

ROSA  
BLAU  
ROSA  
GELB  
BLAU  
GRÜN  
ROSA  
GELB  
BLAU  
GRÜN  
ROSA  
GELB  
GELB  
BLAU  
GRÜN  
ROSA  
GELB  
BLAU  
GRÜN  
ROSA  
GELB  
BLAU  
GRÜN  
ROSA

Dieser Test wird  
auf Seite 15 erklärt



*Quarks Script*

Script zur WDR-Sendereihe „Quarks & Co“

WDR FERNSEHEN

Der Traum vom  
langen Leben

# Inhalt

1. Was heißt es, alt zu sein?	4
2. Warum altern und sterben wir?	8
3. Wie altern wir?	10
4. Wie alt bin ich wirklich?	13
5. Was kann man gegen das Altern tun?	16
6. Lesetipps	22
7. Index	23



## Impressum:

Text: Axel Bach, Veronika Hackenbroch,  
Dirk Hans, Martin Rosenberg,  
Ismeni Walter  
Redaktion: Axel Bach, Daniele Jörg  
(v.i.S.d.P.)  
Copyright: WDR Köln 1999

Internet: Weitere Informationen erhalten  
Sie unter <http://www.quarks.de>

Gestaltung:  
Designbureau Kremer & Mahler, Köln

## Bildnachweis:

S. 7 Mitte re. Studio XGA, li. u. DPA;  
S. 8 Step AniMotion; S. 10 beide  
Step AniMotion; S. 11 Gereon Corp  
(kostenfrei); S. 14 Kasten: li. o. Helga  
Lade, li. u. Bilderberg, Mitte o. WDR,  
Mitte u. Küpper; S. 15 Action Press;  
S. 19 Mitte Axel Bach; S. 20 DPA;  
alle anderen WDR  
Illustrationen und Grafiken:  
Designbureau Kremer & Mahler,  
Vera Vinitski.

Diese Broschüre wurde auf  
100 % chlorfrei gebleichtem  
Papier gedruckt.

Das Quarks-Team träumt  
von einem langen Leben;  
hinten: Martin Rosenberg, Axel Bach,  
Dirk Hans, Veronika Hackenbroch;  
vorne: Daniele Jörg, Ranga  
Yogeshwar und Ismeni Walter



## Liebe Zuschauerin, lieber Zuschauer!

als wir unsere Sendung über den „Traum vom langen Leben“ produzierten, stießen wir auf einen besonderen Anzug, mit dem man das Körpergefühl eines 70-Jährigen simulieren kann. Mit diesem Anzug fuhr ich U-Bahn. Der „Age-Simulator“ erinnerte mich an einen Taucheranzug. Durch Gewichte und steife Gelenkröhren wurden meine Bewegungen eingeschränkt und ein Spezialhelm ließ auch mein Hören und Sehen altern. Schon beim Treppengehen kam das „Feeling 70“ auf und durch die diffuse Maske hatte ich große Mühe, den Fahrplan zu entziffern. Als dann die erste Bahn ankam, war ich prompt zu langsam: Die Tür ging vor meiner Nase zu! Selbst das Lösen eines Fahrscheines wurde zu einem anstrengenden Akt, denn mit den Spezialhandschuhen war mir das Abzählen des Kleingeldes fast unmöglich und als dann noch die Rolltreppe nicht funktionierte, kam ich so richtig ins Schwitzen ... Bleigewichte und Kunststoffrohre haben an diesem Tag mein Bewusstsein für ältere Menschen geschärft und am eigenen Körper habe ich begriffen, wie wichtig es ist, unseren „Omas und Opas“ eine Hand zu reichen oder einen Sitzplatz anzubieten. Wir alle können ihr Alter beeinflussen, denn ältere Menschen fühlen sich in einer netten und aufmerksamen Gesellschaft deutlich jünger!

Herzlichst

Ihr

Ranga Yogeshwar

Übrigens: Die Herstellung des „Quarks-Scripts“ wird durch Ihre  
Rundfunkgebühren ermöglicht. Ich hoffe, auch dieses Heft wird für Sie  
ein nützlicher Service und eine gute „Geldanlage“.

# 1. Was heißt es, alt zu sein?

## In Sekunden gealtert

Zeitmaschinen – in Kinofilmen sind sie meist Ausgangspunkt für spannende Abenteuer. Da fliegen die Schauspieler maleben in die Zeit des Wilden Westens zurück oder gar in die Zukunft. Was aus den Traumfabriken Hollywoods als Science-fiction daher kommt, gibt es in einer „kleinen Version“ auch in der Realität. Für die Zeitreise im Kleinen benötigt man noch nicht einmal einen Computer. Und die Rückkehr ins Jetzt verläuft völlig unproblematisch. Mit einem ganz besonderen Anzug kann man sich auf einen Schlag in



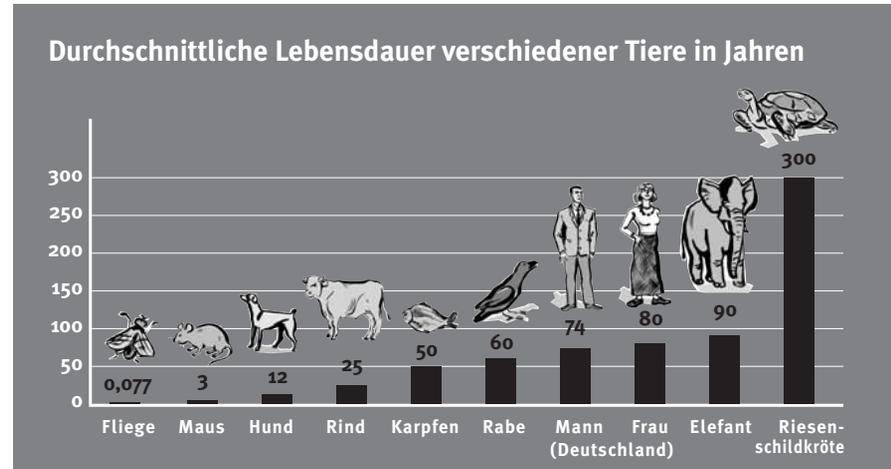
In diesem Anzug fühlt man sich wie 70.



Für Ranga Yogeshwar im Alterungsanzug die größte Hürde: der Fahrkarten-Automat

einen 70-jährigen verwandeln. Man sieht und erlebt die Welt mit anderen Augen. Eine Saarbrücker Firma entwickelte zusammen mit Ärzten einen Anzug, der die gewöhnlichen Altersbeschwerden simuliert. Dieser „Age-Simulator“ soll z.B. Produkt-Designern und Architekten ein realistisches Gefühl dafür geben, dass es für ältere Menschen nicht mehr so einfach ist, etwa verschweißte Verpackungen zu öffnen oder in einem Aufzug die richtige Taste zu drücken. Der Alterungsprozess verläuft nämlich schleichend. Kaum merklich lassen Jahr für Jahr Beweglichkeit und Kraft nach, wir hören schlechter, und auch die Augen wollen nicht mehr so richtig: Die Sonnenstrahlen trüben die Linse, so dass es schwieriger wird, bestimmte Farben zu unterscheiden. Meist muss man auch eine Brille tragen. Was das für Auswirkungen auf den Alltag alter Menschen hat, können sich die Jüngeren meist nicht vorstellen. Und so sind es manchmal nur die kleinen Hürden, die es alten Menschen schwer machen, aktiv am Leben teilzuhaben.

Gewichte sorgen für Schwäche in Armen und Beinen, Abnäher und Polster in Arm- und Kniebeugen behindern die Beweglichkeit. Schalldämpfer auf den Ohren filtern die hohen Frequenzen heraus und reduzieren insgesamt die Lautstärke, ein Visier trübt den Blick und engt den Blickwinkel ein. Spezielle Baumwollhandschuhe lassen einen nur noch wenig fühlen. Ranga Yogeshwar hat den Sprung in seine eigene Zukunft gewagt und den Alterungsanzug ausprobiert. Eine ganz gewöhnliche U-Bahnfahrt wurde so für ihn zu einem besonderen Erlebnis, von dem er auf Seite 3 berichtet.

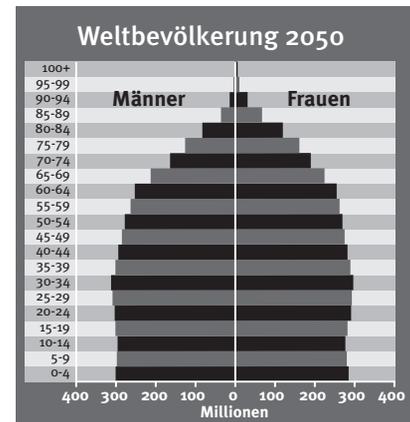
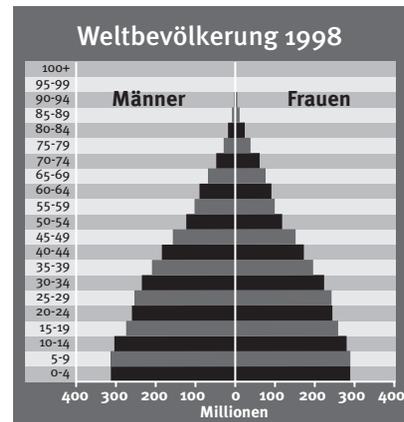


Dieses durchschnittliche Alter erreichen verschiedene Tiere und der Mensch.

## Das Alter liegt in den Genen

Wieso werden Stubenfliegen meist nur einen Monat, Regenwürmer aber mehrere Jahre alt? Wieso wird eine Riesenschildkröte leicht 300 Jahre, während sich der Mensch mit durchschnittlich 74 bis 80 Jahren bescheiden muss? Die unterschiedlichen Lebensspannen der Tiere liegen auch in deren Genen begründet – das ist mittlerweile klar: So ist es gelungen, Tau-

fliegen zu züchten, deren Lebensspanne um über 40% verlängert wurde. Dafür kreuzte man besonders langlebige Fliegen mehrfach miteinander. Die maximale Lebensdauer ist also eine vererbte Eigenschaft – ähnlich der Haar- oder Augenfarbe. (zum Langlebigkeitsgen siehe auch Seite 11) Wie alt Menschen und Tiere aber wirklich werden, steht auf einem anderen Blatt. Klar ist, dass die Lebenserwartung in diesem Jahrhundert



Während die Zahl der Kinder annähernd gleich bleibt, wird sich der Anteil der über 80-jährigen von 66 Millionen (1998) auf über 370 Millionen im Jahre 2050 versechsfachen.

außerordentlich gestiegen ist. In den letzten 120 Jahren hat sich die Lebenserwartung von Neugeborenen verdoppelt, weil immer weniger Kinder im Säuglingsalter sterben. Ein neugeborener Junge in Deutschland wird voraussichtlich 73 Jahre, ein Mädchen sogar 79<sup>1</sup>/<sub>2</sub> Jahre alt. Medizin und Hygiene sind weitere Aspekte, die die Lebenserwartung in Deutschland haben steigen lassen: Um 1900 betrug sie 47 Jahre; gegenwärtig 77 und in der Steinzeit lediglich 35 Jahre.

Wie sich die längere Lebensdauer auswirkt, zeigen die Bevölkerungspyramiden auf Seite 5.

### Die Tricks der Hundertjährigen

Weltweit sind rund 145 000 Menschen 100 Jahre alt und älter. Die Deutsche Stiftung Weltbevölkerung schätzt, dass es 2050 bereits 2,2 Millionen sein werden – 15-mal so viel. In Deutschland sind es zurzeit 6 390 – weltweit ist das mit etwa 80 über 100-Jährigen pro Million Einwohner Platz 25. Davon sind – wie auch im Rest der Welt – fast 80 % Frauen. Die meisten Hundertjährigen im Verhältnis zur Einwohnerzahl gibt es auf der Karibikinsel Martinique, in Aserbaidschan und in Dänemark.



Hundert Jahre und älter zu sein, bedeutet keineswegs, nur noch dahinzusiechen. Nur 20 bis 30 Prozent der Hundertjährigen in Deutschland sind pflegebedürftig – die anderen kommen gut alleine zurecht oder brauchen nur wenig Hilfe. Hundertjährige sind in der Regel nicht schwerer krank als Jüngere; nur das

Hör- und Sehvermögen lässt in diesem Alter rasch nach. Niedergeschlagenheit und schwere Depressionen kommen auffallend selten vor – im Gegenteil: Die meisten sind gelassen und zufrieden.

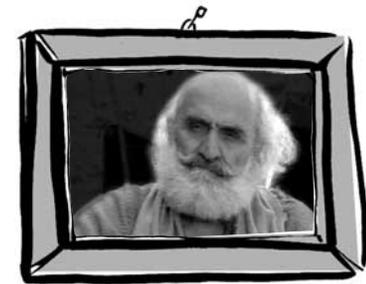
Die Französin **Jeannette Calment** war mit 122 Jahren und 164 Tagen der älteste Mensch der Welt, dessen Alter zweifelsfrei nachgewiesen werden konnte. Lachen hätte sie jung gehalten, sagte sie. Außerdem fuhr sie mit 100 noch Fahrrad. Mit 90 verkaufte sie ihr Haus an einen Anwalt gegen eine monatliche Leibrente von 2500 Franc (etwa 800 DM). Sein Pech: Sie lebte so lange, dass er den dreifachen Wert des Hauses bezahlen musste. Jeannette Calment starb am 4. August 1997.

Die beiden Bauertöchter **Kin** und **Gin** aus Nagoya in Japan wurden am 1. August 1892 geboren. Ihr Rezept für ein langes Leben: das Lachen nicht vergessen. Und die richtige Ernährung: Seetang, Fisch und Algenblätter.

**Hedwig Gier** aus Mönchengladbach ist 100 – ohne Schmerzen, ohne Beschwerden. Nur die Augen lassen langsam nach. Fast ihr ganzes Leben hat sie gemalt. Vor ihrer ersten Ausstellung hatte sie Magenschmerzen, und doch verkaufte sie sofort zehn Bilder. Erst im vergangenen Jahr hatte sie noch eine Ausstellung in Aachen. Das Malen hätte sie jung gehalten, meint sie – über ihre Gesundheit hat sie sich nie Gedanken gemacht.

Noch nicht ganz hundert: **Queen Mum**. Die Mutter der britischen Königin wurde am 4.8.1900 geboren. Auch mit 99 ist sie noch bei jedem offiziellen Anlass dabei. Ihre Hobbys: Pferderennen, teure Restaurants und immer wieder gern ein Gläschen Gin. Wegen ihres

aufwändigen Lebensstils soll sie mittlerweile hoch verschuldet sein. 969 Jahre soll **Methusalem** laut Bibel (Erstes Buch Mose 5,27) erreicht haben. Stammvater Adam wurde 930, sein Sohn Set 912, und auch weitere Nachkommen schafften es über 900. Allerdings sind diese Angaben nicht wörtlich zu nehmen. Die Namen wurden unabhängig von den Jahresangaben überliefert: Sie wurden so gewählt, um die Zeit zwischen der Erschaffung der Welt und der Sintflut zu überbrücken.



**Methusalem,  
laut Bibel 969 Jahre**



**Jeannette Calment,  
122 Jahre**



**Hedwig Gier,  
100 Jahre**



**Zwillinge Kin Narita  
und Gin Kanie, 107 Jahre**



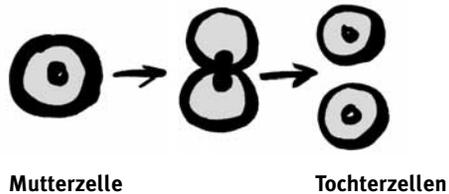
**Queen Mum, 99 Jahre**

## 2. Warum sterben und altern wir?

### Unsterbliche Wesen

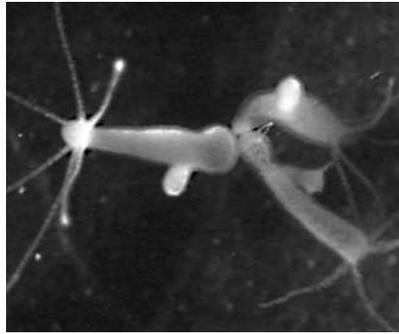
Es gibt Lebewesen, die weder altern noch sterben:

Bakterien beispielsweise sind potenziell unsterblich – zumindest solange die Umweltbedingungen stimmen. Wenn genügend Nahrung und Feuchtigkeit vorhanden und die Temperatur günstig ist, entstehen immerfort aus einem Bakterium zwei neue Bakterienzellen. Die Mutterzelle geht dabei vollkommen in den beiden Tochterzellen auf. So entstehen keine „Leichen“. Und die Bakterien bleiben quasi immer gleich jung.



Auch Süßwasserpolyphen sind auf ihre Art potenziell unsterblich. Es gibt Exemplare der nur wenige Zentimeter großen Süßwasserpolyphen, die nachweislich mehrere Jahrzehnte alt sind und keinerlei Alterungserscheinungen aufweisen. Bei ihnen werden alte Zellen kontinuierlich durch neue ersetzt.

Diese winzigen Tiere, welche in unseren Tümpeln und Seen leben, ähneln hinsichtlich ihrer Nachkommenschaft eher einigen Pflanzen. Sie vermehren sich nicht durch einfache Teilung, sondern bilden kleine Ableger, aus denen neue Polyphen entstehen.



**Langes Leben durch Ableger: Ein Süßwasserpolyphen ist potenziell unsterblich.**

Zerteilt man einen Polypen in mehrere Teile, entsteht aus jedem Stück ein komplett neuer Polyp. Der Süßwasserpolyphen besitzt diese erstaunliche Fähigkeit, weil seine Körperzellen nur wenig spezialisiert sind. Aus jeder einzelnen Zelle könnte praktisch ein komplettes, neues Tier wachsen.



**Ei- und Samenzellen: Beim Menschen sind dies die einzigen Zellen, aus denen Nachwuchs entstehen kann.**

Bei uns Menschen ist diese Form der Vermehrung unmöglich. Ein so komplexer Organismus wie der menschliche besitzt nur wenige Zellen, aus denen sich die Nachkommen bilden können: die Ei- und Samenzellen. Bei Zellen aus Muskel- oder Nervengewebe funktioniert das nicht.

### Sterben für die Individualität

Wenn Ei- und Samenzelle miteinander verschmelzen, entsteht neues Leben. Die sexuelle Fortpflanzung hat große Vorteile: Die Gene von Mutter und Vater durchmischen sich. Es entstehen immer neue Individuen. Mit Ausnahme von eineiigen Zwillingen gleicht kein Mensch dem anderen.

Bakterien und Süßwasserpolyphen, die sich ungeschlechtlich vermehren, erzeugen Nachkommen, die eine identische Kopie der Mutter darstellen. Auf diese Weise entstehen viele Organismen, die sich genetisch absolut gleichen, so genannte Klone. Eine solche Gleichförmigkeit kann jedoch leicht zum Massensterben führen, wenn sich die Umweltbedingungen plötzlich verändern. Kommt es im See zu einem Nahrungsmangel, der zum Tod eines einzelnen Süßwasserpolyphen führt, so werden mit großer Wahrscheinlichkeit auch die anderen Süßwasserpolyphen sterben: Verhungert einer, verhungern alle.

Anders ist das bei Arten, die viele genetisch unterschiedliche Individuen erzeugen; einige werden bei extremen Belastungen überleben und sich weiter vermehren.

Dieser Vorteil hat aber auch einen Nachteil: Damit diese Vielfalt entstehen kann, muss die Elterngeneration „Platz machen“.

Mankann sagen: Sterben ist der biologische Preis für die Individualität.

### Eine Unachtsamkeit der Evolution

Dass wir irgendwann sterben, ist klar. Aber warum müssen wir eigentlich altern?

Viele Forscher vermuten, Altern sei eine Art Unachtsamkeit der Evolution: Prinzipiell werden Krankheiten oder andere Eigenschaften des Menschen, die das Überleben erschweren, im evolutiven Prozess „ausgemustert“; doch nur dann, wenn sie unsere Fortpflanzung behindern. Schwere erblich bedingte Krankheiten, die einen Menschen in jungen Jahren umkommen lassen, haben keine Chance sich auszubreiten.

Alterungsprozesse finden aber bekanntlich erst viel später statt. Das Altern fällt also durch das Netz der Selektion. Manche Forscher vermuten sogar, dass bestimmte Veranlagungen bei unseren Vorfahren Vorteile hatten, die uns heute im Alter viel Ärger bereiten; z. B. „Zucker“ (Altersdiabetes). Bei dieser Krankheit wird in der Bauchspeicheldrüse zu wenig Insulin produziert. Insulin ist für den Zuckerabbau im Körper verantwortlich.

Für unsere Urahnen bedeutete diese Veranlagung jedoch, dass die Nahrung besonders effektiv ausgenutzt werden konnte: Im Jugendalter konnten ausreichend Fettreserven angelegt werden, die dann in Zeiten des Mangels das Überleben erleichterten. Weil die Menschen damals im Schnitt aber nur 35 Jahre alt wurden, traten die negativen Auswirkungen im höheren Alter nie zu Tage.



### 3. Wie altern wir?

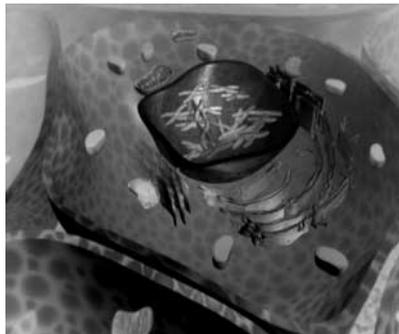
#### Zellen mit Motorschaden

Bis heute gibt es keine einheitliche Theorie über das Altern.

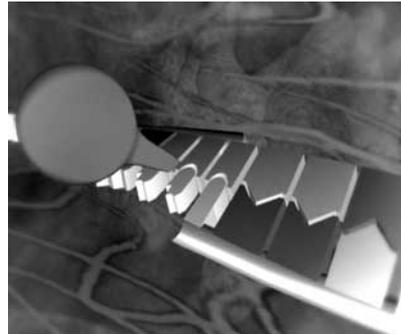
Forscher vermuten, dass für das Altern einer Zelle unter anderem genau das verantwortlich ist, was sie auch am Leben erhält: der Stoffwechsel. In jeder Zelle wird ständig Nahrung mit Sauerstoff zu Energie verbrannt. Bei diesem Umwandlungsprozess entstehen aggressive Zwischenprodukte: die so genannten freien Radikale – das sind Mole-

tem Maße gegen die freien Radikale wehren. Körpereigene Enzyme oder Stoffe, die durch die Nahrung aufgenommen werden (z. B.: Vitamin E oder Vitamin C) wirken als Radikalfänger. Sie reagieren mit den Radikalen und machen sie unschädlich (siehe auch Seite 16).

Radikale können jedoch auch in den Zellkern eindringen und das Erbgut, die DNS, schädigen. Radikalfänger wie das Vitamin C kommen dort aber nicht hin. Wie so oft in der Natur, gibt es aber noch einen zweiten „Sicherheitsposten“: Reparaturenzyme können Schäden beheben. Nur arbeiten sie nicht 100 %ig exakt, so dass sie nicht alle Schäden an der DNS flicken können. Die Folge: Die Fehler addieren sich mehr und mehr und die Zelle funktioniert immer schlechter.



**Blick in eine Körperzelle: Sie ist ständigen „Angriffen“ ausgesetzt.**



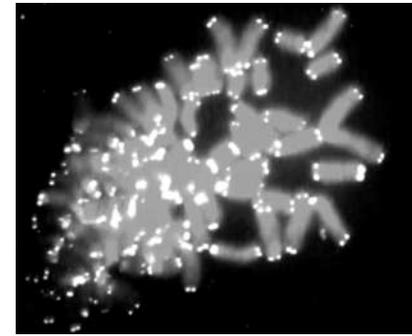
**Freie Radikale auf der zerstörerischen Suche nach Elektronen**

küle, in denen einem Sauerstoffatom ein Elektron fehlt. Sie versuchen, dieses fehlende Elektron so schnell wie möglich wieder aufzunehmen und entreißen es dabei anderen Molekülen. Dadurch wirken sie wie gefährliche Geschosse: Wo sie auftreffen, hinterlassen sie eine Spur der Zerstörung. Die Zelle kann sich in begrenz-

Besonders fatal ist die Wirkung der Radikale in den „Kraftwerken der Zelle“, den Mitochondrien. Sie haben ihre eigene DNS, können aber die Schäden, die die Radikale anrichten, nur sehr schlecht reparieren. Sind die Kraftwerke geschädigt, produzieren sie immer weniger Energie, so dass sie die Zelle schließlich nicht mehr aus-

reichend versorgen können. Langsam „geht dann der Ofen aus“: Die Zelle altert.

Dieses Modell des Alterns lässt sich leicht mit einem Auto vergleichen: Es fährt lange Zeit ohne Probleme, doch durch den Verschleiß gibt es irgendwann einen Motorschaden.



**Telomere (hier hell) sind quasi Schutzkappen am Anfang und Ende der Erbinformationsstränge – den Chromosomen.**

#### Die „Zündschnur des Todes“

Eine andere Theorie des Alterns nahm 1961 ihren Anfang: Damals machte der Biologe Leonard Hayflick eine bemerkenswerte Entdeckung: Er züchtete in einer Nährlösung Hautzellen aus Embryonen und stellte fest, dass die Zellen nach etwa fünfzig Teilungen aufhörten, sich weiter zu teilen. Es musste also eine Begrenzung der Lebenszeit in den Zellen selbst gespeichert sein. Und in



der Tat: Zellen von Ungeborenen teilen sich öfter als Zellen junger Erwachsener und diese wiederum öfter als Zellen von alten Menschen. Hayflick hatte die Zellalterung im Reagenzglas simuliert. Nach ihm wurde das „Hayflick-Limit“ benannt: Es gibt an, wie oft sich bestimmte Zellen teilen können, bevor sie zu Grunde gehen. Es stellte sich natürlich die Frage: Woher wissen die Zellen wie alt sie sind? Auch dafür fand sich bald eine Antwort: Der Schlüssel liegt in den so genannten Telomeren.

Telomere sind lange Stücke DNS an den Enden jedes Chromosoms. Sie enthalten allerdings keine wichtigen Informationen: Immer wieder wird hier die gleiche Sequenz wiederholt. Jedes Mal, wenn sich die Zelle teilt,

wird der DNS-Strang aufgespalten und kopiert. Das Enzym, das diese Kopien anfertigt (die Polymerase) benötigt aber immer ein Stück des DNS-Strangs als Halteanker. Dieses Stück kann nicht mitkopiert werden – jede erstellte Kopie ist also um eine bestimmte Telomersequenz kürzer als die Vorlage. Wenn die Telomere eine kritische Länge unterschreiten, kann die DNS nicht mehr kopiert werden. Folge: Die Zelle teilt sich nicht mehr. Sie altert und stirbt schließlich ab. Telomere sind offensichtlich eine Art „Zündschnur des Todes“.



#### Gene für ein langes Leben

Der Volksmund hat Recht: Wessen Großeltern und Eltern alt geworden sind, hat auch selbst gute Chancen auf einen langen Lebensabend. Bei Forschungen an so genannten „Steinalten“, den über Hundertjährigen, konnten inzwischen mehrere „Langlebigkeitsgene“ identifiziert

werden. Was sie genau bewirken, ist allerdings noch unklar. Mit Sicherheit gibt es kein Gen, das unwiderbringlich festlegt: „Nach 72 Jahren ist dein Leben zu Ende.“ Doch Gene bestimmen zum Beispiel, wie gut die Schutzsysteme gegen die schädigenden freien Radikale arbeiten und auch, wie gut sich ein Körper gegen Infektions- und andere Krankheiten schützen kann. Genetisch bedingt ist zum Beispiel das Vorkommen des Eiweißes „Apolipoprotein E“ (ApoE). Es existiert in drei verschiedenen Formen: Die meisten (weißen) Menschen haben die Variante ApoE3. Studien haben gezeigt, dass Menschen, die an Herzkrankheiten oder Alzheimer erkranken, stattdessen wesentlich häufiger das ApoE4-Gen tragen. Wer hingegen die ApoE2-Variante trägt, ist sogar besser vor Herzattacken und Alzheimer geschützt. Allerdings: Die Gene sind nicht für alles verantwortlich. Wissenschaftler gehen davon aus, dass die genetische Ausstattung nur zu einem Viertel bestimmt, wie alt ein Mensch

werden kann. Ernährung, Umweltbelastung und medizinische Versorgung spielen eine weitaus größere Rolle. Und noch ein Umstand ist offensichtlich von großer Bedeutung: das Geschlecht. Frauen werden in Deutschland im Durchschnitt sechs Jahre älter als die Männer. Warum das so ist, weiß niemand genau. Frauen könnten durch ihr XX-Chromosomenpaar im Vorteil sein. Auf dem X-Chromosom sitzen Gene, die helfen, Infekte abzuwehren. Männer besitzen das X-Chromosom nur in der einfachen Ausführung und können deshalb Defekte auf dem Chromosom nicht so gut reparieren wie Frauen. Folge: Sie erkranken häufiger an Virusinfektionen – und sterben auch häufiger daran. Hinzu kommt, dass vererbte Krankheiten, die auf dem X-Chromosom sitzen, bei Frauen durch das zweite X-Chromosom ausgeglichen werden können. Dies könnte auch erklären, warum schon die Säuglingssterblichkeit bei Männern höher ist.



Eine Studie der Universität Bielefeld (Eickenberg/Hurrelmann) deckt einen weiteren Faktor für die unterschiedliche Lebenserwartung auf: Männer gehen sorgloser mit ihrem Körper um. Um gesunde Ernährung kümmern sie sich weniger als Frauen. Schon Jungen essen mehr Salz, Fett und Zucker und nehmen damit erhöhte Mengen an gesättigten Fettsäuren und Cholesterin zu sich. Mädchen hingegen verzehren mehr Obst und Gemüse – und verbessern dadurch ihren Schutz gegen die freien Radikale. Und trotz aller Fettpölsterchen sind Frauen auch



das schlankere Geschlecht: Zwischen 30 und 39 Jahren sind 37 Prozent der Frauen übergewichtig – bei den Männern sind es satte 65 Prozent. Doch damit nicht genug. Die Bielefelder Studie zeigt auch: Männer rauchen mehr und trinken mehr Alkohol als Frauen. Sie verhalten sich riskanter im Sport und im Straßenverkehr. Sie gehen seltener zum Arzt und zu Früherkennungsuntersuchungen – mit Folgen: Krankheiten werden zu spät erkannt und zu spät behandelt. „Männer glauben an die eigene Unverwundbarkeit“, sagt der Bielefelder Soziologe Klaus Hurrelmann.

## 5. Wie alt bin ich wirklich?



Ranga Yogeshwar heute und mit etwa 70

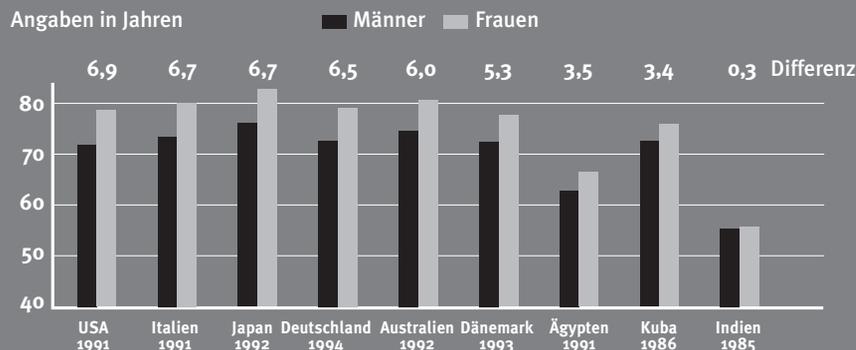
### Geburtstag und Alter

Nehmen wir an, Sie würden an Ihrem fünfzigsten Geburtstag in den Spiegel blicken. Was sehen Sie da? Einen Fünfzigjährigen? Oder haben Sie in Wirklichkeit erst 45 oder – wir wollen es nicht hoffen – doch schon 55 Jahre auf dem Buckel? Nicht immer stimmt das biologische Alter mit dem kalendarischen überein.



Zu messen, wie alt die Menschen wirklich sind, stellt nach wie vor ein Problem dar. Bis heute gibt es kein einschlägiges Verfahren dafür. Grundsätzlich lassen sich jedoch zwei Ansätze unterscheiden: Manche Forscher versuchen, das biologische Alter indirekt, über eine Art Gesundheits-Check, zu ermitteln. Andere arbeiten daran, direkte biologische Marker für das Alter zu entdecken; als einen möglichen Kandidaten haben sie die Länge der Chromosomen-Enden (Telomere) ins Auge gefasst.

## Lebenserwartung weltweit



Frauen leben länger als Männer – weltweit.



**Die Uhr tickt: Im Alter verändern sich nicht nur Gesicht und Haut. Auch die Wirbelsäule schrumpft zusammen.**

### Die Leipziger Studie

Mit Hilfe verschiedener Testverfahren versuchen seit über 25 Jahren Forscher der Universität Leipzig, das biologische Alter zu bestimmen: Sie erfassen körperliche, psychische und soziale Merkmale, bewerten sie und rechnen sie zu einem „biologischen Index“ hoch. Von dem kann dann auf das biologische Alter geschlossen werden.

Bei über tausend Leipziger Bürgern haben die Wissenschaftler zum Beispiel den Blutdruck gemessen,



**Das Handwerkszeug der Altersforscher**

Ohren, Augen, Herz und Lunge untersucht, Konzentrationsfähigkeit, Reaktionsvermögen, Gedächtnis und Befindlichkeit bestimmt und sie nach ihren Beziehungen zu anderen Menschen befragt. Zwar haben sie dabei im Laufe der Jahre das Verfahren immer mehr verfeinert. Kritiker wenden jedoch ein, dass keine dieser Methoden die fundamentalen Prozesse des Alterns erfassen würde. Die Frage „Was messen wir wirklich?“, räumt auch der langjährige Leiter des Projekts Professor Werner Ries ein, sei nur sehr schwer zu beantworten. Dennoch sind er und seine Mitarbeiter davon überzeugt, sich dem biologischen Alter zumindest annähern zu können.

Zum Beispiel misst man die Reaktionszeit, die im Laufe des Lebens zunimmt. Grobe Hinweise auf das körperliche Alter liefert aber auch ein Handkraftmesser oder ein orthopädischer Winkelmesser, mit dem die Dehnbarkeit der Kleinfingerge- lenke ermittelt werden kann.

Die Leipziger Forscher stellten fest, dass das biologische vom kalendarischen Alter schon mal zehn oder fünfzehn Jahre abweichen kann – nach oben oder nach unten. Besonders schlecht schneiden Schichtarbeiter ab, sowie Menschen, die jahrelang in Braunkohlegruben gearbeitet haben und Staub und Lärm ausgesetzt waren. Auch Raucher und Übergewichtige altern nach den Messmethoden der Leipziger Forscher schneller.

Untersuchung muss man aus den weißen Blutkörperchen der Blutprobe das Erbgut isolieren. Daraus werden dann die Telomere mit chemischen Mitteln gezielt abgetrennt und ihre Länge bestimmt.

Lange Zeit dachten Forscher, der Strang, der bei jeder Teilung abgetrennt wird, sei immer gleich lang. Privatdozent Dr. Thomas von Zglinicki von der Berliner Charité vermutet jedoch, dass sich die Telomere offensichtlich um so schneller verkürzen, je stärker sie den aggressiven freien Radikalen ausgesetzt sind. Die Länge der Telomere könnte also ein Maßband für das biologische Alter eines Menschen sein.

Die freien Radikale – so vermutet man – führen außerdem zu Gefäßverstopfungen, die einen Schlaganfall auslösen, wenn zu wenig Blut das Gehirn erreicht. Und tatsächlich: Schlaganfallpatienten besitzen häufig besonders kurze Telomere. In Zukunft könnte man möglicherweise das Schlaganfallrisiko eines Menschen über eine Telomermessung herausfinden.



Die geistige Beweglichkeit ist ein weiterer Faktor bei der Bestimmung des biologischen Alters. Auf der Umschlagrückseite haben wir einen so genannten Farb-Wort-Test für Sie abgedruckt. Dabei sind vier verschiedene Farb-Wörter in verschiedenen Farben abgedruckt. So erscheint das Wort „BLAU“ z. B. in gelber Farbe. Versuchen sie nun, beim lauten Lesen der Spalte, immer die Farbe zu benennen, in der das Wort gedruckt ist; bei dem eben genannten Beispiel wäre das also „Gelb“. Junge Menschen machen dabei weniger Fehler, weil sie im Allgemeinen eine höhere geistige Flexibilität besitzen.

B L A U  
G R Ü N  
G E L B  
R O S A  
B L A U  
G R Ü N  
B L A U

### Der genetische Altersmesser

Ein paar Tropfen Blut könnten bald vielleicht reichen, um das biologische Alter des Menschen besser bestimmen zu können. Ansatzpunkt sind die Chromosomen-Enden – die so genannten Telomere. Die werden im Laufe des Lebens immer kürzer; nämlich jedes Mal, wenn sich eine Zelle teilt (siehe Seite 11). Für die

### Wie alt ist Dolly?

Klon-Schaf Dolly hat eine Zeugung der besonderen Art hinter sich. Zuerst entnahmen die Wissenschaftler einem Schaf unfruchtete Eier. Mit einer Spezialtechnik wurde das Erbgut aus diesen Eiern entfernt. Einem anderen Schaf entnahmen die Wissenschaftler Zellen aus dem Euter. Der dritte Schritt bestand darin, beide Zellen miteinander zu verschmelzen. Diese zusammengesetzte Zelle begann sich zu teilen und



**Dolly ist das erste Lamm, das aus Zellen eines erwachsenen Tieres geklont wurde.**

wurde in die Gebärmutter eines weiteren Schafes eingepflanzt. Dieses Schaf trug dann Dolly aus. So gesehen besitzt Dolly drei Mütter, aber keinen Vater. Am 5. Juli 1996 erblickte sie dann das Licht der Welt. Aber wie alt ist Dolly wirklich? So alt wie ihre „Geburtsurkunde“ vermuten lässt – oder so alt wie die Zelle ihrer Mutter, aus der sie entstand? Im Sommer 1999 steht fest: Dolly ist genetisch gesehen eine Rentnerin. Nach der Länge ihrer Telomere ist sie bereits neun Jahre alt. Normalerweise leben Schafe nur etwa zehn Jahre. Äußerlich scheint sie allerdings noch in der Blüte ihres Lebens zu stehen. Jetzt dürfen wir gespannt sein, ob Dolly die nächsten Jahre übersteht. Möglicherweise müssten die Forscher dann die Rolle der Telomere beim Altern überdenken.

## 5. Was kann man gegen das Altern tun?

### Vitamine & Co

Mit dem Kampf gegen das Altern lassen sich gute Geschäfte machen. Zahllose Mittelchen – Vitamine, Hormone und Antifaltencremes – werden angepriesen und im Versandhandel oder über das Internet vertrieben. Das Fazit unserer Recherchen ist allerdings ernüchternd: Die meisten sind teuer und so gut wie keines bringt etwas.

- Als Altersbremse stehen die sogenannten „Radikalfänger“ (Antioxidantien) hoch im Kurs. Unser Körper nutzt sie, um unsere Zellen vor freien Radikalen zu schützen, die dort ständig gebildet werden. Einige dieser Radikalfänger produziert unser Körper selbst. Andere muss er über die Nahrung aufnehmen: **Vitamin E** und **C** und auch **Beta-Carotin** (Provitamin A). Entscheidend ist dabei, dass immer mehrere Radikalfänger Hand in Hand zusammenarbeiten. Ein ausgewogenes Verhältnis zwischen



Anti-Alterns-Pillen im Internet: Keine Wirkung für viel Geld



Die Anti-Alterns-Pillen der Life Extension Foundation enthalten unter anderem als Tagesdosis 2800 Milligramm Vitamin C, 750 Milligramm Vitamin E und 30 Milligramm Beta-Carotin.

den verschiedenen Antioxidantien im Körper ist deshalb besonders wichtig.

Ob „Megadosen“ von Vitaminen tatsächlich die versprochene Wirkung gegen das Altern haben, ist sehr fraglich. „Viel hilft viel“ trifft nicht immer zu: Bestenfalls scheidet der Körper wieder aus, was er nicht braucht. Die Überdosierung von einzelnen Vitaminen kann unter Umständen sogar gesundheitsschädlich sein: So erhöht zum Beispiel die Einnahme von hohen Dosen Beta-Carotin bei Rauchern die Lungenkrebsrate.

Die Deutsche Gesellschaft für Ernährung (DGE) empfiehlt Erwachsenen als Tagesdosis 75 Milligramm Vitamin C, zwölf Milligramm Vitamin E und zwei Milligramm Beta-Carotin. Diesen Bedarf decken Sie mit täglich ein bis zwei Apfelsinen, einem Hühnerei und einer Möhre.



- **Antifaltencremes** bringen nach einer Untersuchung der Zeitschrift Ökotest (April 1997) denkbar wenig: Sichtbare Falten wie z. B. Mimikfalten

sind etwa 0,3 Millimeter tief. Antifaltencremes schaffen aber nur eine Glättung von etwa  $\frac{1}{100}$  Millimeter; dies sind nur rund drei Prozent. Für einen sichtbaren Effekt ist das viel zu wenig. Auch die teuersten Produkte sind nicht besser als z. B. eine günstige Creme.

- In den USA ist ein Medikament zu einem wahren Anti-Alterns-„Renner“ geworden: **Melatonin**. Über die Wirkungsweise von Melatonin gibt es bisher jedoch kaum zuverlässige Studien. Normalerweise ist Melatonin ein Hormon der Zirbeldrüse, das während der Nacht ausgeschüttet wird und den Schlaf-Wach-Rhythmus steuert. Man setzt es deshalb als Mittel gegen den Jetlag oder als Schlafmittel ein. Je älter ein Mensch wird, desto weniger Melatonin schüttet er aus. Clevere Anbieter schließen daraus, dass eine erhöhte Zufuhr von Melatonin das Altern aufhalten müsste. Melatonin wirkt auch gegen freie Radikale, allerdings nur in extrem hohen Konzentrationen, die in dieser Menge selbst im Körper junger Menschen nicht ausgeschüttet werden.



- Mit zunehmendem Alter produziert der Körper eine ganze Reihe von Hormonen in immer geringerem Maße. Ähnlich wie beim Melatonin werden deshalb auch diese Hormone als Mittel gegen das Altern angeboten – nach der Devise: Wenn der Körper sie nicht selbst produziert, muss man sie eben von außen zugeben. Allerdings funktioniert der Körper nicht so einfach, machen möchte. Der Hormonspiegel ist Teil eines ä-



berst sensiblen Gleichgewichts. Wahrscheinlich funktionieren gewisse Regelkreise im Alter anders. Da kann die übermäßige Zufuhr einzelner Hormone das ganze System aus dem Gleichgewicht bringen. Angeboten wird zum Beispiel das männliche Geschlechtshormon „DHEA“ (Dehydroepiandrosteron). Bei einer regelmäßigen Einnahme von zehn Milligramm pro Tag wird unter anderem eine positive Wirkung auf Gehirnfunktion und Gedächtnis versprochen. Mit ganz ähnlich aufgebauten Medikamenten werden aber in dieser Konzentration normalerweise Autoimmunkrankheiten wie Rheuma therapiert. Nebenwirkungen, die bei diesen Konzentrationen auftreten können sind zum Beispiel Knochenabbau, Förderung der Zuckerkrankheit, Haut- und Muskelschäden sowie die unerwünschte Unterdrückung des Immunsystems.

genes Enzym, das Zellen unsterblich macht – könnte es als Jungbrunnen wirken? Forscher der Universität von Texas machten Anfang 1998 Schlagzeilen (Science, 16.1.1998), als sie das Gen für die Herstellung der Telomerase in menschliche Zellen einpflanzten.

Die Bindegewebszellen in dem Experiment alterten daraufhin nicht zum erwarteten Zeitpunkt. Nach Auskunft der Forscher, die das Experiment durchführten, teilen sich die Zellen sogar heute, zwei Jahre später, immer noch.

Manche hatten befürchtet, dass bei diesem Experiment Krebszellen entstehen könnten. Das ist jedoch nach Auskunft der Forscher bisher nicht passiert. Offensichtlich ist es erst das Zusammenspiel mehrerer Faktoren, die eine Zelle zur Krebszelle macht.

Ein echter Jungbrunnen wird die Telomerase wohl nie werden können. Denn die Telomere spielen für das Altern nur in solchen Zellen eine Rolle, die sich noch teilen, zum Beispiel in der Haut oder in der Leber. Bei so wichtigen Geweben wie dem Gehirn oder dem Herzmuskel hat die Telomerase aber keine Bedeutung.

### Jungbrunnen Telomerase?



Es gibt Arten von Zellen, bei denen die Verkürzung der Telomere – also die „Zündschnur des Todes“ – wirkungslos bleibt (siehe Seite 11): Keimzellen und Krebszellen können die brennende Zündschnur wirkungsvoll löschen. Sie produzieren dazu das Enzym

Telomerase, das die verkürzten Enden des DNS-Stranges nach der Zellteilung wieder verlängert. Die Lebensdauer der Zellen wird dadurch praktisch ins Unendliche gesteigert – sie werden unsterblich. Ein körpere-

Schon in den 30er Jahren gelang es dem Forscher Clive M. McCay, Ratten zu einem längeren Leben zu verhelfen: Sie wurden kalorienarm ernährt. Bis zum heutigen Tag scheint das die einzige Methode zu sein, mit der zukünftig eventuell auch das Leben von Menschen verlängert werden kann. Professor Richard Weindruch von der Universität von Wisconsin hat das Experiment mit den Mäusen wiederholt und untersucht zurzeit die Auswirkungen auf Affen. Anstatt mit etwa 670, müssen sie täglich mit

### Weniger essen hält jung



Abendessen von „Yorick“: ein Apfel ...

480 Kalorien auskommen. Die These von Richard Weindruch: Wenn sich herausstellt, dass die Affen länger als gewöhnlich leben, könnte kalorienreduzierte Ernährung ein Schlüssel für ein längeres Leben auch bei uns Menschen sein.

Wieso aber könnte eine spezielle kalorienreduzierte Ernährung überhaupt Auswirkungen auf das Altern haben? Die gesamte Nahrung, die wir aufnehmen wird im Körper „verbrannt“. Der Prozess heißt „Stoffwechsel“ und liefert den Zellen die nötige Energie. Bei dieser Verbrennung entstehen aber auch aggressive Substanzen. Es sind die freien Radi-

kale, die maßgeblich für den Alterungsprozess verantwortlich gemacht werden (vgl. Seite 10).

Professor Weindruch hat das überzeugt und er selbst ernährt sich bereits kalorienreduziert.

Wie es der Zufall will, unterstützte ein ganz besonderes Projekt ungewollt Weindruchs These: Anfang der 90er Jahre versuchte man in der Wüste von Arizona eine Miniaturausgabe der Welt in ein riesengroßes Glashaus zu packen. Dieses Experiment ist unter dem Namen „Biosphäre 2“ bekannt geworden. Acht Forscher wollten dort für zwei Jahre völlig abgeschottet von der



So wie im Bild rechts sähe eventuell der Mittagstisch für einen Menschen aus, der sich eines langen Lebens erfreuen möchte.

### normale US-amerikanische Mahlzeit

1268 Kalorien, davon 33 % aus Fetten, 22 % aus Proteinen und 45 % aus Kohlenhydraten

- Grillsteak
- Erbsen
- Mohrrüben
- gebackene Kartoffel mit Sauerrahm
- Weißbrot und Butter
- dazu:
- grüner Salat, Tomaten mit Dressing
- Apfelstrudel
- 1 Glas Mineralwasser

### kalorienreduzierte Mahlzeit nach Prof. Weindruch

940 Kalorien, davon 18 % aus Fetten, 32 % aus Proteinen und 50 % aus Kohlenhydraten

- Lachs
- Kürbis und Gurken
- Brokkoli
- Süßkartoffel
- ungeschälter Reis
- Spinat
- Sojabohnen
- dazu:
- Joghurt mit Bierhefe
- Fruchtsalat
- 1 Glas entrahmte Milch



„Biosphäre 2“: die ganze Welt auf 12 000 Quadratmetern

äußeren Umwelt überleben. Doch die Ernte fiel schlecht aus, und so mussten die Forscher eine Zeit lang ebenfalls kalorienreduziert leben. Bei ihnen haben sich die gleichen Werte eingestellt, wie auch bei Weindrucks Mäusen und Affen.

### Risiken und Nebenwirkungen

Aber auch wenn Einiges darauf hindeutet, dass die Theorie richtig ist: Machen Sie keinen Selbstversuch!! Insbesondere Kinder, Jugendliche und junge Erwachsene bis zum 20. Lebensjahr dürfen mit einer derartig kalorienreduzierten Ernährung nicht beginnen. Solch eine Diät kann wachstumshemmend sein und das ist natürlich schädlich! Auch darf die Ernährungsumstellung nicht zu krass sein. Sie müsste sich über mindestens drei Monate hinweg ziehen und zudem mit dem Hausarzt gemeinsam geschehen. Nur der kann die entsprechenden Werte von Blutzucker und Cholesterin überprüfen und daran erkennen, ob die Ernährung „richtig“ eingestellt ist. Insbesondere muss das Essen mit Kohlenhydraten aus Vollwertgetreide, Früchten und Gemüse aufgestockt werden. Die Diät darf zudem nicht dazu führen, dass wichtige Nähr- und Vitalstoffe wie Vitamine und Mineralien in zu geringer

Menge aufgenommen werden. Weiteres Risiko: Die Widerstandskraft gegenüber verschiedenartigen Stressfaktoren etwa bei Verletzungen, Infektionen oder extremen Temperaturen kann abnehmen.

„No sex“

Manche Forscher haben entdeckt, dass menschliche Kastraten besonders alt wurden.

Eine groß angelegte Studie aus dem Jahr 1998 belegt: Frauen, die keine Kinder bekommen können, leben länger als mehrfache Mütter. Untersuchungen haben die Wissenschaftler über 30 000 britische Adelige der letzten 1200 Jahre. In diesen Kreisen war Nachwuchs, insbesondere männlicher, überaus erwünscht, damit die Adelslinie erhalten blieb. Bei kinderlosen Ehen innerhalb der Adelshäuser gingen die Wissenschaftler daher davon aus, dass dies wahrscheinlich an der Unfruchtbarkeit wenigstens eines der Ehepartner lag. Etwa die Hälfte der Frauen, die über 81 Jahre alt wurden, waren kinderlos. Diese Erkenntnis ist daher ein Hinweis darauf, dass Unfruchtbarkeit die Lebensdauer verlängert. Was für uns Menschen noch nicht endgültig geklärt ist, wurde für Fruchtfliegen und Fadenwürmer in Laborexperimenten längst bewiesen. In einem Versuch stellten Wissenschaftler der Universität von Kalifornien fest, dass nur ein kleiner Eingriff nötig war, um die Lebensspanne des Fadenwurms „Caenorhabditis elegans“ zu verdoppeln. Normalerweise wird dieser höchstens drei Wochen alt. Doch mit einem kleinen Trick verlängert man sein Leben auf sechs Wochen. Lediglich zwei Zellen müssen dafür bei jungen Artgenossen entfernt werden. Aber nicht irgendwelche Zellen, sondern genau

die, aus denen sich bei einem erwachsenen Wurm die Eier, bzw. Spermien entwickeln. Mit einem feinen Laserstrahl werden bei den betäubten Würmern diese Zellen zerstört. Fehlen die Geschlechtszellen, läuft der Alterungsprozess langsamer ab.

Der Effekt der Sterilisation ist eindeutig. Aber bis heute ist unklar, warum die Würmer so viel älter werden. Vermutlich senden die Geschlechtszellen Signalstoffe aus, welche die Aktivität eines bestimmten Wachstumsfaktors regulieren. Dieser wiederum steuert die Alterungsgeschwindigkeit des Fadenwurms. Sind die Geschlechtszellen nicht vorhanden, werden auch keine Signalstoffe freigesetzt. Der Wurm altert langsamer.



Länger leben durch Sterilisation: Bei Fadenwürmern klappt's!

Wer sich nun sterilisieren lassen möchte, um besonders alt zu werden, sollte zuvor auf jeden Fall sicherstellen, dass er ein Fadenwurm ist ...

### An Stelle eines Fazits

*Ein Mensch mit hoher Lebenserwartung wäre eine unfruchtbare oder vorsorglich sterilisierte nicht-rauchende (kaukasische) Frau mit hohem Harnsäurespiegel (möglicherweise Gicht), die nur geringem Stress ausgesetzt ist. Sie würde insgesamt eher zur geistigen und körperlichen Trägheit neigen und seit ihrer Geburt hungern. Sie hätte Eltern, die selbst sehr alt geworden sind, aber zum Zeitpunkt ihrer Geburt jung waren. Sie würde gerade in ihrer Jugend mindestens acht Stunden täglich schlafen, gerne Distelöl, Fischöle, vernünftige Mengen an Vitamin E und Knoblauch essen, kalorienreiche Nahrung dagegen meiden und täglich mindestens einmal heftig lachen. Ihre Intelligenz wie auch ihr Einkommen wären nicht besonders hoch, obwohl sie nicht arm sein dürfte. Infektionskrankheiten würde sie im Erwachsenenalter mit allen Mitteln aus dem Weg gehen, im Kindesalter allerdings in Kauf nehmen. Sie würde sich regelmäßig waschen und ihre Zähne putzen. Ihr Melatoninhaushalt müsste bis in ein hohes Alter normal sein. Um keinen Unfall zu erleiden würde sie selten das Haus verlassen, öffentliche Straßen und lange Reisen meiden und sich im Auto immer anschnallen. Am Sonntag würde sie zur Kirche gehen ...*

Michael Redecke, Berlin

## 6. Lesetipps



John J. Medina

### Die Uhr des Lebens

Wie und warum wir älter werden  
Birkhäuser Verlag 1998  
(ISBN 3-7643-5810-6): 49,80 DM  
*Als Einstieg in das große Thema gut geeignet: In allgemein verständlicher Form beschreibt Medina, wie und warum wir altern. Er stellt die Alterungsprozesse der verschiedenen menschlichen Organe dar, greift aber auch die komplizierten wissenschaftlichen Theorien des Alterns auf und erklärt sie auf einfache Weise.*

Leonard Hayflick

### Auf ewig jung?

#### Ist unsere biologische Uhr beeinflussbar?

vgs Verlagsgesellschaft 1996  
(ISBN 3-8025-1310-X): 39,80 DM  
*Hayflick gehört zu den Pionieren der Alternsforschung. Seit er in den 60er Jahren entdeckte, dass auch Zellkulturen altern, gilt er als Autorität auf diesem Gebiet. In dem Buch fasst er Erfahrungen und Erkenntnisse aus mehr als 30 Jahren Forschungsarbeit zusammen.*

Christoph Wilhelm Hufeland

### Die Kunst, das menschliche Leben zu verlängern

Insel 1995 (ISBN: 3-4583-3406-8): 16,80 DM  
*Ein Reprint der Ausgabe des ersten Buches über Alternsforschung aus dem 19. Jahrhundert.*

### Altern

(Themenheft Praxis der Naturwissenschaften – Biologie, 6/48)  
Aulis Verlag 1999, 18,75 DM incl. Porto  
*Das Themenheft behandelt die wichtigsten Fassetten der Alternsforschung bei Menschen, Tieren und Pflanzen in meist verständlichen Artikeln; mit Schulbezug.*

Richard Weindruch

### Länger leben bei karger Kost?

in: Spektrum der Wissenschaft, März 1996:  
S. 74–88  
*Deutscher Artikel des amerikanischen Forschers, den wir in Kapitel 6 vorgestellt haben.*

## 7. Index

Age-Simulator	4	Kastration	20f
Alter, kalendarisches und biologisches	13ff	Kinderlosigkeit	20f
Altern	9f	Klonen	15
Altersdiabetes	9	Langlebigkeitsgene	11
Alterungssimulator	4	Lebenserwartung	5f, 12f
Anti-Alterns-Pillen	16ff	Leipziger Studie	14f
Anti-Faltencremes	17	Melatonin	17
Bevölkerungspyramide	5	Methusalem	7
Biosphäre 2	20	Mitochondrien	10
Calment, Jeannette	6f	Radikalfänger	10
Diät	18ff	Sterilisation	20f
Dolly	15f	Stoffwechsel	10
Ernährung, kalorienreduzierte	18ff	Süßwasserpolyp	8f
Fadenwurm	20f	Telomerase	18
Farb-Wort-Test	15, Umschlagsrückseite	Telomere	11, 15f
Fortpflanzung, sexuelle	9	Unsterbliche Wesen	8
Fortpflanzung, ungeschlechtliche	8f	Vitamine	10, 16f
freie Radikale	10	Weltbevölkerung	5
Gene	11	Zucker-Krankheit	9
Hayflick-Limit	11		
Hormone	17f		
Hundertjährige	6f		