SPEKTROGRAMM

PATRICK GRIFFITHS (ESA LIVING PLANET RESEARCH FELLOW / HUMBOLDT-UNIVERSITÄT ZU BERLIN) IN ZUSAMMENARBEIT MIT DEM LEIBNIZ-ZENTRUM FÜR AGRARLANDSCHAFTSFORSCHUNG (ZALF) E.V.; MIT FRDL. GEN. VON CLAAS NENDEL, ZALF

ACKERBAU IN MECKLENBURG-VORPOMMERN

Seit einigen Jahren erstellen Wissenschaftler Ackerbaukarten auf Basis der Sentinel-2-Erdbeobachtungssatelliten der ESA. Mit ihnen sollen sich unter anderem saisonale Änderungen in der Bepflanzung besser nachvollziehen lassen. Bisher sind für Europa allerdings nur wenige Daten mit einer Auflösung von 30 Metern oder besser verfügbar. Außerdem verdecken regelmäßig Wolken die Sicht, weshalb es oft nur Aufnahmen in großem zeitlichen Abstand gibt.

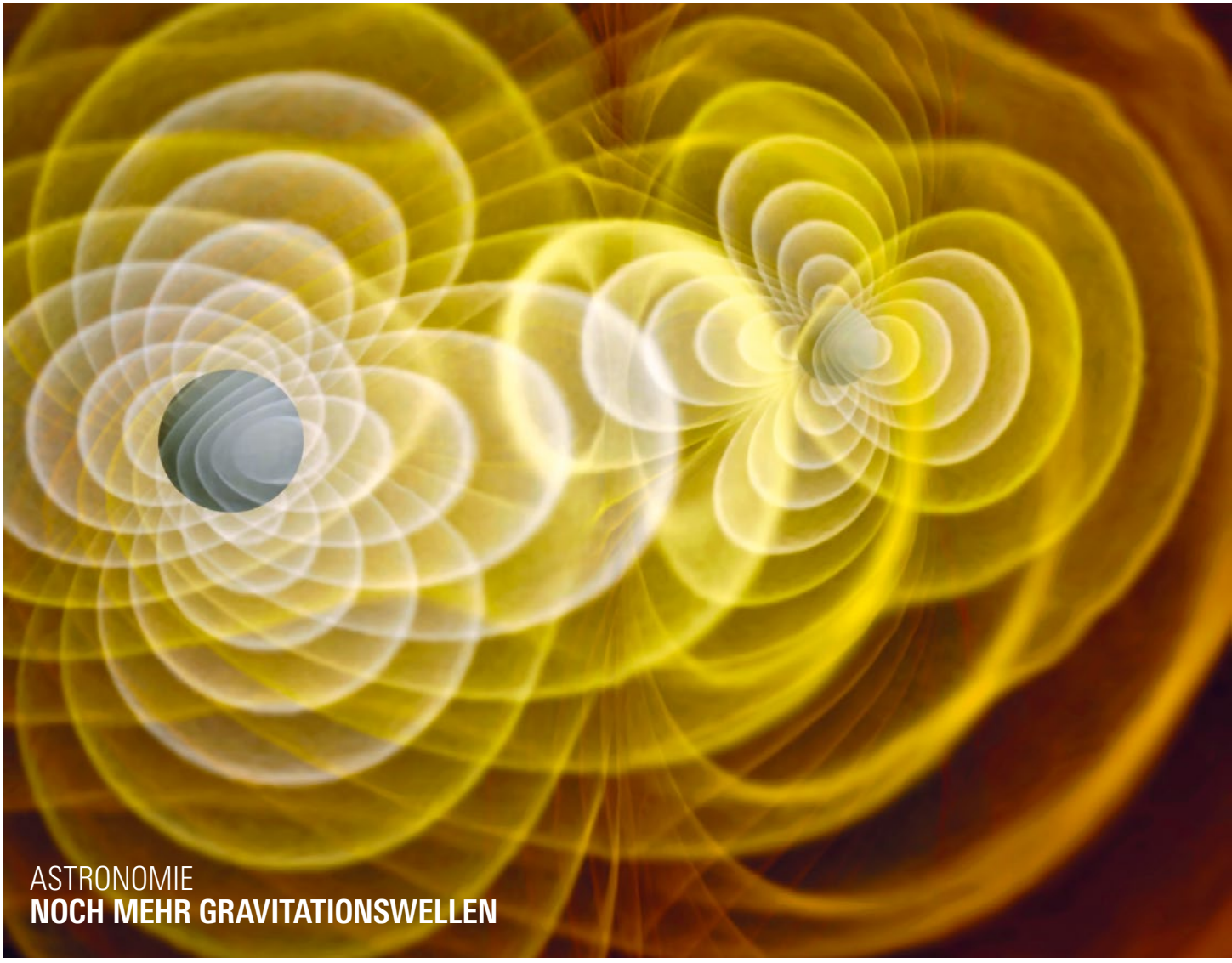
Ein Team um Patrick Griffiths von der Humboldt Universität zu Berlin hat daher nun Daten der Sentinel-2-Missio-

PATRICK GRIFFITHS (ESA LIVING PLANET RESEARCH FELLOW / HUMBOLDT-UNIVERSITÄT ZU BERLIN) IN ZUSAMMENARBEIT MIT DEM LEIBNIZ-ZENTRUM FÜR AGRARLANDSCHAFTSFORSCHUNG (ZALF) E.V.; MIT FRDL. GEN. VON CLAAS NENDEL, ZALF

nen mit denen der NASA-Mission Landsat kombiniert und dabei über Zeiträume von zehn Tagen gemittelt. Mit Methoden des maschinellen Lernens brachten die Wissenschaftler ihrer Software bei, welche Pixelfarbe in den Aufnahmen welcher Getreidesorte entspricht.

Für einige Landstriche in Deutschland haben die Forscher besonders detaillierte Karten erstellt. Hier ist ein rund 40 mal 30 Kilometer großes Gebiet im Landkreis Mecklenburgische Seenplatte zu sehen, wo 2016 unter anderem Winterraps (orange), Wintergetreide (hellblau), Frühlingsgerste (rosa) und Mais (gelb) angebaut wurden. Bei grünlichen Flächen handelt es sich hingegen um Wiese beziehungsweise Wald, bei dunkelblauen um Wasser.

Remote Sens Environ 220, S. 135–151, 2018



NASA / C. HENZE (SVS.GSFC.NASA.GOV/11086)

ASTRONOMIE

NOCH MEHR GRAVITATIONSWELLEN

Wenn zwei Schwarze Löcher immer enger umeinander kreisen, strahlen sie Gravitationswellen ab.

Für die Jäger von Gravitationswellen war das Jahr 2017 noch weitaus ergiebiger als bisher gedacht: Ganze achtmal habe man Erschütterungen der Raumzeit aufgespürt, berichten die an der Suche beteiligten Wissenschaftler. Bisher hatten die Forscher für 2017 erst vier Gravitationswellenereignisse publik gemacht.

Nun aber haben sie Daten aus dem Vorjahr mit verbesserten Analysemethoden durchkämmt. Jedes der vier neuen Signale geht auf die Kollision von je zwei Schwarzen Löchern zurück, die allesamt mehr als 2,5 Milliarden Lichtjahre von der Erde entfernt stattfanden. Insgesamt riefen die resultierenden Raumzeitbeben schwächere Signale in den Detektoren des Laserinterferometer-Observatoriums LIGO hervor als frühere Entdeckungen, die sich in geringerem Abstand ereigneten.

Eines der neuen Signale deutet dabei auf einen wahrhaft gigantischen Crash hin: In fünf Milliarden Lichtjahren Entfernung sind zwei Schwarze Löcher mit der 50- beziehungsweise 34-fachen Masse unserer Sonne kollidiert. Dabei wurde Berechnungen zufolge fast das Fünffache der Sonnenmasse in Schwingungsenergie umgewandelt – der bisherige Weltrekord.

Insgesamt umfasst der Katalog der Gravitationswellen jetzt elf Einträge – zehnmal kollidierten Schwarze Löcher, einmal zwei Neutronensterne (siehe **Spektrum** Januar 2018, S. 58). Neue Entdeckungen erwarten die Wissenschaftler für das Frühjahr 2019, hier startet die nächste Messkampagne. Im Lauf des Jahres soll neben LIGO und seinem europäischen Counterpart VIRGO auch der japanische Detektor KAGRA ins All hinaushorchen. Schätzungen zufolge werden die Geräte etwa zweimal pro Monat ausschlagen, so die Forscher.

arXiv 1811.12907, 2018

MEDIZIN
PAVIANE MIT SCHWEINEHERZEN

Für herzkranke Menschen stellt ein neues Herz oft die letzte Hoffnung dar, doch Spenderorgane sind notorisch knapp. Nun hat ein umstrittenes Verfahren, das diesen Mangel beheben könnte, einen Schritt vorwärts gemacht: Ein Team um Bruno Reichart von der LMU München hat genetisch veränderte Schweineherzen in Paviane transplantiert, woraufhin diese deutlich länger überlebten als in früheren Versuchen. Bei bisherigen Xenotransplantationen starben die Tiere binnen Wochen, einmal nach 57 Tagen.

In der Studie der Münchner Mediziner lebten zwei der Affen nach der Transplantation noch ein halbes Jahr. Die transplantierten Herzen hielten den Wissenschaftlern zufolge bis zum Tod der Tiere durch, die zwecks weiterer Untersuchungen eingeschläfert wurden.

Für ihre Versuche schalteten die Forscher in den Spenderherzen ein Gen aus, das Zuckerstrukturen auf der Zelloberfläche beeinflusst, und gaben den Schweinen dafür Gene für menschliche Membranproteine mit. Anschließend testeten die Biomediziner das Verfahren an insgesamt 14 Tieren in drei Gruppen.

Bei der ersten kühlten sie die Herzen nach der Entnahme lediglich mit Eis. Nach der Transplantation überlebte keiner der Affen länger als einen Monat. In der zweiten Gruppe versorgten die Mediziner die Organe zusätzlich durch einen künstlichen Kreislauf mit Sauerstoff. Tiere, die ein derart präpariertes Herz eingepflanzt bekamen, lebten dadurch länger, allerdings wuchsen die fremden Organe dramatisch und versagten nach und nach.

Erst als das Team zusätzlich mit Medikamenten den Blutdruck der Paviane senkte und das Wachstum der transplantierten Organe drosselte, stellten sich Erfolge ein. Vier der fünf Tiere aus der dritten Gruppe überlebten drei Monate, wonach der Test endete. Einen Pavian schläferte das Team erst nach 195 Tagen ein.

Die Studie gilt als wichtiger Schritt, weil mit ihr die international festgelegten Kriterien für Transplantationsversuche an Menschen in Reichweite rücken: In einer Versuchsreihe müssen dafür sechs von zehn Tieren mindestens drei Monate lang überleben. Diese Schwelle will die Gruppe mit ihren nächsten Versuchen nehmen.

Nature 10.1038/s41586-018-0765-z, 2018

PHYSIK
GALILEO-SATELLITEN BESTÄTIGEN EINSTEIN

Die Mission gilt eigentlich als Fehlschlag: Im August 2014 setzte eine russische Rakete zwei Galileo-Navigationssatelliten in einer Höhe von 25900 Kilometern aus – rund 2700 Kilometer oberhalb des anvisierten Zielorbits. Statt wie geplant auf kreisförmigen Bahnen bewegen sie sich seitdem auf Ellipsen um die Erde.

Ihrer eigentlichen Aufgabe, zusammen mit 25 anderen Satelliten ein europäisches Navigationsnetz aufzuspannen, können sie daher nur noch bedingt nachkommen. Physiker um Sven Herrmann von der Universität Bremen haben nun einen anderen Verwendungszweck für die Pechvögel gefunden: Die Forscher ermittelten mit ihrer Hilfe einen extrem präzisen Wert der »gravitativen Zeitdilatation«, einem Effekt aus Einsteins allgemeiner Relativitätstheorie. Ihr zufolge vergeht Zeit etwas langsamer, wenn man sich in der Nähe einer großen Masse befindet. Auf der Erde ist der Effekt winzig, aber messbar: Uhren an Bord von Navigationssatelliten würden im Vergleich zu Zeitmessern auf der Oberfläche täglich um rund 45 millionstel Sekunden vorgehen, was die Uhren jedoch kompensieren. In der Realität fällt der Unterschied zwischen Orbit und Erde etwas geringer aus, weil noch ein entgegengesetzter Effekt hinzukommt: Für schnell bewegte Objekte wie Satelliten vergeht die Zeit etwas langsamer – eine andere Vorhersage der Relativitätstheorie.

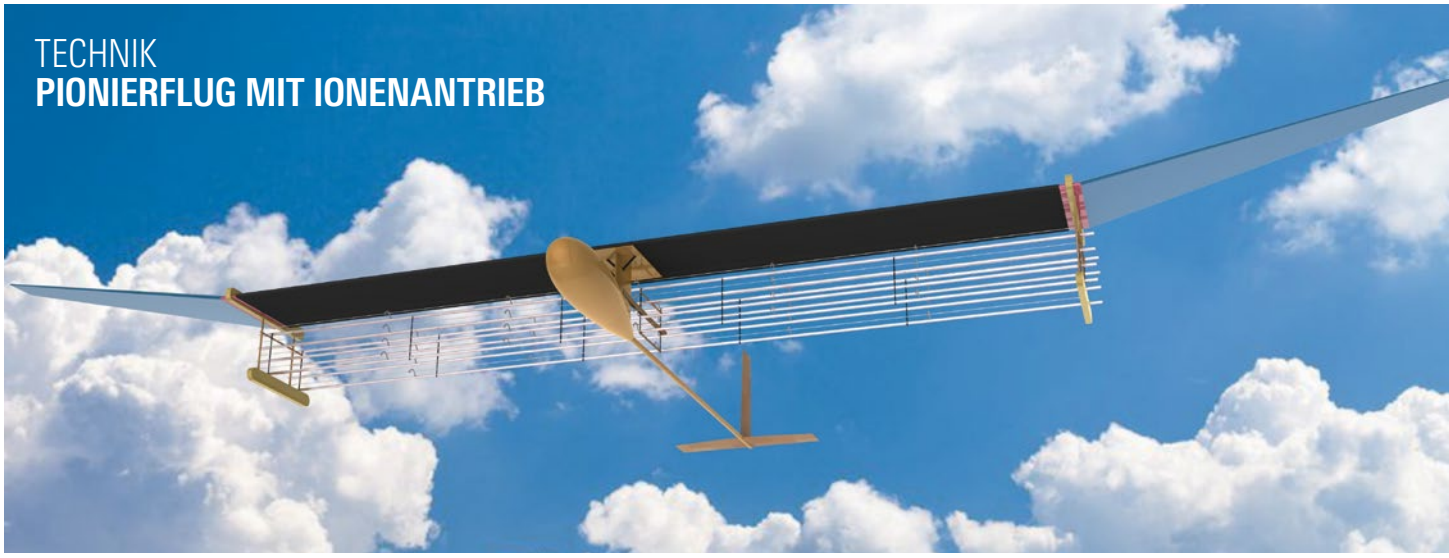
Der bislang genaueste Test der gravitativen Zeitdilatation stammte aus dem Jahr 1976. Damals ließen zwei Forscher eine Atomuhr mit einer Rakete in eine Höhe von 10000 Kilometern reisen und verglichen sie daraufhin mit einer Uhr auf der Erdoberfläche. Die Messung bestätigte die Vorhersage der Relativitätstheorie mit einer Messungenauigkeit von 0,007 Prozent.

Das Team um Herrmann hat nun mit Hilfe der zwei Galileo-Satelliten einen viermal so präzisen Wert ermittelt. Da ihr Abstand von der Erde auf ihrer Ellipsenbahn pro Umlauf um 8500 Kilometer schwankt, ließ sich der Einfluss der Gravitation genau erfassen. Zwischen dem höchsten und niedrigsten Punkt der Flugbahn ergab sich ein Unterschied von 0,37 millionstel Sekunden pro Tag, berichten die Forscher.

Phys. Rev. Lett. 121, 231102, 2018

ESA / J. HUART (WWW.ESA.INT/SPACEINIMAGES/IMAGES/2008/09/GALILEO_SATELLITE_SYSTEM)

Das Navigationssystem Galileo soll Europa unabhängig von den Satellitendiensten anderer Länder machen.



TECHNIK
PIONIERFLUG MIT IONENANTRIEB

Als die Gebrüder Wright 1903 am Strand von Kitty Hawk ein motorisiertes Flugzeug testeten, hob ihr Gerät tatsächlich ab und beförderte den Piloten 35 Meter weit. Ein Team um den US-amerikanischen Ingenieur Steven Barrett vom Massachusetts Institute of Technology will nun einen ähnlichen Pionierflug absolviert haben, allerdings mit einer unbemannten Maschine, die ganz ohne klassischen Motor auskommt. Das 2,5 Kilogramm schwere Fluggerät namens Version 2 hat eine Spannweite von fünf Metern und verwendet einen so genannten Ionenantrieb. Dieser erzeugt seinen Schub allein aus der Bewegung geladener Atomkerne.

Was zunächst nach Sciencefiction klingt, funktioniert tatsächlich: Barretts Fluggerät segelte in einer Turnhalle mit etwa 17 Kilometern pro Stunde rund 55 Meter durch die Luft – ohne Abgase und Lärm, was gerade Drohnen zugutekommen könnte. Dabei sind Ionentriebwerke gar nicht neu. Man setzt sie seit Längerem im Weltraum ein, wo ihr geringer Schub ausreicht, um Sonden zu bewegen. Experten gingen aber bisher davon aus, dass diese Art des Antriebs in der dichten Erdatmosphäre nicht funktionieren würde.

Doch Barrett und sein Team bewiesen das Gegenteil. Sie befestigten zwei Reihen langer Metalldrähte unter den Tragflächen und legten dazwischen 40 000 Volt Spannung an, was die Stickstoffatome in der Umgebungsluft ionisierte. Weil die hinteren Drähte eine negative Ladung trugen, bewegten sich die positiv geladenen Stickstoffionen auf sie zu, wobei sie immer wieder mit Luftmolekülen zusammenstießen. So entstand ein Wind in Richtung Heck, der die Maschine abheben ließ.

Illustration eines Fluggeräts mit Ionenantrieb.

MASSACHUSETTS INSTITUTE OF TECHNOLOGY (MIT)

Nature 563, S. 532–535, 2018

ARCHÄOLOGIE
PEST IM SCHWEDEN DER JUNGSTEINZEIT

Bisher gingen Experten davon aus, dass die Pest frühestens mit der Jamnaja-Kultur nach Europa gelangte. Diese ist vor etwa 4800 Jahren aus den südrussischen Steppen eingewandert. Doch die Seuche hat Europa offenbar schon früher heimgesucht, wie eine Gruppe um Simon Rasmussen von der Universität Kopenhagen nun berichtet. Die Wissenschaftler entdeckten DNA-Spuren des Pesterregers *Yersinia pestis* in den Zähnen einer Frau, die vor rund 4900 Jahren in Südschweden gestorben ist, also vor der Ankunft der Jamnaja.

Bei dem Fund handelt es sich um den ältesten bekannten Pesterreger, der den aktuellen Analysen zufolge vor etwa 5000 bis 5700 Jahren entstanden ist. In genau diesem Zeitraum zerfielen in Europa viele Gemeinschaften aus noch unbekannten Gründen. Womöglich spielte die Pest dabei eine Rolle, mutmaßen die Paläogenetiker um Rasmussen. Ihrer Meinung nach könnte sie ursprünglich aus Südosteuropa und der heutigen Ukraine stammen, dem Gebiet der so genannten Cucuteni-Trypillja-Kultur. Sie errichtete bereits vor 8000 Jahren riesige Siedlungen mit bis zu 20 000 Bewohnern, die sich den Raum jedoch mit Nutztieren teilten und unter miserablen hygienischen Bedingungen lebten.

Von diesen jungsteinzeitlichen »Protostädten« aus, die oft nach einigen Jahrhunderten aufgegeben und zum Teil niedergebrannt wurden, könnte sich die tödliche Seuche über ganz Europa ausgebreitet haben. Archäologische Funde zeigen, dass die Cucuteni-Trypillja-Kultur Handel mit weit entfernten Regionen trieb. Bislang hat man jedoch noch kein Pestopfer den riesigen Siedlungen selbst zuordnen können.

Cell 176, S. 1–11, 2019

INFORMATIK
DIE BIBEL ALS STILKOMPASS

Die Heilige Schrift gibt es nicht nur in mehreren hundert Sprachen, sondern oft innerhalb eines Sprachraums auch in mehreren Varianten. Britische Leser können unter anderem zwischen der bewusst sehr einfach geschriebenen »Bible in Basic English« und der linguistisch komplexen »King James Version« aus dem 17. Jahrhundert wählen. Die Fassungen unterscheiden sich in Satzlänge, Wortwahl sowie Förmlichkeit und sprechen so Menschen aus verschiedenen Kulturen und mit unterschiedlichem Bildungsstand an.

Ein Team um Keith Carlson vom Dartmouth College will die insgesamt 34 englischsprachigen Versionen der Bibel nun dazu nutzen, um Computern unterschiedliche Stilformen beizubringen. Bisher übersetzen entsprechende Programme zwar Fremdsprachen, zum Teil mit beeindruckender Genauigkeit. Oft scheitern sie aber, wenn sie einen Text zielsicher stilistisch verändern sollen, vor allem wenn es dabei um mehr als ein einzelnes Merkmal wie beispielsweise die Komplexität geht.

Die Bibel eigne sich mit ihren rund 31 000 Versen wie kein anderes Werk für das Training von Übersetzungsprogrammen, argumentiert das Team um Carlson. Schließlich seien alle Fassungen sehr gewissenhaft von Menschen übersetzt und außerdem Vers für Vers durchnummeriert worden. Das erleichtere einer Maschine die Zuordnung und sei bei anderen umfangreichen Schriftquellen wie dem Werk von William Shakespeare oder der Wikipedia nicht zwangsläufig der Fall.

Als erste Demonstration haben die Forscher zwei Algorithmen, von denen einer auf neuronalen Netzen basierte, mit acht frei im Internet verfügbaren Bibelversionen trainiert. Anschließend testeten sie, wie gut die beiden Programme Verse der Vorlagen in einen gewünschten Stil übertrugen, ohne dass die Software auf die anvisierte Fassung der Bibel zugreifen konnte. Insgesamt seien die automatischen Übersetzer dem Ziel schon recht nahegekommen, berichten die Forscher. Sie sehen ihre Arbeit aber erst als Startpunkt bei der Entwicklung einer künstlichen Intelligenz, die souverän zwischen verschiedenen Sprachstilen wechseln kann.

R. Soc. open sci. 5, 171920, 2018

BIOLOGIE
DIE GENE DES EINSAMEN GEORGE

»Lonesome George«, die letzte der Pinta-Riesenschildkröten *(Chelonoidis abingdonii)*, starb am 24. Juni 2012 auf den Galapagosinseln. Er wurde etwa 100 Jahre alt – keineswegs außergewöhnlich für Riesenschildkröten. Nun liefert das Erbgut des Greises Anhaltspunkte, warum die Tiere eine solch außergewöhnliche Lebensspanne erreichen können.

Wissenschaftler um Adalgisa Caccone von der Yale University und Carlos López-Otín von der Universidad de Oviedo sequenzierten außer dem Genom von George auch das Erbgut der verwandten Aldabra-Riesenschildkröte *(Aldabrachelys gigantea)* von den Seychellen im Indischen Ozean. Beim Vergleich fielen als gemeinsame Besonderheit Gengruppen auf, die den Stoffwechsel und die Immunantwort regulieren. Unter diesen bei den Riesenschildkröten wohl evolutionär begünstigten Erbfaktoren fanden sich mit *AHSG* und *FGF19* zwei Stoffwechselgene, die auch beim Menschen mit einem langen Leben verbunden sind. Daneben stießen die Forscher auf *TDO2*, das bei Ratten und Fadenwürmern mit Alterserscheinungen in Verbindung stehen könnte.

Zudem scheinen sich auch einige Gene des Immunsystems verändert zu haben. Riesenschildkröten besitzen ungewöhnlich viele Gene für Perforin, das beim programmierten Zelltod Löcher in die Membran der Zielzelle reißt. Das könnte erklären helfen, warum Riesenschildkröten außerordentlich widerstandsfähig gegen Krebs sind. Zusätzlich deuten die Analysen darauf hin, dass eine Reihe mutmaßlicher Tumorsuppressorgene bei Riesenschildkröten häufiger vorkommt. Damit könnten die Reptilien das mit dem Lebensalter generell ansteigende Krebsrisiko zusätzlich eindämmen.

Bemerkenswert, aber bisher ohne detaillierte Erklärung erscheint eine weitere, kuriose Gemeinsamkeit: In einem Gen für Erbgutreparatur stießen die Forscher auf eine untypische Variante, die so nur noch beim Nacktmull *(Heterocephalus glaber)* auftaucht. Die Nagetiere gelten ihrerseits als krebsresistent und vergleichsweise langlebig.

Nat. Ecol. Evol. 10.1038/s41559-018-0733-x, 2018

Lonesome George wurde 1971 auf den Galapagosinseln entdeckt und lebte fortan in einer Forschungsstation.

PUTNEYMARK. LONESOME GEORGE PINTA GIANT TORTOISE SANTA CRUZ (WWW.FLICKR.COM/PHOTOS/23005733@N00/1351695867) / CC BY-SA 2.0 (CREATIVECOMMONS.ORG/LICENSES/BY-SA/2.0/LEGALCODE)