



Altern und Tod:

Nichts ist für die Ewigkeit

KONSTANTIN BÖRNER

Der Traum vom ewigen Leben ist vermutlich genauso alt wie die Menschheit selbst. Um ein Verständnis der zugrundeliegenden Mechanismen zu entwickeln, ist es hilfreich, sich zunächst mit dem Alterungsprozess zu befassen. Unser Autor und Wildbiologe Konstantin Börner zeigt gleichzeitig auf, welche Bedeutung Alterungsprozesse für unsere Wildtierpopulationen haben.

Der Traum vom ewigen Leben ist vermutlich genauso alt wie die Menschheit selbst. Tatsächlich scheinen wir diesbezüglich auf einem guten Weg zu sein. Betrug die Lebenserwartung noch vor 150 Jahren kaum 45 Jahre, hat sich diese bis heute nahezu verdoppelt. Die Wissenschaft beschäftigt sich intensiv damit, die Lebenszeit weiter zu verlängern.

Um ein Verständnis der zugrundeliegenden Mechanismen zu entwickeln, ist es hilfreich, sich zunächst mit dem Alterungsprozess zu befassen. Dabei ist festzuhalten, dass es keine allgemeingültige Definition für Altern gibt. Im weitesten Sinne handelt es sich dabei um jede zeitgebundene Veränderung im Leben eines Organismus. Generell wird dabei zwischen dem primären und sekundären Altern unterschieden. Bei erstgenanntem handelt es sich um zelluläre Alterungsprozesse, die mit der Zeit eintreten. Sekundäres Altern dagegen beschreibt Prozesse, die das normale Altern beschleunigen, beispielsweise durch Krankheiten oder ungesunden Lebensstil.

Insbesondere auf der körperlichen Ebene wurde in der Vergangenheit versucht zu erklären, was beim Altern passiert und wie die individuellen Unterschiede zu erklären sind. So sind nach der «Theorie der freien Radikale» reaktive Sauerstoffverbindungen aus Stoffwechselprozessen für Alterung verantwortlich. Ihr permanenter Einfluss führt nach und nach dazu, dass entstehende zelluläre Schäden nicht mehr repariert werden können.

Demgegenüber ist nach der «Rate of Living»-Hypothese die Stoffwechselrate für die individuelle Alterungsgeschwindigkeit verantwortlich. Tatsächlich haben Tierarten mit einem hohen Stoffwechselumsatz eine kürzere Lebensdauer. Einen weiteren Erklärungsansatz bildet die sogenannte «Hayflick-Grenze». Demnach haben Zellen eine maximale Zahl an Teilungsmöglichkeiten, bis der programmierte Tod der Zelle eingeleitet wird.

Alle genannten Erklärungsversuche spielen nach heutigem Verständnis beim Altern eine Rolle, können es für sich genommen jedoch nur unvollständig erklären. Tatsächlich handelt es sich um einen hochkomplexen Ablauf, der von diversen Parametern und Einflussfaktoren abhängig ist.

Durchschnittliche Lebenserwartung (ab Geburt) 1876 – 2020

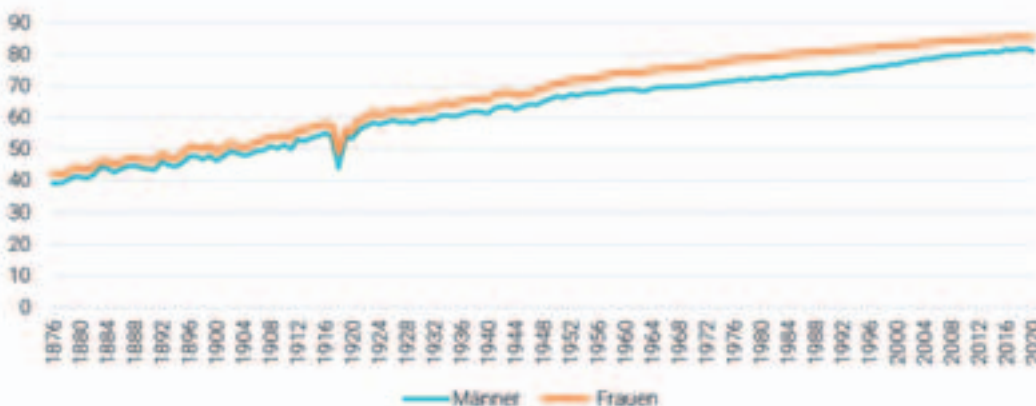


Bild: Neustarter-Stiftung loopings

Die Lebenserwartung hat sich während der letzten 150 Jahre nahezu verdoppelt.

Bild rechts

Die Abhängigkeit vom Elterntier ist bei unserem Schalenwild je nach Art und Alter des Jungtieres unterschiedlich stark ausgeprägt.

Bild unten

Der Jungbrunnen (1546) von Lucas Cranach der Ältere. Das Bild stellt ein Bad dar, in dem von der einen Seite gealterte Frauen ins Wasser steigen, das sie auf der anderen Seite verjüngt verlassen.



Bild: Wikimedia Commons

Theorie der «Wegwerfkörper»

Um zu verstehen, welche Bedeutung Alterungsprozesse für unsere Wildtierpopulationen haben, ist es zunächst hilfreich, sich eines zentralen Zusammenhangs klar zu werden. Denn nach einer gängigen wissenschaftlichen Theorie (Disposable-Soma) muss sich ein Organismus gewissermassen für die Verteilung seiner Ressourcen entscheiden.



Bild: Horst Jegen

«Beim Altern handelt es sich um einen hochkomplexen Ablauf, der von diversen Parametern und Einflussfaktoren abhängig ist.»

Es ist demnach unmöglich, an einer Stelle zu investieren, ohne an anderer Stelle Zugeständnisse zu machen. Anders ausgedrückt: Entweder man investiert in ein langes Leben und nimmt dafür eine geringe Reproduktionsrate in Kauf oder man setzt auf Kosten der eigenen Lebenserwartung auf hohe Reproduktionszahlen. Tierarten, die beispielsweise eine hohe Wahrscheinlichkeit haben, früh in ihrem Leben gefressen zu werden, sollten in eine

zeitige, jedoch kräftezehrende Fortpflanzung und viele Junge in rascher Folge investieren. Arten, die wenige Nachkommen haben, investieren meist viel in die Aufzucht ihrer Nachkommen, die dadurch wiederum eine erhöhte Überlebenschance haben.

Individuelles Verhalten, Stoffwechsel und Reproduktion kosten Ressourcen und müssen also verteilt werden. Die Verteilung entscheidet dann über die jeweilige Lebensgeschichte einer Art oder eines einzelnen Individuums. So haben Prädatoren stets eine vergleichsweise höhere Lebenserwartung. Braunbären etwa werden 20 bis 30 Jahre alt. Bei Gefangenschaftshaltungen können es bis zu 50 Jahre sein. Eine hohe Lebenserwartung ist zugleich mit einem hohen mütterlichen Investment kombiniert. Das bedeutet, dass die Bärin viel in ihre Jungen investiert und ihnen einen hohen Betreuungsaufwand zukommen lässt. Diese haben dadurch wiederum selbst eine hohe Chance, die kritische Jugendphase gut zu überstehen und ihrerseits alt zu werden.

Altes Rotwild: Gelt und schwache Stangen

Bei Untersuchungen an Rotwild konnten entsprechende Zusammenhänge nachgewiesen werden. Die Alterung oder Seneszenz setzt beim Kahlwild im Alter von neun Jahren ein und geht mit Beeinträchtigungen der Fortpflanzungsleistung einher. Dies bedeutet,

dass die betreffenden Stücke verspätet oder gar nicht aufnehmen. Am Ende dieser Entwicklung verlieren sie ihre Reproduktionsfähigkeit ganz und bleiben dauerhaft gelt. Die Geschwindigkeit, mit der ein Alttier vergreist, ist jedoch nicht bei jedem Stück gleich. So konnte in diesem Zusammenhang bewiesen werden, dass die Alterungsgeschwindigkeit am grössten war, wenn zu Beginn des Lebens viel in die Reproduktion und



Bild: naturpix.ch / A. Deutz

Nichts ist für die Ewigkeit – auch dieses Präparat hat seine Lebensdauer schon längstens überschritten.

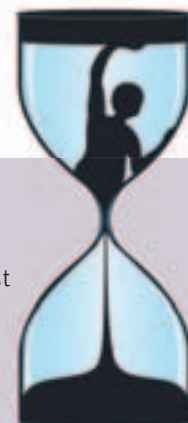


Bild: iStock / maydogan

Biologische Uhr

Mit der sogenannten Horvath-Uhr lässt sich das biologische Alter von Lebewesen sehr präzise bestimmen. Steve Horvath, ein Biomathematiker, entdeckte, dass unsere biologische Uhr auch in unseren Genen tickt. Denn durch die sogenannte Methylierung können Gene nicht nur an- oder ausgeschaltet werden, man kann daran auch ablesen, wie alt ein Körper im biologischen Sinne ist. Mittlerweile kann sich jeder Mensch mithilfe eines einfachen Mundschleimhautabstriches sein biologisches Alter ermitteln lassen. Diverse Firmen bieten diese Dienste kommerziell an.



Bild: iStock / DamianKuzdak



Bild: naturpix.ch / A. Deutz

Bild oben

Der Tod tritt oft früher ein als dies die biologische Uhr vorsehen würde.

Bild links

Bei Rothirschen ist der Alterungsprozess aufgrund des zurücksetzenden Geweihs sehr prominent und für den Jäger besonders gut erkennbar.

«Mit dem Verlust der Reproduktionsfähigkeit wächst die Alterungsgeschwindigkeit rasant an, weil ein Organismus mit dem Erreichen der Fortpflanzungsgrenze, evolutiv betrachtet, funktionslos ist.»

Aufzucht des Nachwuchses investiert wurde. Dieser Sachverhalt wurde bereits bei verschiedenen Wildtierarten dokumentiert.

Bei Rothirschen ist der Alterungsprozess aufgrund des zurücksetzenden Geweihs sehr prominent und für den Jäger besonders gut erkennbar. Oft bleiben von ihren Stangen am Ende nur noch kleine Stümpfe übrig. Doch ihre Alterung beginnt schon sehr viel früher, zu einem Zeitpunkt, an dem sie sogar noch ein starkes Geweih tragen. Dies ist auch daran zu erkennen, dass grössere Brunfttrudel oft von Hirschen des siebenten bis neunten Kopfes angeführt werden. Obwohl diese Hirsche auch in den Folgejahren noch starke Geweihe schieben, sind sie oft nicht mehr in der Lage, ein grosses Brunfttrudel für sich zu behaupten. Um überhaupt noch erfolgreich an der Brunft teilnehmen zu können, investieren sie jetzt sogar überproportional viel in ihre Geweihe. Nicht selten sieht man wirklich alte, reife Hirsche mit zwei oder drei Stück Kahlwild am Rand eines Brunftplatzes stehen. Die letzte Phase des Lebens beginnt dann mit dem Zurücksetzen. Die Vergreisung geht nun rasant voran und das biologische Ende naht.

Ausnahmen von der Regel

Nach der biologischen Theorie wird schnelllebigen Tierarten eine kurze Lebensspanne vorausgesagt. Konkret sind es Tierarten, die eine schnelle Jugendentwicklung durchlaufen und früh geschlechtsreif werden. Beides trifft für den Rotfuchs zu. Er ist im Alter von einem halben Jahr weitgehend selbstständig und

bereits mit zehn Monaten fortpflanzungsfähig. Eine umfassende reproduktionsbiologische Untersuchung machte sich zur Aufgabe herauszufinden, ob seine rasche Jugendentwicklung tatsächlich zu Folgen im Alter führt. Dazu wurde die altersabhängige Reproduktion bei Fähen analysiert.

Der Annahme nach sollte die Seneszenz bei dieser Art früh einsetzen und einen schnellen Abfall der Reproduktionsleistung zur Folge haben. Bei den 755 untersuchten Fähen fand man heraus, dass die Wurfgrösse im Alter von vier Jahren mit durchschnitt-





Bild: Sven Erik Arndt

Keine Regel ohne Ausnahme – in diesem Fall z.B. der Fuchs. Aufgrund seiner schnellen Jugendentwicklung und frühen Geschlechtsreife müsste der Fuchs als schnelllebige Tierart eigentlich eine kurze Lebensspanne aufweisen.

lich 5,0 Welpen am grössten ist. In den folgenden Jahren sank die Wurfgrösse um im Mittel 0,5 Welpen pro Jahr. Entgegen der Vermutung war der Verfall nach dem Erreichen des Höhepunktes jedoch relativ schwach ausgeprägt. Lediglich sehr alte Fähen ab zehn Jahren hatten eine deutlich herabgesetzte Reproduktionsleistung. Dieses Alter wird aber nur von einem sehr kleinen Teil der Tiere überhaupt erreicht.

Im Vergleich zum Fuchs lässt die Fortpflanzungsfähigkeit bei Rehgeissen bereits ab dem Alter von sieben Jahren deutlich nach. Etwa 20% der Trächtigkeiten misslingen bei diesen alten Geissen bereits in der Frühphase, da die Einnistung des Embryos scheitert. Werden sie noch älter, sinkt die Wahrscheinlichkeit überproportional, ein gesundes Kit zu setzen.

Grundsätzlich wächst mit dem Verlust der Reproduktionsfähigkeit die Alterungsgeschwindigkeit rasant an. Denn mit dem



Bild: Sven Erik Arndt

«Kosten-Nutzen-Bilanz» des Lebens: Wie setzt ein Tier seine Lebenszeit effektiv im Sinne von Nachkommen ein, bis Altern und Tod es verhindern?

Komfortabel und detailreich

ORYX LRF XG35

**MADE IN
EUROPE**

**THERMAL
IMAGING**

- Moderner 640×480 Px Sensor von LYNRED
- Einhandbedienung und funktionale Tastatur
- Bildstabilisierung
- Leistungsfähiger Laserdistanzmesser (bis 1'500 m)
- Interner plus externer Akku für 11 Stunden Autonomie



77504 ORYX LRF XG35
CHF 2'290.–

Im Fachhandel erhältlich



OptiLink

Fon 032 323 56 66 www.optilink.ch





Die Alterung setzt beim Kahlwild im Alter von neun Jahren ein und geht mit Beeinträchtigungen der Fortpflanzungsleistung einher – die betreffenden Stücke nehmen verspätet oder gar nicht auf.

Erreichen der Fortpflanzungsgrenze ist ein Organismus, evolutiv betrachtet, funktionslos. Eine Ausnahme scheinen Primaten zu bilden. Die sogenannte «Grossmutter-Hypothese» liefert eine Begründung, warum es unter Umständen Sinn macht, dass das Leben über die reproduktive Zeit hinaus andauert. Dies ist dann der Fall, wenn dadurch Enkel betreut werden, deren Überlebenswahrscheinlichkeit dadurch steigt.

Altern bestimmt die Lebenslaufstrategie

Altern ist ein Prozess, der bei allen mehrzelligen Arten und Organismen vorkommt und bis heute in seinen Details noch längst nicht verstanden ist. Betrachtet man es rein biologisch, könnte es als Teil einer «Kosten-Nutzen-Bilanz» aufgefasst werden. Wobei die Rechnung lautet: Wie setze ich meine Lebenszeit effektiv im Sinne von Nachkommen ein, bis Altern und Tod es verhindern? Damit nimmt Alterung entscheidenden Einfluss darauf, welche Lebenslaufstrategie von den Arten und Individuen umgesetzt wird.

Langes Leben ist dabei also keineswegs der Schlüssel für ein im evolutionsbiologischen Sinne erfolgreiches Leben. Im Gegenteil kann Altern sogar als ein Erfordernis aufgefasst werden. Denn nur unter der Voraussetzung von Altern und Tod kann sich Leben anpassen und evolutiv voranschreiten.

Bleibt am Ende die Frage nach dem ewigen Leben für den Menschen. Die Gründe für das permanent wachsende Durchschnittsalter unserer Bevölkerung liegen in erster Linie in der deutlich verringerten Kindssterblichkeit und einer besseren gesundheitlichen Versorgung. Die Wissenschaft geht momentan verschiedenen Ansätzen nach, Leben weiter zu verlängern. Nach jetzigem Kenntnisstand ist jedoch nicht zu erwarten, dass Menschen wesentlich älter als 130 Jahre alt werden können. Ob dieses Alter erreicht werden kann, ist indes von diversen Faktoren abhängig. Etwa je ein Viertel machen medizinische Betreuung, Umwelteinflüsse und Lebensstil aus. Das letzte Viertel stellen die eigenen genetischen Anlagen und die sind noch unabänderlich. ■

Taurin macht alt – zumindest die Maus

Auf der Suche nach dem lebensverlängernden Elixier ist man aktuell in der Forschung womöglich einen guten Schritt weitergekommen. Das Immunsuppressivum Rapamycin konnte zumindest die Lebenserwartung von Mäusen im Labor um 9% bei den Männchen und 14% bei den Weibchen erhöhen.

Auf den Menschen bezogen würde dies immerhin einer Lebensverlängerung von sechs bis neun Jahren entsprechen. Ob das Mittel in der Zukunft tatsächlich auch als «Lebenselixier» in der Anwendung praktikabel sein kann, muss allein aufgrund der Nebenwirkungen jedoch mit grösster Zurückhaltung gesehen werden.

Auch der Einsatz von Taurin hat sich in aktuellen Untersuchungen an Mäusen als lebensverlängernd herausgestellt.



Bild: iStock / ernesto-photos

Kalorienreduzierte Nahrung kann bei Mäusen im wahrsten Sinne zu einer verlängerten Lebensdauer führen.

Durch die Zufuhr dieser Aminosäure setzten alterstypische Krankheiten erst später ein und die Lebenserwartung steigerte sich um 10%. Eine viel einfachere Methode besteht nach übereinstimmenden

Erkenntnissen in der Kontrolle seiner Essgewohnheiten. So konnte in verschiedenen Tierexperimenten nachgewiesen werden, dass Kalorienentzug zu einer verlängerten Lebensdauer führt. Danach konnte die Lebenszeit von Taufliegen, Mäusen und Fadenwürmern bei kalorienreduzierter Nahrung um bis zu ein Drittel gesteigert werden.