



1 Verkürzung der Telomeren bei der Replikation: a) ohne Telomerase, b) mit Telomerase

## Altern und Tod

### Maximale Lebensdauer von Pflanzen

(in Jahren)	
Eichenfarn	7
Haselnuss	120
Birnbaum	300
Zeder	1300
Mammutbaum	4000
Grannenkiefer	4700

### Maximale Lebensdauer von Tieren

(in Tagen bzw. Jahren)	
Rädertierchen	2–3 T
Taufliege	46 T
Regenwurm	10 J
Gorilla	60 J
Stör	152 J

### Lebensdauer von Zellen des Menschen

(in Tagen)	
Leberzelle	10-20
Dünndarmzelle	1,3-1,6
Weißer Blutzelle	1-3
Rote Blutzelle	120

Die Haut des Patienten ist faltig, die Haare grau, er leidet an Arthrose und Grauem Star. Man könnte ihn für einen Greis halten, tatsächlich ist er aber erst 12 Jahre alt und leidet am äußerst seltenen *Werner-Syndrom*: Mutationen auf Chromosom 8 haben einen veränderten Replikations-Enzym-Komplex hervorgebracht und lassen die Entwicklung im Zeitraffer ablaufen. Folgt auch das normale Altern einem genetischen Programm oder handelt es sich um einen Verschleiß von Zellen und Organen?

Für jede Organismenart lässt sich ein spezifisches Höchstalter angeben, das nur selten überschritten wird (s. Randspalte). Es erreichen heute zwar mehr Menschen das Greisenalter, aber nach wie vor wird kaum ein Mensch über 120 Jahre alt, besonders langlebige Menschen kommen nicht selten gehäuft in bestimmten Familien vor. Bei der Taufliege *Drosophila* und beim Fadenwurm *Caenorhabditis elegans* lassen sich langlebige Stämme züchten. Es wurden Gene identifiziert, die Lebenserwartung und Altern beeinflussen.

Die meisten Zellen in den Geweben eines Organismus erreichen bei weitem nicht das Lebensalter des Individuums und müssen durch neue Zellen ersetzt werden (s. Randspalte). Auch in Zellkulturen gehen sie nach 50 bis 60 Zellteilungen zugrunde. Die Lebensuhr der Zelle tickt mit jedem Zellzyklus. Das Zählwerk befindet sich in den *Telomeren* der Chromosomen (s. Seite 117), sie werden bei jeder Replikation verkürzt (Abb. 1). Wenn die

Telomeren verbraucht sind, erliegt die Zelle dem *programmierten Zelltod*. Unbegrenzt teilungsfähige Zellen (Stammzellen, Tumorzellen) können mit dem Enzym *Telomerase* die Telomeren-DNA nachsynthetisieren, sie bleiben daher unbegrenzt teilungsfähig. Ob man über die Beeinflussung der Telomerase auch das Lebensalter einer Zelle beeinflussen kann, ohne dass daraus eine Tumorzelle entsteht, ist unklar.

Aber auch Nerven- und Herzmuskelzellen altern und sterben, obwohl sie sich so gut wie gar nicht teilen. Hier spielt die Telomerenverkürzung also eine untergeordnete Rolle. Bei ihnen stellt man allerdings eine allmähliche Anhäufung von Schadstoffen fest. Reaktive Sauerstoff-Radikale bilden sich bei der Zellatmung in den Mitochondrien und rufen oxidative Schäden an Nucleinsäuren, Proteinen und Lipiden hervor. Sind Antioxidantien aus der Nahrung nicht in ausreichender Konzentration vorhanden, können geschädigte Zellen absterben. Die zelluläre Schadensuhr bestimmt die mittlere Lebensdauer eines Individuums. In stoffwechselaktiven Zellen bzw. Organismen häufen sich besonders schnell Schadstoffe an, hier ist der Verschleiß größer. Das könnte die im Vergleich zu großen Tieren geringere Lebenserwartung kleinerer, und damit stoffwechselaktiverer Arten erklären.

Das Altern von Zellen hat also genetische und physiologische Ursachen und kann mit einer Theorie alleine nicht befriedigend erklärt werden.