupt verfällt.

Oberflächlich betrachtet, scheint die Antwort auf die Frage, weshalb wir altern, offensichtlich: So wie etwa ein Auto verschleißt, so häufen sich auch in unserem Körper im Laufe des Lebens nach und nach kleine Schäden in Geweben und Organen an. Giftige Chemikalien, UV-Licht und radioaktive Strahlung können das Erbgut verändern, sodass die Zellen ihre Aufgabe nicht mehr richtig erfüllen.

Doch damit lässt sich die Frage nach den Ursachen des körperlichen Verfalls nicht zufriedenstellend beantworten. Denn im Gegensatz zu einem Auto verfügt unser Körper über eine Vielzahl von Mechanismen, um Gewebe zu erneuern und Schäden im Erbgut zu reparieren.

Verletzen wir uns etwa an einem scharfen Gegenstand oder erleiden wir

eine Prellung, eine Zerrung, einen Knochenbruch, dann dauert es meist nicht lange, bis sich das Gewebe regeneriert: Eine Schnittwunde schließt sich, wird von neuer Haut bedeckt, geplatzte Adern und zerrissene Muskeln wachsen nach, Knorpelgewebe bildet sich, der Bruch heilt.

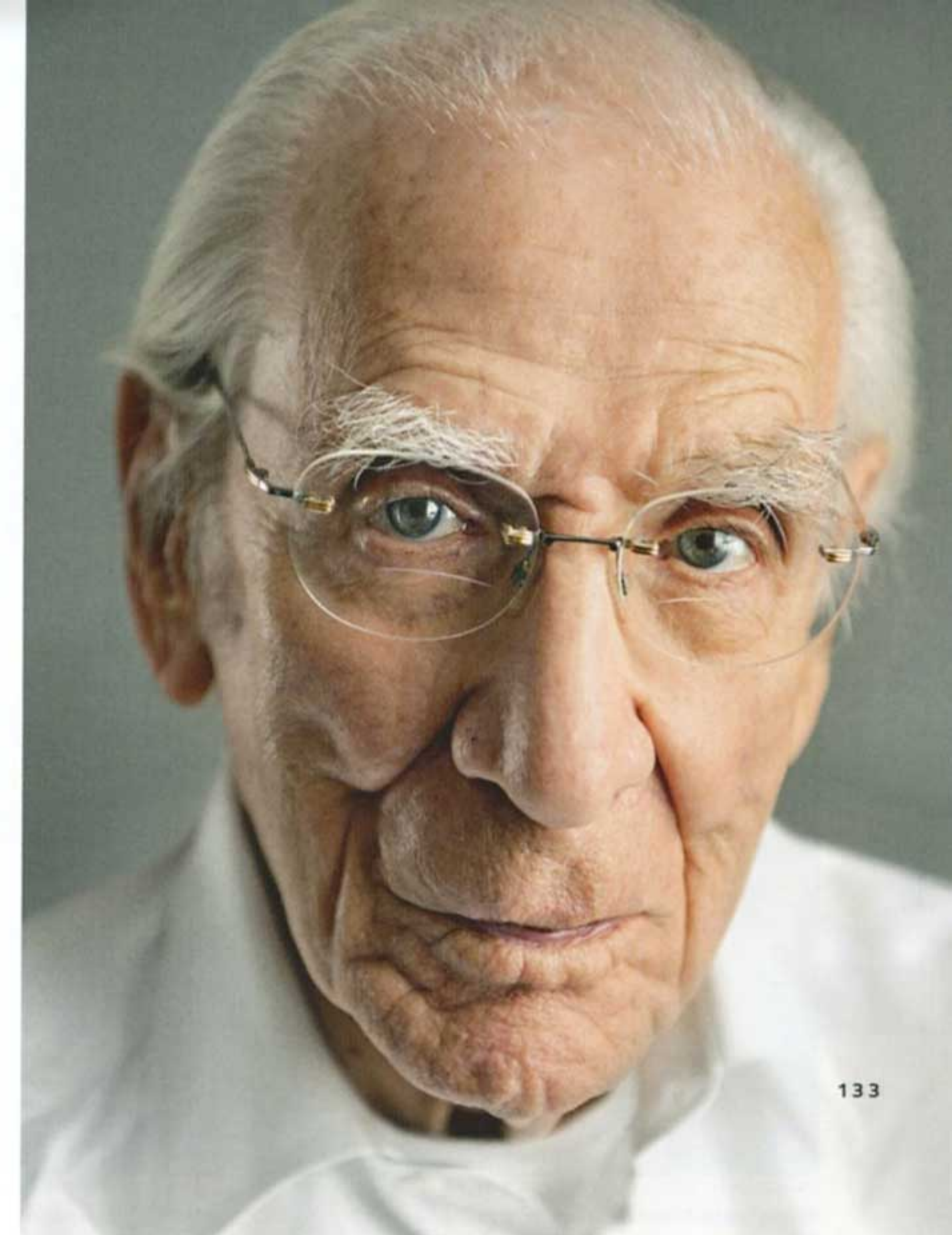
Doch wenn wir altern, scheint diese ausgefeilte Maschinerie ihre Zuverlässigkeit einzubüßen. Der Nachschub an frischen Zellen gerät ins Stocken – etwa an Immunzellen, weshalb alte Menschen Infekte schlechter überstehen.

Zwar gibt es noch immer keine von allen Wissenschaftlern akzeptierte Theorie, weshalb genau die Regenerationsfähigkeit unseres Körpers mit den Jahren nachlässt, warum wir also altern – aber

eine Vielzahl von Forschungsergebnissen deutet darauf hin, dass unsere Lebenszeit bereits aufgrund eines genetischen Programms begrenzt ist.

Schon im Jahr 1961 entdeckten die Zellbiologen Leonard Hayflick und Paul Moorhead, dass sich nach der Geburt eines Menschen dessen Körperzellen (beispielsweise Haut-, Muskel- oder Leberzellen) jeweils nur 40- bis 60-mal teilen können, um abgestorbene Zellen zu ersetzen, also etwa Gewebe zu regenerieren oder Wunden zu schließen.

Danach treten sie in eine Art Altersruhephase: Sie leben zwar noch, ihr Stoffwechsel läuft weiter, aber sie verlieren ihre Teilungsfähigkeit, regenerieren sich nicht mehr. Zudem scheinen die Zellen –





134

Wie alt ein Mensch wird, hängt hauptsächlich von zwei Faktoren ab: seiner genetischen Konstitution sowie dem Lebensstil, dem Umgang also mit seinem eigenen Organismus

zum Teil jedenfalls – andere Substanzen herzustellen als zuvor.

Die strömen nun aus der überalterten Zelle und werden unter anderem von benachbarten Zellen aufgenommen. Dort wirken die Stoffe wie Störsignale, die zuweilen wohl eine gefährliche Wirkung entfalten: Sie können Krebszellen bei ihrem Wachstum unterstützen oder bei Zellen mit Krebsvorstufen Tumoren auslösen.

Dieses „Hayflick-Limit“ der nur begrenzt möglichen Zellteilung erklärt sich dadurch, dass die Chromosomen (also jene molekularen Stränge des Erbguts, die unsere Gene enthalten) bei jeder Zellteilung ein wenig schrumpfen. Bei diesen Zellteilungen liest eine Art Kopiermaschine das Erbgut ab und verdoppelt

es; auf diese Weise wird eine Abschrift für die Tochterzelle geschaffen. Aufgrund der komplexen Struktur der Erbgutstränge kann der Kopierer aber deren äußerste Enden nicht verdoppeln.

Doch trotz dieser Verkürzung geht keine wichtige Erbinformation verloren, denn die Enden jedes Chromosoms beste-

## ES GIBT EINEN SIMPLEN TRICK, DAS LEBEN ZU VERLÄNGERN

hen aus sinnfreien Abfolgen von Erbgut-Bausteinen. Gemeinsam bilden diese Telomere gleichsam Schutzkappen, die bei jeder Zellteilung schrumpfen. Sind sie

schließlich so kurz geworden, dass bei weiteren Kopiervorgängen die eigentliche Erbinformation angegriffen würde, ist keine Teilung mehr möglich.

In jeder Zelle begrenzt also eine Art molekulare Sanduhr ihre Regenerationsfähigkeit. Die Länge der Telomere ist genetisch bestimmt und unterscheidet sich von Mensch zu Mensch. Forscher haben festgestellt: Im Durchschnitt bauen Menschen mit vergleichsweise langen Schutzkappen körperlich langsamer ab.

Die innere Uhr der Zellen trägt also tatsächlich zum Verfall des Körpers bei.

## D

Dennoch müssten wir der Zelluhr nicht ausgeliefert sein, denn eigentlich verfügt jeder von uns über ein Mittel, sie zurückzudrehen: Ein körpereigenes Enzym, die Telomerase, ist in der Lage, die abgenutzten Schutzkappen wieder zu verlängern.

Im Körper eines frühen Embryos beispielsweise arbeitet das Enzym unentwegt und sorgt so dafür, dass sich die Körperzellen des Ungeborenen zahllose Male (und nicht nur 40- bis 60-mal, wie später) teilen können; nur deshalb vermag der Fötus so rasch zu wachsen.

Nach einigen Monaten aber wird die Telomerase langsam abgeschaltet. Seine Wirkung entfaltet das Verjüngungselixier fortan nur noch in den Stammzellen: also in jenen sich selbst erneuernden Zellen, die keine oder eine nur geringe Spezialisierung in einen bestimmten Zelltyp aufweisen und daher noch auf keine Funktion im Organismus festgelegt sind. Dazu zählen zum Beispiel jene Zellen im Knochenmark, aus denen sich fortwährend Blutzellen entwickeln. Stammzellen können sich wesentlich häufiger als normale Körperzellen vervielfältigen – bis auch sie irgendwann ihr Limit erreichen.

Das Versiegen des Jungbrunnens hat einen guten Grund: Je häufiger sich Zellen teilen, desto größer wird die Wahrscheinlichkeit, dass beim Kopieren des Erbguts etwas schiefgeht. Dann entsteht womöglich eine bösartige Krebszelle.

Zwar werden solche Schäden in der Regel repariert, oder die defekte Zelle stirbt ab. Doch in seltenen Fällen gelingt es einer fehlerhaften Zelle, sämtliche Qualitätskontrollen unerkannt zu passieren.

Und dann macht die Telomerase solche Irrläufer zu einer tödlichen Gefahr: Erst sie ermöglicht es Krebszellen, sich un-aufhörlich zu teilen. Tatsächlich ist bei 90 Prozent aller Tumoren das Reparaturenzym infolge einer Panne wieder angeschaltet.

Ein vergleichsweise simples Mittel, um das Risiko von bösartigen Zellwucherungen zu senken, scheint für Menschen eine strikte Diät zu sein. Denn mangelt es dem Körper dauerhaft an Nährstoffen, schaltet er in eine Art Energiesparmodus. Er stellt alle Aktivitäten ein, die dem Wachstum oder der Vermehrung dienen. Aus evolutionsbiologischer Sicht ist dies sinnvoll, denn in extremen Hungerphasen würde der Nachwuchs ohnehin nicht überleben. Auf bessere Zeiten zu warten verspricht in solcher Lage höhere Fortpflanzungschancen.

Wirtschaftet der Körper auf Sparflamme, schüttet er kaum noch Wachstumsfaktoren aus – jene Signalstoffe, die etwa Zellen zur Teilung anregen und zu diesem Zweck die Eiweißproduktion in ihnen ankurbeln.

Da die Vermehrung von Zellen stets das Risiko birgt, dass beim Kopieren des Erbguts Fehler auftreten und sich etwa eine Geschwulst bildet, kann nun dort, wo

### Auf einen Blick

#### Begrenztes Wachstum

Bei jeder Zellteilung schrumpft das Erbgut ein wenig. Dadurch büßen die Zellen schließlich ihre Regenerationsfähigkeit ein.

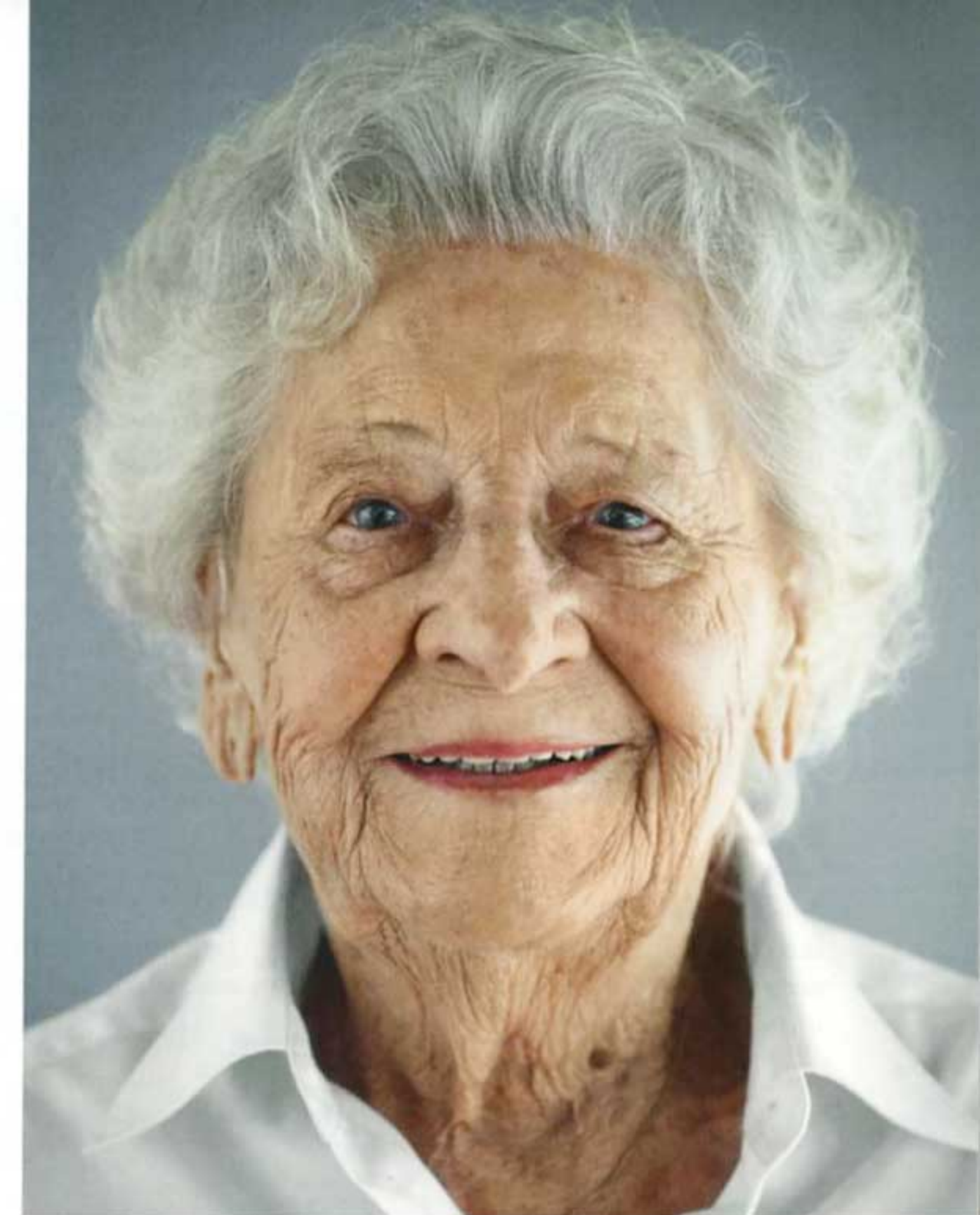
#### Verlangsamung des Alterns

Mangelt es etwa infolge einer Diät an Nährstoffen, schaltet der Körper auf Energiesparmodus. Dies hat offenbar zur Folge, dass sich die Lebenserwartung erhöht.

#### Langlebige Spezies

Menschen gehören zu den Arten, die das höchste Alter überhaupt erreichen. Kein Landsäugetier und kein Vogel hat eine derart lange Lebensspanne wie *Homo sapiens*.

**Frauen leben im Mittel fünf Jahre länger als Männer.** Ursache sind teils Gene, die im weiblichen Organismus doppelt, im männlichen nur einfach vorhanden sind



135

kein neues Gewebe heranwächst, auch kein Krebs auftreten.

Zudem haben die Prozesse, die im gut genährten Körper ablaufen, unangenehme Nebenwirkungen: So führt die Bildung von Fettreserven oft zu Entzündungsreaktionen, und die Vermehrung bestimmter Muskelzellen in den Gefäßwänden begünstigt Arteriosklerose.

Angesichts dieser Erkenntnisse ist in den USA bereits eine Bewegung von Menschen entstanden, die sich zwecks Lebensverlängerung einer jahrelangen Hungerkur unterziehen. Ersten Untersuchungen zufolge scheinen sich die US-Hungerkünstler durch sehr gute Gesundheit auszuzeichnen.

Doch weshalb sind derlei Anstrengungen überhaupt nötig? Wieso hat die Natur nicht längst einen Schutz etwa vor Krebs hervorgebracht? Schließlich sind im Laufe der Jahrmillionen die wundersamsten Organismen entstanden, haben sich die raffiniertesten Regelkreise wie beispielsweise die permanente Regulation des Blutdrucks entwickelt.

Warum also nicht auch ein Mechanismus gegen den Verfall?

Die Antwort darauf ist ernüchternd: Die Evolution hat keine Macht über das Alter. Die natürliche Auslese wirkt nur, solange ein Lebewesen Nachwuchs hervorbringen kann. Was nach dem Ende der fruchtbaren Phase geschieht, hat keine Konsequenzen mehr für die genetische Grundausstattung der nächsten Generation. Denn ein Geschöpf, das nach der Vermehrung noch lange gesund weiterlebt, gibt seine Gene nicht mit höherer Wahrscheinlichkeit weiter als sein Artgenosse, der nach abgeschlossener Fortpflanzung prompt dahinsieht.

Daher haben sich Erbanlagen, die für Gesundheit bei langem Leben sorgen, im Verlauf der Evolution nicht durchgesetzt.

Eine Ausnahme sind soziale und hochintelligente Lebewesen wie wir Menschen. In einer Sippe können nämlich auch ältere Individuen den Fortbestand ihrer Gene sichern. Wenn sie ihren Kindern helfen und sich um Enkel kümmern, tragen sie dazu bei, dass sich ihre eigenen Erbanlagen bei den Nachkommen bestmöglich entfalten und erfolgreich ausbreiten. So können Gene, die ein längeres Leben garantieren, indirekt doch



**Im Laufe des Lebens** kommen wir mit Substanzen in Kontakt, die das Erbgut schädigen können, etwa UV-Licht. Folge: Genfehler sammeln sich an und lassen uns altern

für die kommende Generation von Nutzen sein.

Tatsächlich zeigen Auswertungen alter Kirchenbücher aus Finnland, dass Frauen im 18. und 19. Jahrhundert umso mehr Kinder großzogen, je länger ihre eigene Mutter noch lebte. Diese Erkenntnis erklärt womöglich, weshalb Frauen nach den Wechseljahren überhaupt noch Jahrzehnte weiterleben. Demnach hat uns die Natur vermutlich doch ein Stück weit für ein hohes Alter gerüstet.

Aus evolutionärer Perspektive zahlt es sich oft aus, früh im Leben viele Nachkommen zu produzieren. Wer seine Ressourcen für spätere Zeiten aufspart, riskiert zu sterben, ehe seine Fortpflanzungschancen ausgeschöpft sind.

Eine Maus, die zehn Jahre alt wird, aber erst im zweiten Lebensjahr Junge bekommt, wäre in der Natur kein Erfolgsmodell, da in freier Wildbahn die meisten Mäuse bereits im ersten Lebensjahr

einem Raubtier zum Opfer fallen. Tiere, die von Natur aus sehr alt werden – etwa die Riesenschildkröte oder der Grönlandwal –, müssen sich ab einem bestimmten Alter nicht mehr vor Raubtieren fürchten und erreichen ihre fruchtbare Phase entsprechend spät. Sie werden vermutlich mehr als 200 Jahre alt.

Ein ganz so biblisches Alter erreicht der Mensch nicht. Und doch gehören wir zu den am längsten lebenden Spezies auf diesem Planeten. Allein in Deutschland gab es 2017 mehr als 16 000 Menschen, die 100 Jahre alt waren oder älter. Und die Tendenz zur Langlebigkeit hält an. So schätzen Demografen, dass sich die Zahl der Centenarians – jener Menschen also, die mindestens ein Jahrhundert auf der Erde wandeln – in den nächsten 40 Jahren mehr als verzehnfachen wird.

Der Frankfurter Fotograf **KARSTEN THOR-MAEHLEN**, Jg. 1965, ist vielfach preisgekrönt.

## Immunsystem

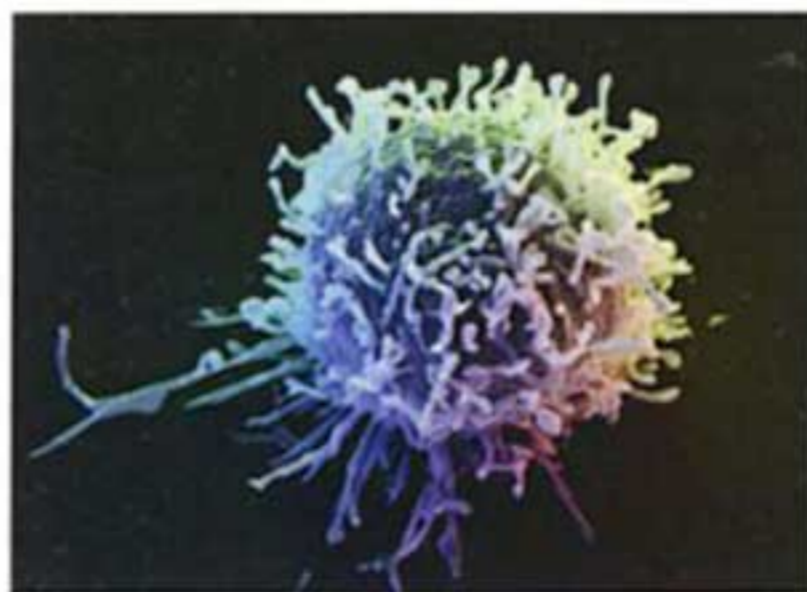
# Das zweischneidige Schwert

Weshalb uns die Körperabwehr vor Krankheiten schützt und uns dennoch den Tod bringen kann

**F**ür den körperlichen Verfall ist unter anderem ein System verantwortlich, das sonst ständig unser Leben rettet. Denn das vom Erbgut regulierte Arsenal unserer Immunzellen und Abwehrstoffe ist so schlagkräftig, dass es die meisten Krankheitserreger abtötet und auch Krebszellen im Frühstadium zumeist verlässlich erledigt.

Im Laufe der Evolution ist unser Immunsystem immer effizienter geworden – unter anderem deshalb, weil unsere steinzeitlichen Vorfahren durch die Jagd, das Zusammenleben in immer größeren Gruppen und die Viehhaltung einem zunehmenden Infektionsrisiko ausgesetzt waren.

Doch für die Aufrüstung des Immunsystems zahlen wir heute einen Preis: Wie ein Rudel nervöser Wachhunde kommen die Abwehrzellen einfach nicht zur Ruhe. Denn nicht immer



**Immunzellen verursachen ständig Entzündungen im Körper, die Alterungsprozesse fördern**

vermögen sie zwischen echten und eingebildeten Gefahren zu unterscheiden. Das kann zum einen Allergien auslösen, zum anderen führt es dazu, dass in unserem Körper ständig kleine Entzündungsherde brodeln.

Sie verursachen zwar keine spürbaren Beschwerden, bilden jedoch womöglich den Keim für viele Alterserkrankungen.

So tragen Entzündungen und chronische Infektionen maßgeblich zur Entstehung von Arteriosklerose (und damit von Herzinfarkt und Schlaganfall) bei sowie von Diabetes Typ 2 und manchen Krebstypen.

Neuere Studien lassen sogar vermuten, dass die von der Körperabwehr verursachten Entzündungen die Bildung jener tückischen Ablagerungen fördern, die das Gehirn von Alzheimer-Kranken zerstören.

Die Anfälligkeit für Krankheiten und die Degeneration unseres Körpers im Alter ist demnach nicht zuletzt eine Folge des erstklassigen Schutzes, den uns die Evolution gegen Bakterien und Viren beschert hat: Wir leiden an Herz-Kreislauf-Erkrankungen und Demenz, weil wir in unserer Jugend mit Krankheitskeimen spielend fertig geworden sind.

*Alexandra Rigos*