

**Exzerpt von R. König:  
Ulrich Bahnsen Das Uhrwerk des Lebens, Köln 2023**

Im Augenblick wird eine Revolution „ohne Gleichen angefeuert, ein Umsturz, wie es ihn in der Geschichte der Menschheit noch nie gegeben hat. Der Mensch ist dabei, seine Alterung unter Kontrolle zu bringen, ja, sie rückwärts laufen zu lassen. Damit endet eine Menschheitsepoche.“ (S. 7)

Wissenschaftler haben den Mechanismus unsere Alterung weitgehend enträtselt. „Sie folgt einem biologischen, epigenetischen Programm, das unser Leben von der Zeugung bis zum Tod steuert.“ Inzwischen reicht unser Wissen über dieses Programm aus, es zu steuern. (S. 9)

2016 gelang es erstmals, die Alterung bei Tieren „umzudrehen, sie jünger zu machen.“ (S. 9)

Jeder kennt das: Ab 40 geht es mit dem Körper bergab: Laufen, Lesen, Hören usw. klappen nicht mehr so gut.

Eigentlich können wir uns das volkswirtschaftlich nicht erlauben. Unsere Lebenserwartung hat sich verlängert. Im antiken Rom wurden die Menschen im D 35 Jahre alt, noch Anfang des 18. Jh. nur 40 Jahre (S. 12). Heute werden die Menschen in entwickelten Industriestaaten fast doppelt so alt.

Der Grund: Ausstieg der modernen Medizin, Entdeckung von Antibiotika, Hygieneregeln, Kanalisation, sauberes Trinkwasser und Impfungen (S. 12).

Kehrseite: Weltbevölkerung wächst rasant. In den 100000 Jahren vor Chr. Geburt stieg sie nur um 0,04% jährlich und erreichte 1700 600 Mio. 100 Jahre später: 1 Mrd. 1968 stieg sie um 2,8%. Seitdem geht der Zuwachs zwar zurück, ist nun aber auf 8 Mrd. angewachsen (S. 13). 2050 dürften es 11 Mrd sein.

Bisherige Rekordhalterin: Französin Jeanne Calment, die 1997 mit 122 starb. 2023 starb in Südafrika jedoch eine Frau mit 128 Jahren.

Gibt es eine natürliche Altersgrenze für uns?

Zwar nimmt die Weltbevölkerung weiter zu. Aber ab 2050 „wird die Menschheit wieder schrumpfen“ (S. 14). In vielen Ländern ist das jetzt schon der Fall. 2012 gab es weltweit 316000 Menschen, die über 100 waren. 8mal so viel wie 1950 (S. 14).

Aber überfordert das nicht unser Renten- und Gesundheitssystem? Das Medizinsystem der USA verschlingt schon jetzt 17% des BSP (S. 15), 2050 sollen es in der EU sogar 46% sein.

In den letzten 10 J. hat man „unerhörte Erkenntnisse über das Altern gewonnen. Sie sagen: Das biologische Altern kann kontrolliert werden. Man werde es bremsen und sogar zurückdrehen können.“ (S. 16) Die Revolution wird in den nächsten 10 J. beginnen.

Was schon heute hilft, um die Alterung des Körpers zu bremsen: Sport oder Bewegung und gesundes Leben (S. 18). Körperliches Training aktiviert die Stammzellen i Körper, die unsere

Organe regenerieren. Bei der Ernährung senken Huhn, Fisch, Blattgemüse und Hülsenfrüchte das Altern. Dito Mango, Pilze und Chili. (S. 19) Bei Alkohol ist die Forschungslage unklar.

Auch reduzierte Kalorienaufnahme scheint lebensverlängernd zu wirken. (S. 20)

Aber was ist eigentlich Altern und wie geht es vonstatten? In der Gero-Sciences gibt es „entscheidende Durchbrüche“ (S. 23).

Therapien für eine sehr lange Jugend werden wir bald zur Verfügung haben. Projekt Gigamensch.

### **Anfänge**

Der britische Biologe Rose forschte in den 70ern in Sussex mit Fruchtfliegen und züchtete sie so, dass jede Generation länger lebte als die vorherige (S. 30).

Der Preis: die länger lebenden Fruchtfliegen hatten zwar insgesamt mehr Nachkommen, waren aber in der Jugend weniger fruchtbar. Damit bestätigte er einer Theorie des Alterns, wonach längeres Leben auf Kosten der Fruchtbarkeit in jungen Jahren geht. In freier Wildbahn wären sie im Nachteil, weil ihre Langlebigkeit sie nicht vor Räubern schützt und sie verspeist werden.

Rose forschte weiter und züchtete über die Jahre eine „Rasse von ‘Superfliegen‘“: Die Insekten lebten um ein Viertel länger, als es bei normal gehaltenen Fliegen zu erwarten war, und sie waren bis ins Alter kerngesund und leistungsfähig.“ (S. 30)

Rose kannte die genetische Ausstattung seiner Fliegen noch nicht. Aber nur die wenigen Tiere, deren genetische Ausstattung ihnen lange Fitness und Fortpflanzung erlaube, durften Nachkommen haben. (S. 31)

Offenbar konnte man die Lebensdauer einer Spezies verlängern und offenbar wurde sie genetisch gesteuert (S. 31).

In Schrödingers „Was ist Leben?“ lesen wir, dass Zellen physikalisch gesehen ein sehr hohes Energieniveau haben, d.h. sie besitzen präzise aufgebaute Strukturen mit hoher Ordnung (S. 33). Sie ist für unseren Physiker ein „offenes thermodynamisches System“.

Für sie gilt der 2. H-satz der Thermodynamik: Systeme müssen in Richtung möglichst großer Unordnung (Entropie) und damit dem geringsten Energieniveau zustreben (S. 33). „Und genau das ist es, was geschieht, wenn ein Organismus altert und stirbt. Die hohe Ordnung geht verloren, chemische Bindungen in den komplexen Biomolekülen brechen, die Eiweiße enthalten Fehler oder falten sich nicht in ihre korrekte Form.“ (S. 33)

Letztlich zerfallen die komplizierten Moleküle des Lebens und werden zu einfachen chemischen Verbindungen zersetzt. „Die Verwesung des Körpers nach dem Tod ist nichts anderes als eine rasante Zunahme der Entropie.“ (S. 34)

Aber wieso kann dann Leben bestehen? „Der Grund ist sehr einfach: Wir essen. Lebendige Zellen sind eben ein physikalisch offenes System.“ So wie ein Flugzeug solange der Schwerkraft widersteht, solange es genügend Treibstoff hat. Unsere Zellen können den Zustand hoher Ordnung also nur aufrecht halten, solange und wenn sie Energie aufnehmen. „Und hätte die Natur keine Energiespeicher erfunden, wie etwa das Fettgewebe, dann müssten wir buchstäblich rund um die Uhr essen, um nicht auf der Stelle zu sterben.“ (S. 34)

Das Gesetz zunehmender Unordnung wird dabei nicht verletzt: Wir verdauen die Nahrung, um ihr Energie zu entziehen, und scheiden sie in Form viel einfacherer chemischer Verbindungen wieder aus. „Wir erhalten unsere hohe Ordnung, indem wir die Unordnung unserer Umgebung erhöhen.“ (S. 34)

Aber warum ist für Säugetiere Altern und Sterben unvermeidlich? Weil beim Kopieren der Erbvorgänge immer kleine Fehler passieren. „Und mit der Zeit, wenn das Alter einsetzt, erschaffen die Reparatursystem in unseren Zellen, die viele Jahre die hohe thermodynamische Ordnung erhalten haben.“ So die Ansicht vieler Altersforscher (S. 35).

Viele Jahre betrachtet man das Altern sehr mechanisch und in verschiedenen wiss. Disziplinen.

Pro Sek. Muss der menschliche Körper ca. 50 Mio. Zellen neu produzieren. Diese Aufgabe übernehmen Organ-Stammzellen, also Zellen, die lange Zeit jung bleiben. Diese wichtigen Erneuer sind in den verschiedenen Geweben unterschiedlich emsig. Das Hirn bildet nur relativ wenige neue Neuronen, die u.a. wichtige Aufgaben beim Lernen spielen. Doch mit dem Alter nimmt die Teilungsfreude der Stammzellen in den Organen nach. Es fehlen ihnen die Boten Stoffe, die sie aktiv halten. Aber warum versiegen diese Quellen? (S. 37)

Lange Zeit glaubte man, dass die Natur unseren Zellen nur eine begrenzte Anzahl von Zellteilungen schenkte. Das sog. Hayflick-Limit (S. 38), nach ihrem Entdecker Leonard Hayflick (1961). Ist die Grenze erreicht, sterben sie. Aber in den 80er wurden Faktoren gefunden, die das wieder verlängern konnten. 2009 gab es dafür den Nobelpreis für Medizin. (S. 38)

Das war vielleicht zu früh, denn der Jungbrunnen wurde damit nicht gefunden. His Experimente wurden nicht mit lebendigen Organismen gemacht. Wir wissen inzwischen, dass Zellen nicht ewig leben, Stammzellen aber sich sehr wohl sehr oft teilen können. „In den gesunden Körperzellen des lebenden Organismus ist Hayflicks Grenze daher nicht wirklich relevant.“ (S. 39)

Eine andere Richtung in der Altersforschung beschäftigt sich mit der nachlassenden Funktion der Zellkraftwerke, der Mitochondrien. Sie versorgen in den Zellen den Organismus mit universellem biochemischem Brennstoff, dem ATP (S. 40).

Einst waren diese Kraftwerke der Zellen freilebende Bakterien, die schon die Sauerstoffatmung und Energiegewinnung erfunden hatten. „Die Einverleibung der atmungsfähigen Dienstleister ist einer der wichtigsten Schritte bei der Entstehung der ‘echten’ Zellen, aus denen der Körper von uns Menschen, Tieren und Pflanzen besteht.“ (S. 40). Diese innere Handelsbeziehung „leidet mit zunehmendem Alter“, weil die DNA-

Reparatursysteme abnehmen, was die Stammzellen schädigt und die Leistungsfähigkeit der Organe schmälert. (S. 41)

Aber auch dafür, also für den Schwund unserer DNA-Reparatursysteme muss es eine Ursache geben.

Zudem entstehen im Stoffwechsel unserer Zellen aggressive Verbindungen, die weitere Gendefekte auslösen, Zellproteine schädigen und immer schlechter entgiftet werden können. Denn die Enzyme, die diese Stoffe abfangen, schwinden im Alter (S. 41). Aber auch das wohl eher eine Folge, nicht die Ursache des Alterns.

Zudem verfügen unsere Zellen über ein Nothalt-System, das sie in Betrieb setzen, wenn sie schwer geschädigt sind oder besondere Aufgaben erfüllen müssen: Sie blockieren dann die Fähigkeit zur Teilung komplett. Die Zahl dieser Zellen nimmt im Alter deutlich zu (S. 42).

Zum Problem werden sie im Alter, wenn sie sich zu Zombie-Zellen verwandeln. Sie geben Unmengen von entzündungsauslösenden Botschaften in ihre Umgebung ab. Trägt ws. maßgeblich zur Entstehung degenerativer Erkrankungen bei. Womöglich sind sie auch eine Ursache für Alzheimer (S. 43).

2013 wurde darum in einem Artikel erklärt, all diese Aspekte seien die gemeinsame Ursache für das Altern.

Es gibt aber auch viele Ungereimtheiten. Viele methodische Schwächen. Letztthin läuft diese Erklärung auf Abnutzung hinaus. „Doch wie erklärt man dann die Unterschiede zwischen der Lebensspanne von Tier- und Pflanzenarten? Warum lebt eine Feldmaus normalerweise zwei, höchstens drei Jahre, während ein naher Verwandter, der Nacktmull über die zehnfache Lebenszeit verfügt? Wie kann es sein, dass manche Reptilien offenbar kaum oder überhaupt nicht altern, bevor sie sterben?“ (S. 44)

Allein: Wenn ein so komplexes Phänomen wie das Altern auf ein paar Ursachen zurückgeführt wird, „sollte man misstrauisch werden. Denn in der Regel bedeutet das: Wir haben die Sache noch nicht verstanden, es fehlt eine zentrale Erkenntnis.“ (S. 45)

Man kann es auch so sehen: „Die Lösung, mit der die Evolution ein Gleichgewicht zwischen den Ressourcen eines Lebensraumes und der Kopfzahl einer Tierart herstellen kann, ist tatsächlich ein biologisches Uhrwerk in den Zellen, das unsere Alterung taktet und dabei auch die Lebenszeit festlegt.“ (S. 45)

Wie der Autor weiter zeigen wird: Die Wissenschaft kennt inzwischen die wirkliche Ursache unserer Alterung: „Sie vollzieht sich tatsächlich nach Anweisungen eines speziellen genetischen Programms, einem lautlos tickenden Räderwerk, eingepägt in die Erbsubstanz. Wir werden es bald kennenlernen.“ (S. 45)

Einen Zwerg-Mäuserich hat man so genetisch bearbeitet, dass er fast 5 Jahre alt wurde – auf Menschen bezogen: fast 200 Jahre alt. Der entscheidende genetische Eingriff dabei: es wurde ein Protein ausgeschaltet, das das Wachstumshormon an sich bindet und ein Signal an die Zellen leitet. Der Mäuserich konnte zwar weiter Wachstumshormone bilden, aber es

wirkte nicht, weil das Gen für das Rezeptorprotein defekt war. Deshalb blieb er eine Zwergmaus, aber seine Lebensspanne verdoppelte sich. (S. 47)

Eine andere Maus wurde sogar 1449 Tage alt (S. 47). Sie besaß einen anderen Genfehler (S. 47).

Auch das Gen Klotho verlängert das Leben dieser Tiere um 20-30% (S. 47). Es spielt eine „faszinierende Rolle im Uhrwerk des Lebens.“ (S. 47)

All diese Gene „steuern Zellwachstum und Zellvermehrung, passen den Stoffwechsel an die verfügbare Nahrungsmenge an und regeln, wie viel Protein erzeugt werden soll.“ (S. 48)

Als Kommunikationszentrale für all diese Prozesse agiert ein Zellkomplex, der mTOR heißt (mechanistic Target of Rapamycin) (S. 48).

Es gibt viele Menschen, denen auch ein Stück DNA im menschlichen GHR-Gen fehlt, eine Mutation. Jeden vierten in Europa betrifft das jeden Vierten. Ws. ist auch ihr mTOR-Komplex gedämpft (S. 49). Untersuchung bei 800 Hochbegabten: „Wer von beiden Eltern das verkürzte Gen geerbt hat, lebt im D zehn Jahre länger ... Rätselhafterweise zeigt er sich nur bei Männern.“ (S. 49)

Auch andere Menschen mit Wachstums-Gen-Defekten und entsprechend gedämpftem mTOR-Komplex erreichen „häufig ein Alter von fast hundert Jahren“ (S. 49).

Allerdings sind die Studien zur Wirkung es Wachstumshormons im menschlichen Körper „sehr widersprüchlich und verwirrend.“ (S. 49)

Zurück zu Roses Fliegen: Ende der 90er hat er schon 500 Generationen von Fliegen gezüchtet. Ihre Lebensdauer hat sich in 20 J. von 60 auf 120 Tage verdoppelt (S. 50). Sie sind kräftig und agil und kopulieren immer noch „wie verrückt“ (S. 50).

Im Folgenden will der Autor zeigen, wie uns die neuen Erkenntnisse zum Altern zu Behandlungen verhelfen, „die unsere Jugend ausdehnen, Altersleiden verhindern und auch unser Leben viel länger werden lassen.“ (S. 50)

### **Mechanik des Lebens und Sterbens**

Wichtig hier Stephan Horvath, den es als Bioinformatiker in die Staaten zog, wo er sich Steve nennt. Bei Untersuchungen von Markern auf Erbmolekülen stellte er fest, dass sich diese Marker altersabhängig verändern (S. 56). Mit Hilfe eines neuen Hochdurchsatzverfahrens konnte er diese Marker im Eiltempo messen (S. 56).

Es waren 353 Marker auf den Erbmolekülen und mit KI-Hilfe konnte Horvath das biologische Alter messen. Aber viele wissenschaftliche Zeitschriften lehnten die Publikation seiner Ergebnisse ab. (S. 58), am 21.10.2013 erschien dann endlich der Artikel. „Seine Uhr funktioniert für alle Menschen präzise“ (S. 59).

Krebszellen können mehr als 30 J. älter sein als gesunde Zellen.  
Horwarths Clock wurde dann eine Zäsur in der Altersforschung (S. 59).

Ihre „phänomenale Genauigkeit macht einen Rückschluss beinahe zwingend: Sie ist nur erklärlich, wenn die Uhr nicht nur eine Begleiterscheinung, sondern eine Ursache der Alterung misst.“ (S. 59)

Doch was genau misst H's Uhr genau?

Mit der DNA-Doppelhelix wurde Anfang der 50er eine wichtige molekularbiologische Frage beantwortet: Wie kann die Erbinformation bei der Zellteilung an beide Tochterzellen korrekt weitergegeben werden? (S. 62)

Man wusste schon vorher, dass die DNA ein kettenförmiges Molekül ist, dessen Rückgrat aus Zuckermolekülen besteht, die durch Phosphat miteinander verbunden sind. Seitlich an den Zuckern hängt jeweils eine der Basen Adenin, Guanin, Cytosin oder Thymin. In der Abfolge dieser vier Basen ist die Information für alle Proteine verschlüsselt, die unsere Zellen benötigen.

Erst Jahre später fand man heraus, wie der Code funktioniert: Auch unsere Proteine sind Kettenmoleküle aus vielen Zehntausenden Aminosäuren. Immer drei der angehängten Basen bilden zusammen den Code für eine dieser Aminosäuren im Protein. Die Ribosomen sind die Proteinfabriken in den Zellen und die Erbinformationen zu ihnen vermitteln die mRNAs.

Aber wie schafft es die Natur, dass beide Tochterzellen die vollständige genetische Information als DNA erhalten? Der Clou: die beiden 'Perlenketten' der DNA-Helix ziehen sich durch elektromagnetische Ladung an, das hatte Erwin Chargaff schon in den 1940er Jahren entdeckt.

Die Struktur der doppelten Helix erklärt, wie die Erbsubstanz verdoppelt werden kann, bevor eine Zelle sich teilt: die beiden Stränge werden durch elektro-chemische Anziehung zusammengehalten. Sie dienen als Matrize für die Bildung des anderen Strangs durch „ein Kopierenzym im Zellkern“ (S. 63) (????).

Jede Zelle enthält (nahezu) dieselbe Erbinformation. Aber: wie kann es dann sein, dass in uns mindestens 200 Zellarten mit ganz eigenen Talenten arbeiten? (S. 63)

Die wegweisende Idee kam 1957 von dem englischen Evolutionsbiologen Conrad Waddington (S. 64).

Embryozellen formieren sich zu unterschiedlichen Anlagen, den sog. Keimblättern. Aus Entoderm werden Verdauungsorgane, aus Ektoderm die Haut und Nerven und aus Mesoderm die Muskeln, Knochen und Organe. (S. 64)

Hintergrund: die ausgewachsenen Körperzellen nutzen nur immer einen gewissen Anteil ihrer Erbanlagen, nämlich jene Gene, die sie für ihre Aufgabe benötigen. Selbst die Zellen im Gehirn (die Neuronen) rufen nur ca. die Hälfte der Gene im Erbgut ab (S. 65).

Dafür sorgt die sog. „CpG-Methylierung“ in der DNA, so dass in jeder Zelle alle Gene stumm bleiben, die nicht erforderlich sind. Diese chemische Markierung „steuert tatsächlich die Funktionen unseres Erbgutes.“ (S. 66)

Allerdings kann ein Methyl Rest nur auf die C-Bausteine der DNA übertragen werden. Und auch nur dann, „wenn dem C ein G folgt“ = CpG – wobei das p für das verbindende Phosphat steht. „Sind die CpGs in einem Gen methyliert, haben sie also einen Methylrest, ist die betreffende Erbanlage in der Regel blockiert.“ (S. 66)

„Betrachtet man die gesamte DNA im Genom als eine Datenbank auf einer Festplatte, so Entscheiden die Markierungen auf der DNA darüber, wie sie formatiert sind und auf welchen Part die Zelle zugreifen kann.“ (S. 67) Wichtig auch:

Diese Formatierung ist nicht endgültig. Die Methylgruppen an den CpGs können durch Enzyme auch wieder entfernt werden. „Es können also Partitionen der Festplatte wieder freigegeben werden.“ (S. 67)

Zudem: Alle CpGs unserer Zellen ändern sich auch mit dem chronologischen Alter.

Steve Horvath stellte nun mit seiner Lebensuhr 2013 fest, „dass unser Erbgut im Laufe des Lebens an vielen seiner 28 Millionen CpGs die Methylmarker verliert, an anderen aber neue gesetzt werden. Viele dieser Veränderungen sind sehr streng an die Alterung gekoppelt. Diese Erkenntnis bildete die Basis seiner Lebensuhr. (S. 68)

Nun konnten Wissenschaftler zum ersten Mal das tatsächliche biologische Alter eines Menschen objektiv akkurat messen. Inzwischen bietet die US-firma Illumina Chips an, um die Methylierung der Erbmoleküle zu messen. Mit zunehmendem Alter verlieren bestimmte CpGs in immer mehr einzelnen Zellen die Methylgruppe – und andere gewinnen eine (S. 69).

Im Einzelfall oder in bestimmten Gruppen kann das biologische Alter vom chronologischen abweichen. „Es gibt Menschen, die gerade ihren 60. Geburtstag feiern; ihre innere, ihre epigenetische Uhr aber steht erst bei 45 Jahren“ (S. 69)

Zudem: Unser Körper altert nicht synchron: Im weiblichen Brustgewebe z.B. tickt die Uhr besonders schnell, im Gehirn viel langsamer. (S. 70)

Horvath konnte auch klären, warum Frauen überall auf der Welt länger leben als Männer: neben ungesünderem und gefährlicherem Lebensstil blieb auch in der sog. Klosterstudie immerhin noch ein Jahr Unterschied übrig.

H. zeigt: Männer altern epigenetisch schneller, „ihre CpGs schalten schneller auf stumm oder auf aktiv als die von Frauen.

Zudem: Vor der Menopause altern Frauen deutlich langsamer als Männer, danach aber steigt ihre Rate „kräftig an – allerdings holen sie nicht zu den Männern auf.“ (S. 70)

Weitere Erkenntnis: Unsere Alterung beginnt kurz nach der Befruchtung der Eizelle, „während sich der Embryo in die Gebärmutter einnistet.“ (S. 71)

Die Uhr tickt tatsächlich am schnellsten in Embryos, Föten, Neugeborenen (S. 71) und läuft dann immer langsamer.

Menschen mit Down-Syndrom altern schneller. Was wohl an ihrem überzähligen Chromosom 21 liegt. (S. 71)

Auch interessant: das Hispanicparadox: sie sind massiv übergewichtig, leiden öfter unter Diabetes und sind sozioökonomisch relativ schlecht gestellt - eine Situation, die ihr Leben verkürzen sollte. Trotzdem werden sie im Durchschnitt älter als der US-amerikanische Durchschnitt (S. 71).

Der Grund: sie altern einfach epigenetisch langsamer als die übrige Bevölkerung. Ohne Übergewicht und Rauchen würden sie noch länger leben, das verkürzt nämlich die Lebensuhr um ca. 5 J. (S. 72), weil es zu typischen Veränderungen im Methylmuster führt. Umgekehrtes gilt für Sport und viel Bewegung.

„Gesunde Ernährung und viel Bewegung ... dämpfen das epigenetische Alterungsprogramm.“ (S. 72)

Menschen mit einer beschleunigten epigenetischen Alterung leiden auch früher an Altersleiden und an Demenz (S. 72).

„Eine Vielzahl an Analysen bei Teilnehmern mehrerer großer Gesundheitskohorten hat die Vorhersagemacht der Uhren bestätigt. Das Alter und seine Risiken sind offenbar ein Methylierungswert.“ (S. 72)

„Schon 1500 zusätzliche Schritte am Tag oder drei Stunden den weniger Herumsitzen pro Woche verbessern Horwarths Orakel für die Restlebenszeit um viele Monate.“ (S. 73)

Auch spannend: Die Uhr zeigt – selbst wenn man den gesunden Lebensstil abzieht -, dass ein hoher IQ vor Demenz und frühem Sterben schützt (S. 73). Denn je höher „die kognitiven Fähigkeiten ... desto langsamer“ die epigenetische Alterung. Das Hirn von intelligenten Menschen ist „womöglich vor Demenz geschützt, weil es einfach noch jünger ist als das von weniger intelligenten Menschen (S. 74).

Aber was sagt uns wirklich, dass ein Auf und Ab in den Methylierungen unseres Erbguts die Ursache der Alterung ist? Ist es vielleicht der Niedergang der biologischen Funktionen in den Zellen aller Säuger, der dahinter wirkt?

Experimente der Bioinformatikerin und Altersforscherin Morgan Elyse Levine widerlegen diese Überlegung (S. 74). Sie zeigen, dass die epigenetischen Veränderungen eine treibende Kraft und nicht eine Reaktion auf die Alterung des Körpers sind (S. 75).

„In Zukunft werden epigenetische Uhren also ein unentbehrliches Werkzeug nicht nur für die Altersforschung, sondern auch für die gesamte Heilkunde darstellen.“ (S. 76)  
Denn man kann auch altersbedingte Krankheiten besser heilen.

Auch das Ticken im Erbgut vieler anderer Säuger konnten Wissenschaftler inzwischen messen (S. 77).



Auch eine kräftige Beschränkung der Kalorienzufuhr „lässt Versuchstiere stets um etwa ein Fünftel länger leben ... Bei Mäusen, die nach ihrer Jugend so knapp gefüttert werden, läuft die epigenetische Lebensuhr um 20 Prozent langsamer“ (S. 78).

Und Grönlandhaie werden mehrere hundert Jahre alt, 512 Jahre war ein 6 meterlanges Tier. Heute weiß man, dass die Tiere sehr gemächlich schwimmen, einen langsamen Stoffwechsel pflegen und erst mit etwa 150 J. geschlechtsreif werden. Sie sind die wohl langlebigsten Wirbeltiere auf der Welt. Auch Grönlandwale können sehr alt werden (mind. 211 Jahre), wenn sie vorher nicht durch Jäger getötet wurden. (S. 79)

Ein Blick in die Natur zeigt deutliche Altersunterschiede – auch bei sehr verwandten Arten: Affen werden höchsten 32 (Männchen) bis 39 (Weibchen), Menschen können bis zu 120 Jahre alt werden. (S. 80)

Daumenregel der Biologie: Tiere werden umso älter, je mehr Körpermasse sie besitzen. Aber es gibt auch Ausnahmen: gemessen an unserer Körpergröße werden wir Menschen außerordentlich alt (S. 80)

Noch erstaunlicher Nacktmulle: sie leben in unterirdischen Nestern in Ost Afrika, leben wie Bienen und Ameisen in Staaten. Es gibt bei ihnen auch eine Königin, die von wenigen Männchen befruchtet wird. Alle anderen sind Arbeiter und Soldaten. Sie werden 35 j. alt, leben 10mal länger als Mäuse oder andere Nager vergleichbarer Größe. Ein Grund: sie kriegen nie Krebs, weil sie einen genetischen Mechanismus haben, der Zellen blockiert, die entarten könnten. Sie haben auch keine Herz-Kreislauf-Probleme (S81).

Horvarth fand heraus, dass ihre biologische Alterungs-Uhr eher der von Menschen als der von Mäusen ähnelt (S. 81). Ihre Königin altert am langsamsten.

Auch weinigen Schildkröten wird nachgesagt, dass „sie möglicherweise nicht latern, bevor sie sterben“ (S. 81)

Und ein Quallentier namens Hydra alter wohl garnicht, es kann sich wohl verjüngen ...(s. 82).

### **Von der Zeugung zum Tod – das Programm der Lebenszeit**

Was genau passiert eigentlich, wenn die Infos der Gene abgerufen werden, um neue Proteine zu fabrizieren? (S. 86)