Das Geheimnis des Grottenolms

Was lässt Elefanten, Papageien oder Schildkröten alt werden, während Mäuse, Kolibris oder Würmer jung sterben? Genforscher glaubten das Rätsel fast schon gelöst zu haben – bis ein Amphibium die Theorien wieder in Frage stellte.

VON CINTHIA BRISEÑO

60 JAHRE

Meeresschildkröten überlebten Dinosaurier und Kontinental-verschiebungen. Nur die wenigsten werden geschlechtsreif – der Mensch ist ihr größter Feind.

ANDY ROUSE

George hat die Langsamkeit für sich entdeckt. Interessiert reckt er seinen schrumpeligen Hals in die Luft, fokussiert schauen die schwarzen Pupillen auf die andere Seite des kleinen, schlammigen Wassertümpels, wo der Tumult ist. Für einen kurzen Moment scheint es, als wolle George sofort dorthin eilen und nachsehen, was da vor sich geht. Dann setzt er zum ersten Schritt an. Langsam. Sehr langsam. Behäbig, als falle ihm das Gehen schwer. Als geriete der Fluss der Nervensignale vom Gehirn zu den ledrigen Beinen immer wieder ins Stocken. Und als wollte George sagen: „Zeit spielt für mich keine Rolle."

Vielleicht ist innere Gelassenheit Georges Geheimnis vom fast ewigen Leben. Die Riesenschildkröte, die seit den siebziger Jahren in der Charles Darwin Research Station auf der Galápagos-Insel Santa Cruz lebt, könnte das allerletzte bekannte Exemplar der Unterart Chelonoidis nigra abingdoni sein. So genau weiß das keiner.

Selbst wenn es zur Freude von Biologen irgendwo noch andere Individuen von Chelonoidis nigra abingdoni geben sollte: Einer Schildkröte, die fast 40 Jahre nach ihrer Entdeckung auf der Insel Pinta „Lonesome George" heißt und als letztes lebendes Exemplar dieser Unterart in Fachbüchern beschrieben ist, mag keiner mehr diesen traurigen Titel streitig machen.

George ist es naturgemäß egal, welchen Namen er trägt. Das gepanzerte Tier hat sich zeit seines Lebens, wenn überhaupt, nur für eine Sache erwärmen können: hin und wieder fressen. Ebenso behäbig, wie sich der graue Riese fortbewegt, zermalmt sein Kiefer die frischen Blätter, die ihm einer der Tierpfleger von der Forschungsstation bereitgelegt hat. Eines nach dem anderen. Nur nicht hetzen.

Seit Jahrzehnten geht George so durchs Leben. 60 Jahre ist er mindestens alt. Vielleicht aber auch 90. Und wenn er nicht vergiftet, von einem Auto überfahren oder schwer krank wird, frisst er auch noch in 80 Jahren frische Blätter. Seine Tierpfleger indes werden andere sein.

Viele Schildkröten verweigern stur das Altern. Fast als ob sie die Fähigkeit besäßen, das Ticken ihrer inneren Uhr zu stoppen. Angeblich lebte das Seychellen-Riesenschildkröten-Männchen Adwaitya, der Einzige, wie sie ihn nannten, gute 250 Jahre, bevor er im März 2006 im Zoo von Kalkutta an einer Infektion starb.

Britische Seefahrer hatten Adwaitya in das koloniale Indien gebracht. Seit 1875 befand er sich im Zoo, so ist es in den Unterlagen nachzulesen. Damals herrschte Königin Victoria über das Empire, Bayerns König Ludwig II. ließ gerade Schloss Linderhof erbauen. Und ein Mensch hatte eine Lebenserwartung von nicht mal 40 Jahren.

Schildkröten sind nicht die einzigen Geschöpfe, die scheinbar außerhalb der Zeit leben. Wer durch die kargen Hügel in den kalifornischen White Mountains auf einer Höhe von mehr als 3000 Metern wandert, ist fasziniert von den bizarren Kiefern, die sich in den steilen Schotterhängen festgeklammert haben. Jede für sich präsentiert sich mit ihrem gewundenen Stamm und mit den wüstenähnlichen Landschaften im Hintergrund als einzigartiges Kunstwerk.

Und jede von ihnen beherrscht die Kunst des langsamen Wachstums. Für wenige Zentimeter Umfang brauchen die immergrünen Bäume mitunter ein Jahrhundert. Es verwundert also nicht, dass man in den White Mountains gleich auf mehrere Exemplare von Pinus longavea stößt, die über 4000 Jahre alt sind. Eines von ihnen trägt den Namen Methuselah, es zählt fast 4800 Jahre, wie man von den Jahresringen weiß. Der biblische Methusalem mit seinen 969 Jahren ist dagegen ein Dreikäsehoch.

Andere Vertreter der Langsamkeit leben in den Ozeanen. Die Schwämme, wissenschaftlich Porifera, hocken ihr ganzes Leben lang an einem Fleck und tun dabei augenscheinlich nichts. Im Südpolarmeer fanden Forscher einen Schwamm, der schätzungsweise 10 000 Jahre alt ist. Eine Regung seines porösen Körpers kann viele Stunden dauern, zu sehen ist das aber höchstens auf Zeitrafferaufnahmen.

Neben der Langsamkeit bergen sie ein biochemisches Geheimnis für langes Leben. Was für die Schildkröte der schützende Panzer ist, ist für Schwämme ein Cocktail aus Substanzen, mit dem sie quasi durchtränkt sind: Glykoproteine als Gefrierschutz, Toxine gegen Fressfeinde, antibiotische Stoffe gegen Bakterien.

Die Natur scheint unzählige Uhrwerke erschaffen zu haben, die mit unterschiedlicher Geschwindigkeit ticken.

Manche Eintagsfliegenart weilt als erwachsenes Tier weniger als eine Stunde unter den Lebenden, die Taufliege Drosophila melanogaster wird gut einen Monat alt, der etwa einen Millimeter große Fadenwurm Caenorhabditis elegans wandert nach knapp drei Wochen ins Jenseits. Eine Hausmaus wird etwa zwei bis drei Jahre alt, beim Schimpansen sind es in Gefangenschaft sechs Jahrzehnte. Andere Säugetiere wie die Wale bringen es mitunter auf 100 Jahre.

Was aber sind die genetischen Bausteine, die den Rhythmus des Lebens festlegen? Was lässt Elefanten, Papageien oder Schildkröten alt werden, während Mäuse, Kolibris oder Würmer jung sterben?

Als vorteilhaft erweist sich in jedem Fall der Schutz vor Krankheit und Gefahren. Haus- und Zootiere leben oft viel länger als ihre Artgenossen in freier Wildbahn. Ein wildlebender Afrikanischer Elefant kann 60 Lenze erreichen, im Zoo hat es das eine oder andere Exemplar schon bis zum Greisenalter von 80 Jahren geschafft. Gleiches gilt für Bären, Affen, Vögel – menschliche Obhut schützt vor Gevatter Tod.

Das natürliche und einzig wirkliche Ziel jeden Lebens aber ist die Weitergabe der eigenen Gene an die Nachkommen. Glücklich dürfen die Menschen sich schätzen, weil ihnen nach der Paarung noch so viel Zeit für Brutpflege, Aufzucht, aber auch für viele Jahre danach gegeben ist. Die pazifischen Lachse etwa verzichten völlig auf einen Lebensabend. Nach jahrelangem Aufenthalt im Meer, wo sie zu geschlechtsreifen Tieren heranwachsen, kehren sie lediglich zum heimatlichen Flussbett zurück, um dort nach dem Laichgeschäft zu sterben.

Evolutionär gesehen ist Altern immer eine Kosten-Nutzen-Analyse. Denn jedes Geschöpf verbraucht Energie. Und jedem Wesen, so die Theorie, steht ein gewisses Kapital an Lebensenergie zur Verfügung. Je körperlich intensiver ein Geschöpf lebt, umso schneller ist dieses Guthaben verbraucht – und desto effektiver muss die Produktion der Nachkommen erfolgen.

Wie bei der Maus. In ihrem kurzen Leben produziert sie Nachkommen am Fließband. Ihr Herz schlägt 500-mal pro Minute, der Wal kommt mit 15 Schlägen in der Minute aus. Das Schildkrötenherz schlägt gar unregelmäßig. Je nach Umgebungstemperatur kann die Herzfrequenz schon mal vorübergehend ganz heruntergefahren werden, der Stoffwechsel auch. George muss also nicht zwingend essen.

1 MONAT

Die Taufliege hat eine vergleichsweise kurze Lebenszeit.

50 JAHRE

Den ältesten Buckelwal bezeugten die Zuwachsringe der Ohrzapfen.

150 JAHRE

„Lonesome George“, zwischen 60 und 90, hat noch viel Lebenszeit.

Es war der US-Biologe Raymond Pearl, der die Stoffwechselrate als Grundlage des Alterns von Organismen sah und 1928 seine „Rate of Living“-Theorie aufstellte, die auch auf Daten von Max Rubner basierte. Damals war aufgefallen, dass es beispielsweise Mäuse und Elefanten zeitlebens auf eine ähnliche Zahl von Atemzügen und Herzschlägen bringen. Pearl zufolge verhält sich die Lebenserwartung eines Organismus umgekehrt proportional zu seiner Stoffwechselrate, die wiederum abhängig von der Körpermasse ist. Der Umkehrschluss klingt verführerisch: Senkt ein Lebewesen seinen Energieumsatz, lebt es länger.

Zahlreiche Experimente schienen diese Theorie, die über eine große Zeitspanne hinweg die führende Theorie des Alterns war, zu bestätigen. So hat eine dauerhafte Diät, Wissenschaftler sprechen von Kalorienrestriktion, schon vielen Hefen, Fadenwürmern, Taufliegen, Ratten, ja sogar einigen Primaten im Labor zu einem längeren Leben verholfen. Und schließlich lebt auch der Mensch gesünder und länger, wenn er sich kalorienbewusst ernährt und sich nicht der Fettleibigkeit und ihren vielen Folgeerkrankungen hingibt.

Das Fundament der Theorie bröckelt aber. Denn was passiert mit Lebewesen, die sich körperlich schwer betätigen und dadurch ihre Stoffwechselrate erhöhen? Sport mag zwar Mord sein, eine lebensverkürzende Maßnahme ist es aber weder bei Mensch noch Tier. Und warum fallen Vögel aus der Reihe? Sie haben ähnliche Stoffwechselraten wie Säugetiere. Doch die gefiederten Geschöpfe leben meist deutlich länger als Säugetiere vergleichbarer Größe.

Im Labor der Genetiker, die mit dem Modellorganismus Caenorhabditis elegans arbeiten, stapeln sich in verschiedenen Kühlschränken Kisten mit Petrischalen. Man ahnt nicht, dass in den Hunderten Behältnissen Millionen kleiner Fadenwürmer leben, höchstens sandkorngroß.

Erst unter dem Mikroskop erkennt man ihre Struktur, wie ein Miniatur-Aal schlängelt sich Caenorhabditis elegans durch seine Lieblingsnahrung, einen Bakterienrasen, den die Forscher zuvor

AFP (U.); FIONLINE (M.); ALBERT LLEAL / MINDEN PICTURES (O.)

auf einem Agarboden ausgesät haben. Durchsichtig ist der Wurm, man erkennt Mund, Schlund, den langen Darm, Geübte am Mikroskop können sogar einzelne Nervenzellen unterscheiden.

Die Würmer in den Petrischalen sind für zahlreiche Wissenschaftler weltweit eine Fundgrube für genetische Ursachen des Alterns. Cynthia Kenyon, Professorin an der University of California in San Francisco, entdeckte vor mehr als 15 Jahren erstmals ein Jungbrunnen-Gen in dem kleinen Fadenwurm. Als sie das Gen daf-2 im Wurm derart veränderte, dass dessen Aktivität herabgesetzt wurde, schlängelten sich ihre kleinen Versuchstiere plötzlich viel länger in der Petrischale, während die genetisch unveränderten Artgenossen zur gleichen Zeit schon schlaff und unbeweglich waren.

Seither haben Genforscher mehrere solcher Gene entdeckt, die eine Rolle bei der Bestimmung der Lebensspanne spielen. Das Leben des Fadenwurms haben sie inzwischen sogar von 19 auf 126 Tage verlängern können.

Mittlerweile wissen die Forscher, dass die Manipulation dieser Langlebigkeits-Gene in jene Prozesse eingreift, die für die Steuerung von molekularen Schutzmechanismen zuständig sind. Wie etwa Reaktionen der Zelle auf Umweltgifte. Oder auf aggressive Moleküle wie Sauerstoffradikale.

Diese Ergebnisse passen gut in das Bild einer anderen Theorie, die in den fünfziger Jahren Raymond Pearls „Rate of Living"-Modell ablöste. Schon damals äußerte der Mediziner Denham Harman von der University of Nebraska den Verdacht, dass freie Radikale, die beim Stoffwechsel anfallen, wichtige Funktionen der Zelle beeinflussen, ja geradezu zerstören können.

Besonders sensibel auf die chemisch aggressiven Formen von Molekülen reagieren die Mitochondrien, jene Organellen der Zelle, die für die Energieproduktion verantwortlich sind – und für die Bildung der hochreaktiven Sauerstoffradikalen. Doch just diese greifen lebensnotwendige Moleküle an, darunter Proteine, Lipide und auch die Erbsubstanz der Mitochondrien, was nach und nach zu Organ- und Gewebeschäden führt. Verfechter der Hypothese der freien Radikale sind der Auffassung, dass die Lebensspanne vor allem durch die Anhäufung solcher Schäden definiert wird.

60 JAHRE

Im Zoo kann ein Afrikanischer Elefant auch 80 Jahre alt werden.

100 JAHRE

Der Grottenolm ist rätselhafterweise ein Methusalem der Tierwelt.

73 JAHRE

Der Graupapagei kann im Käfig ein hohes Alter erreichen.

Demnach ist jedem Geschöpf, das wirksame und beständige Schutzmechanismen besonders gegen freie Radikale in seinem Repertoire hat, ein langes Leben gewiss. Ist also Sicherheit der Schlüssel für ein langes Leben? Viele Beobachtungen sprechen dafür: gute Gene, die vor freien Radikalen schützen, ein dicker Panzer, der vor Fressfeinden sicher macht, Flügel, mit denen man Jägern davonfliegen kann, Größe, die anderen Furcht einflößt, dunkle unwirtliche Lebensräume, in die kaum ein anderes Tier eindringt.

Allerdings gibt es da noch den Grottenolm. In unterirdischen Karstgewässern Kroatiens lebt das sonderbare Tier, das sich vor allem durch seine Vorliebe für Dunkelheit auszeichnet. Vor kurzem berichteten französische Biologen von der Université Claude Bernard Lyon, auch der Grottenolm sei ein Methusalem der Tierwelt, mehr als hundert Jahre könne er alt werden.

Doch das Tier verwirrt die Wissenschaftler und stellt sie vor große Rätsel. Offenbar lässt nichts vermuten, dass die Mitglieder der Familie der Olme wacker dem Alterungsprozess trotzen. Das zarte aalähnliche Lebewesen weist kaum ein Merkmal auf, das man bisher mit einer überdurchschnittlichen Lebenserwartung in Verbindung bringt.

Während bei Amphibien normalerweise mit der Körpermasse auch die Lebenserwartung steigt, fällt der Grottenolm mit seinem Maximalgewicht von nur 20 Gramm vollkommen aus der Reihe. Und überhaupt: Weder ist sein Energieumsatz besonders gering, noch besticht er durch einen besonders ausgeprägten Mechanismus gegen freie Radikale. Lediglich das Fressen kann er mitunter über Jahre aussetzen.

Für die Alternsforscher, die das Mysterium der Langlebigkeit schon fast ergründet glaubten, war das eine frustrierende Erkenntnis. Sie resultiert aus einem Experiment, das bereits 1952 in einer Höhle im französischen Pyrenäendorf Moulis begann. Damals starteten Biologen dort ein Grottenolm-Zuchtprogramm. Inzwischen wird die Grotte von über 400 Tieren bevölkert, sämtliche Nachkommen und Todesfälle haben die Wissenschaftler seither registriert. Die ältesten Olme sind mindestens 48 Jahre alt – und zeigen keinerlei Anzeichen von Alterung.

Ob die jetzt noch lebenden Forscher das Geheimnis des Grottenolms knacken werden, bleibt fraglich.

ALFRED SCHAUHUBER / ZOONAR.COM (U.); PHILIPPE PSAILA / AGENTUR FOCUS (M.); JOEL SARTORE (O.)