

SCORPIO

DR. MED. MICHAEL TEUT

Nie zu alt, sich jung zu fühlen

33 Strategien für gesundes Altern

So bleiben Sie körperlich,
psychisch und mental fit

SCORPIO



© 2021 Scorpio Verlag in Europa Verlage GmbH, München
Umschlaggestaltung und Motiv: Favoritbuero, München
Lektorat: Helene Weinold und Franz Leipold, Violau
Illustrationen im Innenteil: Wolfgang Pfau, Baldham
Layout und Satz: Danai Afrati, München
Druck und Bindung: Pustet, Regensburg
ISBN 978-3-95803-369-6
Alle Rechte vorbehalten
www.scorpio-verlag.de

Inhalt

Vorwort: Worum es geht 8

Wie Altern erfahren wird 10

Was in den Zellen geschieht 16

1. Instabilität des Genoms 18
2. Telomerverschleiß 21
3. Epigenetische Veränderungen 23
4. Verlust der Protein-Homöostase 25
5. Deregulierte Wahrnehmung von Nährstoffen 27
6. Mitochondriale Dysfunktion 29
7. Zelluläre Seneszenz 30
8. Erschöpfung von Stammzellen 31
9. Veränderte Kommunikation zwischen Zellen 31

Gesundheit stärken – den Alterungsprozess verlangsamen 33

Ernährung 39

Hoher Anteil pflanzlicher Kost 39

Strategie 1: Mittelmeerkost 44

Strategie 2: Fünf am Tag 46

Strategie 3: Iss den Regenbogen 47
Strategie 4: Täglich Salat 49
Strategie 5: Pflanzlicher Brotaufstrich 51
Strategie 6: Olivenöl 56
Strategie 7: Frische Säfte und Smoothies 57
Strategie 8: Grüner Tee 60
Strategie 9: Kurkuma 61

Weniger Kalorien: Kalorische Restriktion 65

Strategie 10: Kalorische Restriktion 72
Strategie 11: Intervallfasten mit der Tageszeitmethode 73
Strategie 12: Zwei-Tage-Fasten 75
Strategie 13: Fastenwoche 77

Sport und Bewegung 87

Strategie 14: Alltagsbewegung steigern 93
Strategie 15: Walking 94
Strategie 16: 10 000 Schritte 96
Strategie 17: Wander- oder Laufgruppe 98
Strategie 18: Intervalltraining 99
Strategie 19: Minitrampolin 101
Strategie 20: Acht Brokate 105
Strategie 21: Ein Hund 110

Mentales stärken 111

Strategie 22: Drei witzige Dinge 114
Strategie 23: Drei gute Dinge 115
Strategie 24: Ressourcen-Waage 115

Strategie 25: Stärken trainieren 117
Strategie 26: Starke Hände 120
Strategie 27: Einer Gruppe beitreten 121
Strategie 28: Neues lernen 122
Strategie 29: Pausen 123
Strategie 30: Wechselatmen 126
Strategie 31: Hände loslassen 128
Strategie 32: Erinnern und Erzählen 129
Strategie 33: Rauchfrei 131

Eine Geschichte zum Abschluss 135

Danksagung 137
Literaturverzeichnis 138
Über den Autor 152

Vorwort: Worum es geht

Altern wird heute als ein form- und gestaltbarer Prozess angesehen, der auf vielen Ebenen körperlich, psychisch und mental beeinflussbar ist. Ziel ist es, die gesunde Lebensspanne eines Menschen zu verlängern, die Gesundheit und das Wohlbefinden zu fördern.

In diesem Buch werden Sie mit 33 Strategien vertraut gemacht, die Ihre körperliche, psychische und mentale Fitness stärken.

Sie sind eingeladen, sich von den Übungen inspirieren zu lassen und auszuprobieren und anzuwenden, was für Sie passend und gut ist. Das Konzept entspricht dabei einem »Werkzeugkasten«. Jede Intervention ist für sich alleine nützlich. Wenn Sie Interventionen kombinieren, ist es sinnvoll, einige Strategien aus den drei Bereichen Ernährung, Bewegung und Mentales zu einem Ganzen zu verbinden.

Darüber hinaus bekommen Sie viele wichtige Hintergrundinformationen, um Altern und Alterungsprozesse besser zu verstehen. Dabei habe ich versucht, Expertenwissen so verständlich wie möglich zu erklären und übersichtlich zusammenzufassen. Selbstverständlich erweitert sich das altersmedizinische Wissen kontinuierlich. Neue Erkenntnisse werde ich deshalb in eine Neuauflage einarbeiten.

Ich hatte als Arzt und Wissenschaftler die unschätzbare Möglichkeit, über Jahrzehnte die Erforschung und Implementierung

der modernen Naturheilkunde in Deutschland mitzugestalten. Die Strategien, die Ihnen hier vorgestellt werden, stammen aus meiner ärztlichen Beratungserfahrung, von Kollegen, von denen ich lernen durfte, und aus der Forschungstätigkeit der vergangenen 20 Jahre.

Die 33 Strategien, die ich für Sie zusammengestellt habe, sind aus der praktischen Arbeit und den therapeutischen Erfahrungen mit alten und auch jungen Menschen sowie auf der Basis von Daten aus der Forschung entstanden.

Sie gründen auf der Vorstellung einer engen Verknüpfung von Geist, Psyche und Körper (Mind-Body-Medizin) und beinhalten Strategien zur Verbesserung eines gesunden Lebensstils sowie verhaltenstherapeutische, ressourcenstärkende und auch sozialmedizinische Ansätze. Darin sind nützliche Maßnahmen aus der Präventivmedizin, der modernen Naturheilkunde und der Stressbewältigung integriert.

Für viele der hier vorgeschlagenen Strategien gibt es positive Daten aus wissenschaftlichen Studien, einige sind aber auch aus der praktischen therapeutischen Erfahrung heraus entstanden. Weiterführende Literatur finden Sie im Literaturverzeichnis; ich habe mich bemüht, die Literaturreferenzen auf die aus meiner Sicht wichtigsten Quellen zu beschränken.

Ich wünsche Ihnen viel Freude beim Lesen, Inspiration und dass die eine oder andere Strategie die richtige für Sie ist!

Ihr Michael Tent

Wie Altern erfahren wird

Altern zu beschreiben und zu definieren ist nicht einfach, denn dabei spielen verschiedene körperliche und psychologische Aspekte eine Rolle.

Zu den typischen körperlichen Veränderungen, die mit dem fortschreitenden Alter in unserem Körper auftreten, zählen Ergrauen und Verlust der Haare, Abnahme der Elastizität der Haut und Zunahme des Körperfetts; außerdem werden die Gelenke abgenutzt, die Elastizität der Blutgefäße und der Lunge nimmt ab, die Funktion des Immunsystems wird reduziert und die Funktion des Gehirns vermindert. Es wundert nicht, dass die Defizite des Alterns von vielen Menschen als beängstigend erlebt werden. Die Probleme und die Herausforderungen nehmen im Alter häufig zu, während die körperliche und mentale Funktionsfähigkeit nachlässt. Im fortgeschrittenen Alter kann es schließlich zu Gebrechlichkeit sowie zum Verlust der Autonomie und Selbstbestimmung kommen, ehe letztendlich der Tod eintritt.

Die hochbetagte Schweizer Psychoanalytikerin Ingrid Riedel stellt auf wunderbare und überraschende Weise diesen biologi-

schen und psychologischen Defiziten des Alters die »innere Freiheit des Alters« gegenüber (Riedel 2009). Für sie, aus eigener Erfahrung als Seniorin schreibend, ist das Altern eine wertvolle Zeit. Es steht noch begrenzte Lebenszeit zum Gestalten zur Verfügung, aus der das Beste gemacht werden will. Das Alter eröffnet die Möglichkeit, in der gegebenen Zeit Dinge zu erleben, zu erfahren, zu entdecken, die vielleicht sonst im Leben zu kurz gekommen sind oder die noch einmal genossen werden wollen. Zugleich unterliegen alte Menschen weniger den Zwängen des Berufs, der Familie, der Erwartungen und den entsprechend notwendigen Anpassungen. Daraus entsteht die innere Freiheit, das Leben auszukosten und zu gestalten. Aus ihrer Sicht ist für die »jungen« Alten, die 60- und 70-Jährigen, die Zeit gekommen »die Ernte einzufahren«. So kann man Reisen machen, dorthin, wo man schon immer einmal hinwollte, sich mit Themen beschäftigen, für die vielleicht nie genug Zeit blieb, oder mit den Enkelkindern das alles genießen, was mit den eigenen Kindern zu kurz gekommen sein mag.

Zugleich tritt aber mit zunehmendem Alter die Notwendigkeit auf, bestimmte Dinge und Angelegenheiten des Lebens loszulassen – was wiederum Freiheit verspricht. Riedel erwähnt den mittelalterlichen Mystiker Meister Eckhart, der die »Gelassenheit« als spirituelle Kraftquelle einführte: »sich und es lassen zu können«. Die Psychoanalytiker Fritz Riemann und Wolfgang Kleespies führen die Gelassenheit des Alters auf die Distanz zurück, die aus der »Entpflichtung« kommt – es müssen keine Rollen mehr erfüllt werden, Verantwortung kann losgelassen werden.

Dazu gehört auch, die Dinge den Jüngeren zu überlassen, loszulassen, vom »Haben« zum »Sein« hinüberzuwachsen. Die Psychoanalytiker ermutigen uns dazu, diesen Übergang lustvoll zu gestalten, in innerer Freiheit die Ernte einzufahren und schließlich loszulassen. Neben der »Integration der Lebensgeschichte« ist es das Höchste im Leben der späteren Jahre, Authentizität und innere Freiheit zu gewinnen. So kann das Alter die große Chance bieten, zu einer neuen Identität zu finden, ohne dass man sich vom Zwang, in bestimmte Rollen zu schlüpfen, einengen lassen muss.

Zugleich stellt diese Übergangsphase aber auch eine Herausforderung dar; so kann es zu Ängsten, psychischen Störungen und Krankheit kommen, wenn der Übergang nicht gelingt, wenn eben nicht losgelassen werden kann, sondern festgehalten wird (Riemann und Kleespies 2016).

Die Bilder, die wir als Gesellschaft vom Altern haben, entstehen aus gesellschaftlichen Prozessen und wandeln sich im Lauf der Zeit. Das Bild vom Altern ist historisch, sozial und kulturell konstruiert (Glöckenjahn 2009). Während vor dem 19. Jahrhundert nur äußerst wenige Menschen überhaupt älter als 60 Jahre wurden, veränderten sich im 19. und 20. Jahrhundert die Lebensverhältnisse in Europa und Nordamerika radikal. Im 19. Jahrhundert kam es erstmals zur Einführung von Sozialversicherungen inklusive Rentenversicherungen.

Im 20. Jahrhundert erfolgten weitere grundlegende Veränderungen der Lebensbedingungen. Hygiene, Bildung, Wissen und Wohlstand nahmen zu, und nicht zuletzt dank der medizinischen

Fortschritte kam es zu einer deutlichen Verlängerung der Lebenszeit, sodass (erstmalig in der Geschichte der Menschheit) eine beachtliche Anzahl von Menschen, finanziell abgesichert durch eine Rentenversorgung, ein höheres Alter erreichen konnte.

Mit der Rentenreform 1957 erfolgte in Deutschland ein Umdenken: Das Altern wurde erstmals als eine Phase der Ruhe und Freizeit aufgefasst, in der sich die Rentnerinnen und Rentner »auf dem Altenteil ausruhen« und vorangegangene Mühen und Anstrengungen des Arbeitslebens ausgeglichen werden sollen. Für den berühmten Soziologen Helmut Schelsky stellte dieses Leitbild eine »Entwurzelung« dar, da der alte Mensch seiner Funktion und Rolle in der Gesellschaft beraubt würde: »Die Freizeitbeschäftigungen werden zum Lebenskontinuum« (Schelsky 1959).

Das Altersbild des »wohlverdienten Ruhestands« als Rückzugsaufforderung war bis in die 1980er-Jahre hinein akzeptiertes Leitbild für alte Menschen. In den 1990er-Jahren veränderte sich das Altersbild, und es kamen die bestimmenden Themen »Aktivität«, »Flexibilität« und »Selbstbestimmtheit« zur Diskussion um das Altern dazu (Ruff 2009). Die geburtenstarken Jahrgänge im Nachkriegsdeutschland, die sogenannten »Babyboomer«, brachten schließlich das Thema individuelles Altern mit einer Vielzahl von Modellen, einer Pluralisierung der Lebensmodelle, in die Diskussion ein: »Sie wollen auf keinen Fall altern wie ihre Eltern« (Ruff 2009). Stattdessen treten die aktive Gestaltung des Alterns, Aktivität, Mobilität und der individuell gestaltete Lebensentwurf in den Vordergrund.

Mit einem gesundheitsbewussten und präventionsorientierten Verständnis von Gesundheit und Altern und den Fortschritten in der wissenschaftlichen Altersforschung eröffnet sich eine kontinuierlich anwachsende Lebensspanne, die gestaltet, genutzt und gefüllt werden möchte. Altern wird heute (und zukünftig) als gestaltbar angesehen. Der Zukunftsforscher Frank Ruff sieht das Altern der Zukunft als eine »subjektiv formbare Realität«, bei der es um »Self-Design«, »Langlebigkeit«, »Regeneration« und »Ressourcenmanagement« geht (Ruff 2009).

Schon früh haben sich Wissenschaftler mit der Frage beschäftigt, was eigentlich »erfolgreiches Altern« ist. Während im 20. Jahrhundert sehr lange die negative Wahrnehmung von Altern im Fokus stand, das sogenannte »Defizitmodell«, richtet sich der Blick heute, da die Zahl älterer Menschen ständig zunimmt, auf die aktive Gestaltbarkeit des Alterns.

Ein wichtiger Motor für diesen gesellschaftlichen Perspektivwechsel war das Konzept vom »erfolgreichen Altern«. Die Altersforscher John W. Rowe und Robert L. Kahn leiteten 1997 mit ihrem Aufsatz »Successful Aging« (»Erfolgreiches Altern«) in der Zeitschrift *The Gerontologist* eine Denkwende in der Altersmedizin ein (Rowe und Kahn 1997). Während zuvor erfolgreiches Altern eher als eine Anpassungsleistung des älteren Menschen an die mit dem Alter eintretenden Funktionsverluste und den Stress verstanden wurde, schlugen Rowe und Kahn ein Modell vor, das positiv ausgerichtet ist und biologische und psychologische Aspekte beinhaltet. Für sie besteht erfolgreiches Altern nicht allein in der Abwesenheit von Krankheit oder in

der Bewältigung von altersbedingten Veränderungen, sondern aus drei Faktoren, die einander gegenseitig bedingen und verstärken:

1. Eine geringe Wahrscheinlichkeit von Krankheit und krankheitsbedingter Behinderung
2. Eine hohe geistige und körperliche Funktionsfähigkeit
3. Die aktive Auseinandersetzung mit dem Leben

Innovativ an ihrem Konzept ist, dass sie die Gestaltbarkeit des Alterns betonen: Durch gesunden Lebensstil, mentale und körperliche Aktivität, aktives Engagement, soziale Beziehungen, körperliches und geistiges Training, Lernen und Bildung lässt sich die Gesundheit bis ins fortgeschrittene Alter hinein fördern und so ein erfolgreiches, erfüllteres und gesünderes Altern gestalten.

Dieser gestalterische Ansatz, der von einem »plastischen« und »formbaren« Altern ausgeht, hat sich in der Altersmedizin heute durchgesetzt. Auch die Weltgesundheitsorganisation hat mittlerweile aufgrund der zunehmenden demografischen »Überalterung« in vielen Ländern der Welt den Fokus auf gesundes Altern gelegt und eine UN-Dekade des gesunden Alterns (2021–2030) mit vielfältigen Aktivitäten ausgerufen. Der Fokus verschiebt sich von den Krankheiten (Defizitmodell) auf die Kapazitäten und Gestaltungsmöglichkeiten, und zwar nicht nur auf den Einzelnen bezogen, sondern auf die gesamte Gesellschaft.

Es kommt auf uns alle an, wie wir Altern verstehen, wie wir es gestalten und wie wir damit umgehen.

Was in den Zellen geschieht

Die biologischen Vorgänge, die zum körperlichen Altern führen, sind sehr komplex und wissenschaftlich auch heute nur teilweise verstanden. Es gibt Hunderte von Theorien, wie und warum es zum Altern kommt. Viele Wissenschaftler beschreiben einzelne Aspekte des Alterns, die erst in Kombination ein verständliches Mosaik ergeben.

Klassischerweise gehen Wissenschaftler, wenn sie biologische Alterungsprozesse betrachten, von der Zelle als kleinster lebender Einheit eines Organismus aus. Der Körper eines erwachsenen Menschen besteht aus 100 Billionen Zellen. Aneinandergereiht ergäbe das eine Länge von 2,5 Kilometern! Unsere Zellen vermögen geordnet miteinander zu agieren und zu kommunizieren; als Ganzes sichern sie die Integrität, Funktionsfähigkeit, Anpassungsfähigkeit und die Gesundheit des Lebewesens. Auf welche Weise diese unglaubliche Komplexität sich organisiert und reguliert, gehört auch heute noch zu den großen Rätseln des Lebens. Gesundheit besteht darin, das

dynamische Gleichgewicht (Homöostase) zwischen den verschiedensten Faktoren und Bestandteilen aufrechtzuerhalten; dadurch wird ein gesundes Leben ermöglicht.

Altern wird auf biologischer Ebene als ein allmählicher Funktionsverlust verstanden, der Moleküle, Zellen, Zellverbände, Organe und schließlich den Gesamtorganismus erfasst; er führt zu einem zunehmenden Ungleichgewicht, dann zu Krankheit und schließlich zum Tod.

Die wissenschaftlichen Erkenntnisse, die zum biologischen Verständnis des Alterns geführt haben, stammen aus unglaublich vielen kleinschrittigen Experimenten und Studien; sie wurden zum größeren Teil an Hefezellen, Würmern, Mäusen und anderen kurzlebigen Organismen und Lebewesen im Labor durchgeführt.

Hierin liegt zugleich auch eine der Schwächen der Altersforschung, wenn man auf das Altern beim Menschen schaut: Die Erkenntnisse aus Zellen sowie kurzlebigen Organismen und Kleinlebewesen lassen sich nicht ohne Weiteres auf langlebige Säugetierspezies wie z.B. Affen oder auch den Menschen übertragen. Bei langlebigen Spezies ist es viel schwieriger, Altersprozesse zu beobachten und experimentelle Forschung durchzuführen, einfach weil die Alterung über einen viel längeren Zeitraum stattfindet. Die Erkenntnisse über das Altern haben aber mit der modernen Molekularbiologie in einem atemberaubenden Maß in den vergangenen Dekaden zugenommen, so dass heute viele Mechanismen und Vorgänge viel besser verstanden sind.

Ein für die Altersforschung sehr wichtiger und einflussreicher wissenschaftlicher Übersichtsartikel aus dem Jahr 2013 (López-Otin et al. 2013) fasst die heute etablierten und bekannten Prozesse, die zum Altern führen, in neun grundlegenden Merkmalen zusammen:

- » Instabilität des Genoms
- » Telomerverschleiß
- » Epigenetische Veränderungen
- » Verlust der Protein-Homöostase
- » Deregulierte Wahrnehmung von Nährstoffen
- » Mitochondriale Dysfunktion
- » Zelluläre Seneszenz
- » Erschöpfung von Stammzellen
- » Veränderte Kommunikation zwischen Zellen

1. Instabilität des Genoms

Die Gesundheit unseres Organismus ist davon abhängig, dass sich die Zellen des Körpers in vielen Bereichen fortlaufend erneuern, wie z.B. Haut-, Schleimhaut- oder Blutzellen. Die Anpassung der Zellen an bestimmte Umweltfaktoren wie beispielsweise UV-Strahlung, die Auseinandersetzung mit Viren, Bakterien und Pilzen, die Gewinnung von Nährstoffen, der Stoffwechsel, die Atmung mit dem Austausch von Sauerstoff und Kohlendioxid und der Energiestoffwechsel führen ständig auch zu Beanspruchungen und Schäden, die umgehende Reparaturen innerhalb der Zellen, aber auch den kompletten Ersatz von geschädigten Zellen erfordern.

Die Reparatur und der Zellersatz sind normale Prozesse; solange sie funktionieren, bleiben unsere Gesundheit und Funktionsfähigkeit erhalten. Ein wichtiger Reparatur- und Erneuerungsmechanismus ist die Zellteilung: Dabei entstehen aus einer Mutterzelle zwei genetisch identische Tochterzellen. Dazu muss das genetische Material der Zelle, die DNA (Desoxyribonukleinsäure) im Zellkern, die in komplexen Paketen in Form von Chromosomen gefaltet und verpackt ist, zuerst verdoppelt werden; anschließend teilt sich die Zelle dann in zwei genetisch identische Zellen auf. Dabei kann es zu Fehlern und Schäden an der DNA kommen, z.B. wenn Abschnitte fehlen, falsch ergänzt oder fehlerhaft kopiert werden (López-Otin et al. 2013, Behl und Ziegler 2016). Normalerweise werden diese Fehler bei der Zellteilung durch Reparaturmechanismen der Zellen vollständig beseitigt.

Auch durch äußere Faktoren, z.B. durch UV-Strahlung, Infektionen und andere Belastungen, kann es zu DNA-Schäden kommen. DNA-Schädigung betrifft nicht nur Zellkerne, sondern auch die »Kraftwerke« der Zellen, die Mitochondrien, in denen die Energie der Zelle gewonnen wird. Diese haben eine eigene DNA, die ebenfalls geschädigt werden kann und repariert werden muss.

Diese Alterstheorie besagt, dass sich im Laufe der Zeit DNA-Schäden häufen und die Reparaturmechanismen irgendwann ermüden, wodurch die Funktionsfähigkeit von Zellen und Organen vermindert wird. Irreparabel geschädigte Zellen sterben durch den »programmierten Zelltod« (Apoptose) und werden

abgebaut und entfernt. Es kann aber auch sein, dass sich solche Zellen in Krebszellen verwandeln (und sich ständig teilen) oder in einen Zustand der »zellulären Seneszenz« übergehen, in dem sie defekt bestehen bleiben und sich nicht weiter teilen.

Das Genom wird also im Laufe des Alters »instabiler«, die davon abhängigen physiologischen Prozesse und auch Stoffwechselfade können gestört werden, es kommt zu Funktionseinschränkungen, die sich in Altersveränderungen und schließlich Krankheiten äußern können. Die Anhäufung von DNA-Schäden im Lauf des Lebens führt so zu einer Verminderung intakter Zellen und dem alterstypischen Funktionsverlust.

Der Zusammenhang zwischen DNA-Schädigungen und Altern wurde bei Untersuchungen am Menschen entdeckt, als man nach den Ursachen von frühzeitigen Alterungs-Syndromen (Progerien), wie dem »Werner-Syndrom«, gesucht hat. Diese Erkrankung wurde erstmals 1904 vom deutschen Arzt C. W. Otto Werner (1879–1936) beschrieben. Sie ist vererbbar (autosomal rezessiv), und Betroffene entwickeln sich bis zur Pubertät ganz normal; dann setzt jedoch der typische Wachstumsschub nicht ein, die Betroffenen bleiben klein und altern schon früh, meist als junge Erwachsene. Ursache der Erkrankung sind über 70 Mutationen in der DNA. Diese führen zu vorzeitigem Ergrauen und Ausfällen der Haare und typischen Alterserkrankungen wie Grauem Star, Altersdiabetes, Verkalkungen der Achillessehne und Osteoporose (Lessel et al. 2012). Die Erforschung von frühzeitigen Alterungssyndromen war der

Auslöser für diese Alterstheorie und für unzählige nachfolgende Untersuchungen an Tieren und Menschen, die heute den Zusammenhang zwischen DNA-Schäden und Alterungsprozessen belegen.

2. Telomerverschleiß

Als Telomere werden die Enden von Chromosomen bezeichnet, die aus aufgefalteter DNA bestehen und die Chromosomen stabilisieren: Wenn sich eine Zelle teilt, wird die DNA in Form von Chromosomen erst verdoppelt und dann auf zwei Zellen aufgeteilt, die somit identisches Erbgut besitzen. Die Telomere sind dabei besonders gestresst, sodass bei jeder Zellteilung ein kleiner Abschnitt der dortigen DNA nicht kopiert werden kann oder verloren geht. In Zellen, die sich beständig teilen, werden diese Verluste mithilfe eines besonderen Enzyms wieder repariert, sodass im Idealfall in beiden Tochterzellen wieder ein intaktes Genom vorliegt. Dieses Enzym, die sogenannte Telomerase, besteht aus einer Kombination aus Proteinen und RNA. Forschungsergebnisse haben gezeigt, dass die Lebensdauer eines Organismus mit der Aktivität seiner Telomerase einhergeht (Behl und Ziegler 2016).

Langlebige Organismen sind in der Lage, durch die Reparaturarbeiten der Telomerase das Genom über viele Zellteilungen hin stabil zu halten. Überschreitet der Verlust an DNA in den Telomeren jedoch eine kritische Menge, geht die Zelle entweder in einen Ruhezustand (Seneszenz) über, oder sie stirbt und wird vom Organismus abgebaut.