

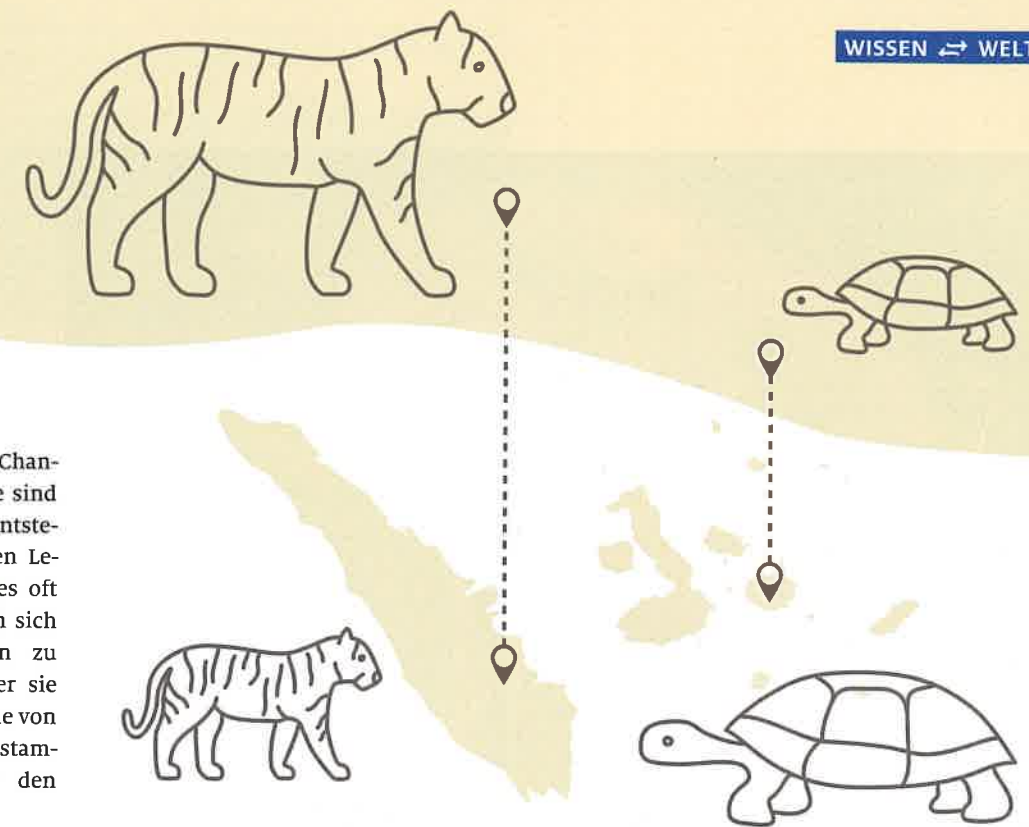


Eindrucksvolles Beispiel für „Inselverzweigung“: der gewaltige Königstiger (links) und sein kleiner Verwandter, der Sumatra-Tiger (rechts). Während der in den Regenwäldern Indiens heimische Königstiger drei Meter groß werden kann, erreicht die auf der indonesischen Insel Sumatra lebende Unterart höchstens 2,40 Meter.

Die Gesetze der Insel

Wenn Tiere fremde Territorien erschließen, sortiert sich das Leben neu. Evolutionäre Prozesse können wie im Zeitraffer ablaufen und in wenigen Generationen zu extremen Veränderungen führen. Eine Reise zu Inseln rund um den Globus.

von CHRISTIAN JUNG



Auf Inseln hat das Leben die Chance, neue Wege zu gehen. Sie sind häufig Hotspots der Artenentstehung. Denn in den abgeschiedenen Lebensräumen verändern sich Spezies oft in rasantem Tempo: Sie entwickeln sich in relativ wenigen Generationen zu Miniaturausgaben ihrer selbst oder sie gewinnen enorm an Größe – etwa die von kleineren Festlandverwandten abstammenden Riesenschildkröten auf den Galapagosinseln.

Das umgekehrte Bild bietet sich bei den Tigern: Die auf Sumatra lebende Art wird maximal 140 Kilogramm schwer. Damit sind die Tiere – ebenso wie die auf den Inseln Bali und Java inzwischen ausgerotteten insularen Tigerarten – wahre Leichtgewichte und Kleinausgaben im Vergleich zu ihren Festlandverwandten Sibirischer Tiger und Königstiger mit immerhin bis zu 300 Kilogramm Körpergewicht.

Froschriesen und Elefantenzwerge

Ob Riesenwuchs oder Miniaturisierung: Solche „Inselphänomene“ lassen sich bei zugewanderten Arten häufig beobachten. In ein einziges Merkmal wie die Körpergröße zu „investieren“, kann sich lohnen: Es ist ein einfacher Weg, sich als Spezies zu schützen oder durchzusetzen. Dafür gibt es neben den Galapagos-Schildkröten viele andere Beispiele: etwa die zugewanderten Laubfrösche, die auf der Insel Jicarón vor der Küste Panamas leben: Sie haben im Vergleich zu ihren Artgenossen auf dem Festland innerhalb einer evolutionär kurzen Zeitspanne gigantische Ausmaße angenommen und toppen inzwischen selbst kleinere Nagetiere. Evolution lässt sich bei ihnen fast als „work in progress“ verfolgen. Interessanterweise scheinen die Amphibien auf Jicarón derzeit im System des Insellebens den Platz einzunehmen, den anderswo kleine Säugetiere besetzen.

Doch auch das Gegenteil ist häufig zu beobachten: Große Tierarten, die auf Inseln gelangen, werden allmählich immer kleiner – wobei diese Miniaturisierungsprozesse nicht mit einem Verlust an Fähigkeiten einhergehen. So lebten einst auf Madagaskar Mini-Flusspferde, die von großen Verwandten auf dem afrikanischen Festland abstammten, auf den Channel Islands winzige Graufüchse und auf der Wrangelinself in Russland Wollhaarmammuts in Miniaturausgabe.

Ein bekanntes Beispiel sind die Zwerg-elefanten auf der Insel Borneo. Sie sind mit gut zwei Meter Schulterhöhe kleiner als andere asiatische Elefanten, deren männliche Tiere drei Meter erreichen können. Dass das nicht immer so war, zeigen Ausgrabungsfunde verschiedener evolutionärer Zwischenstadien. Doch wa-

rum sind die Elefanten geschrumpft? Und woher kamen sie ursprünglich?

2018 gelang es einer Forschergruppe um Reeta Sharma vom portugiesischen Forschungsinstitut Gulbenkian de Ciencia anhand von DNA-Proben lebender Tiere und etlicher über die Jahrhunderte ausgegrabener und konservierter Knochenfunde, den Abstammungsweg der kleinen, auf Borneo lebenden Elefantenart weitgehend zu klären. Lange Zeit hatte man angenommen, dass der aktuelle Bestand von etwa 1000 Mini-Dickhäutern auf ein einziges Elefantenpaar von der Insel Java zurückgeht, das der Sultan von Sulu im 17. Jahrhundert als Gastgeschenk mitgebracht hatte. Die Wissenschaftler gelangten allerdings zu dem Ergebnis, dass die Trennung in eine eigene Art viel länger zurückliegt. „Die DNA-Analysen legen nahe, dass die Dickhäuter von Borneo seit rund 300 000 Jahren keinen Kontakt zu anderen Elefantenarten oder -unterarten hatten“, schreiben sie in der Zusammenfassung der Studie.

Ihren Berechnungen zufolge gelangten die Dickhäuter vor 11400 bis 18300 Jahren über den damals noch existierenden Landweg nach Borneo. Vermutlich wanderten sie von anderen Inseln des Sunda-Archipels zu, sehr wahrscheinlich von Java. Damit wären die nächsten Verwandten der heute noch auf der

KOMPAKT

- Gigantismus oder Verzweigung finden sich häufig bei zugewanderten Tierarten auf Inseln.
- Die entscheidende Rolle spielt dabei das Nahrungsangebot. Räuber-Beute-Beziehungen haben dagegen nur geringen Einfluss.
- Die Zuwanderer bedrohen oft einheimische Arten.



Zwergeliefanten, die auf der indonesischen Insel Borneo leben, haben in Relation zu ihrem Körper größere Ohren und einen längeren Schwanz als ihre einstigen Verwandten auf der Nachbarinsel Java. Dort sind sie schon vor 600 bis 700 Jahren ausgestorben. Nach neuen DNA-Untersuchungen von Knochenresten trennte sich die Entwicklung der Elefanten schon vor rund 300 000 Jahren. Einige Exemplare waren vermutlich über eine damals bestehende Landbrücke von Java nach Borneo gelangt. Dass die Borneo-Elefanten im Laufe der Jahrtausende immer kleiner wurden, während die Java-Elefanten etwa gleich groß blieben, führen Forscher auf das unterschiedliche Futterangebot zurück. Borneo hat im Gegensatz zu Java nur karge Böden, auf denen wenig Nahrhaftes gedeiht.

größten Insel Asiens lebenden Zwergeliefanten die vor 600 bis 700 Jahren in ihrer Heimat ausgestorbenen javanischen Dickhäuter. Allerdings läge die Trennung dann nicht wie bisher angenommen einige Jahrhunderte zurück, sondern Jahrtausende.

Beantwortet scheint auch die Frage, weshalb die auf Borneo lebenden Elefanten über die Jahrhunderte immer kleiner wurden, während ihre immerhin noch bis ins 14. Jahrhundert auf Java heimischen nächsten Verwandten nichts von ihrer Körpergröße einbüßten. Die Forscher sehen die Nahrungsgrundlage als entscheidenden Faktor: „Anders als etwa die Nachbarinseln Java und Sumatra weist das geologisch weit jüngere Borneo überwiegend sehr karge Böden auf. Entsprechend energiearm ist die Kost“, schreiben sie.

Die Ressourcen entscheiden

Bei der Anpassung der Körpergröße spielen diverse Faktoren eine Rolle. Zunächst

einmal leben auf Inseln meist weniger Individuen einer Art als auf dem Festland. Damit steigt die Wahrscheinlichkeit, dass sich bei der Fortpflanzung die genetische Information so kombiniert, dass daraus eine gute Anpassung resultiert. Auch haben Tiere auf Inseln meist einen viel kleineren Lebensraum

mit vergleichsweise weniger Ressourcen zur Verfügung als ihre Verwandten auf dem Festland – dies spricht ebenfalls für Inselverzweigung. Von Vorteil ist dabei nicht nur, dass kleinere Individuen einen geringeren Appetit haben und daher mit dem meist knapperen Futterangebot besser auskommen. Sie sind auch

für Fressfeinde weniger gut sichtbar, vor allem, wenn es Alternativen im Nahrungsangebot gibt, an denen „mehr dran“ ist. Und auch Jäger interessieren sich weniger für sie.

Doch neue Forschungsergebnisse zeigen, dass fast durchweg die verfügbaren Ressourcen mehr über die Entwick-

lung der Arten auf Inseln entscheiden als die Räuber-Beute-Beziehungen. Die Biologin Jade Keehn und ihr Team von der University of Nevada in Reno im Südwesten der USA sammelten für ihre Forschung Hunderte Exemplare der fünf Reptilienarten Pazifik-Klapperschlange, Tiger-Rennechse, Zebrawschwanz-Leguan, Westlicher Stachelleguan und Gelbrücken-Wüstenstachelleguan. Sie erfassen die Größe und Körperbau der in der Wüste Nevadas gefundenen Tiere und vergleichen sie mit verwandten Artgenossen, die auf der kleinen Insel Anaho im Lake Pyramid leben. Solche kontinentalen Inseln mit geschlossenem Mikrokosmos sind ideale Freiluftlabore, um die Evolution der Inseltierwelt mit jener auf dem Festland zu vergleichen.

Im Ergebnis waren die Inselindividuen von zwei der fünf Reptilienarten merklich kleiner als ihre Verwandten auf dem Festland, zwei waren wesentlich größer, und bei einer Art gab es keinen Unterschied zwischen Festland- und Inselbewohner. Und doch bestätigte sich für alle fünf Arten, dass die Ressourcen die bestimmende Größe waren.

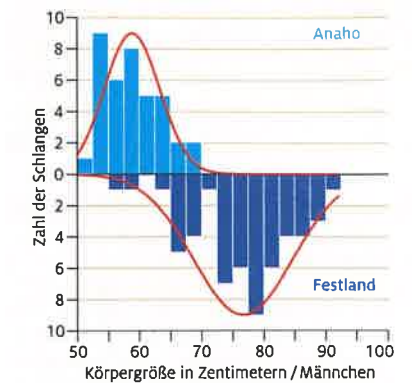


Die Biologin Jade Keehn von der University of Nevada (rechts) untersuchte die Körpergrößen von fünf Reptilienarten auf der Insel Anaho in Nevada (oben) und auf dem Festland. Zwei Reptilienarten waren deutlich kleiner als ihre Festlandverwandten, zwei größer, und bei einer Art gab es keinen Unterschied. Die Ursache ist stets das Futterangebot.



Kleinwuchs durch wenig Nahrung

Ein Ergebnis der Insel-Studie: Die auf Anaho (Bild links) lebende Pazifik-Klapperschlange ist im Schnitt um ein Drittel kleiner als die auf dem Festland heimische Art (Grafik unten). Der Grund ist das beschränkte Nahrungsangebot auf der Insel. Während die Schlangen auf dem Festland Präriehunde und Kaninchen jagen können, müssen die Anaho-Schlangen mit kleinen Mäusen vorliebnehmen.



Kleine Schlangen, große Echsen

Am auffälligsten sind die insularen Miniaturversionen von Klapperschlange und Rennechse. Die kleine Klapperschlange misst nur gut zwei Drittel der Festlandvariante und ist ein eindrucksvoller Beleg für die ressourcenabhängige Evolution. Denn die Beute der Insel-Schlange ist nur eine kleine Mausart, während ihre Festlandverwandten Präriehunde und Kaninchen jagen. Und der kleinen insularen Rennechse steht nur ein Bruchteil der Beuteinsekten ihres Pendant auf dem Festland zur Verfügung. Der Gelbrücken-Wüstenstachelleguan wiederum zeigt keine Größenunterschiede. Die Forscher erklären das damit, dass er wegen seiner Größe ohnehin die anderen Echsen dominiert und es für ihn keinen „Grund“ – also keinen evolutionären Antrieb – für ein anderes Körperformat gibt.

Schwieriger war die Erklärung für jene Leguanarten, die auf der Insel größer geworden waren. Die Wissenschaftler fan-

den sie erst, als sie auf eine Übereinstimmung im Verhalten der Tiere stießen: Beide Arten agieren äußerst territorial. Jedes Revier hat bei ihnen nur einen Herrscher, ähnlich wie bei Raubkatzen. „Territoriale Arten haben nur Zugang zu Ressourcen, wenn sie auf Dauer ein Revier für sich allein haben“, schreibt das Forscherteam. Das lasse den Körperrumfang und auch die Aggressivität zunehmen. Die natürliche Auslese begünstigt daher laut der Studie auf einer Insel wie Anaho mit nicht beliebig vermehrten beziehungsweise in der Fläche erweiterbaren Revieren die Entstehung großer Echsen. Ihre Festlandverwandten können dagegen sowohl eigenen Artgenossen als auch Exemplaren konkurrierender Arten kampfflos aus dem Weg gehen. Denn sie haben die Chance, ein neues Revier zu finden.

Mäusegiganten

Ein spektakuläres Beispiel für „Insel-Gigantismus“ gibt es auf den Färöer-Inseln im Nordatlantik. Die dort lebenden

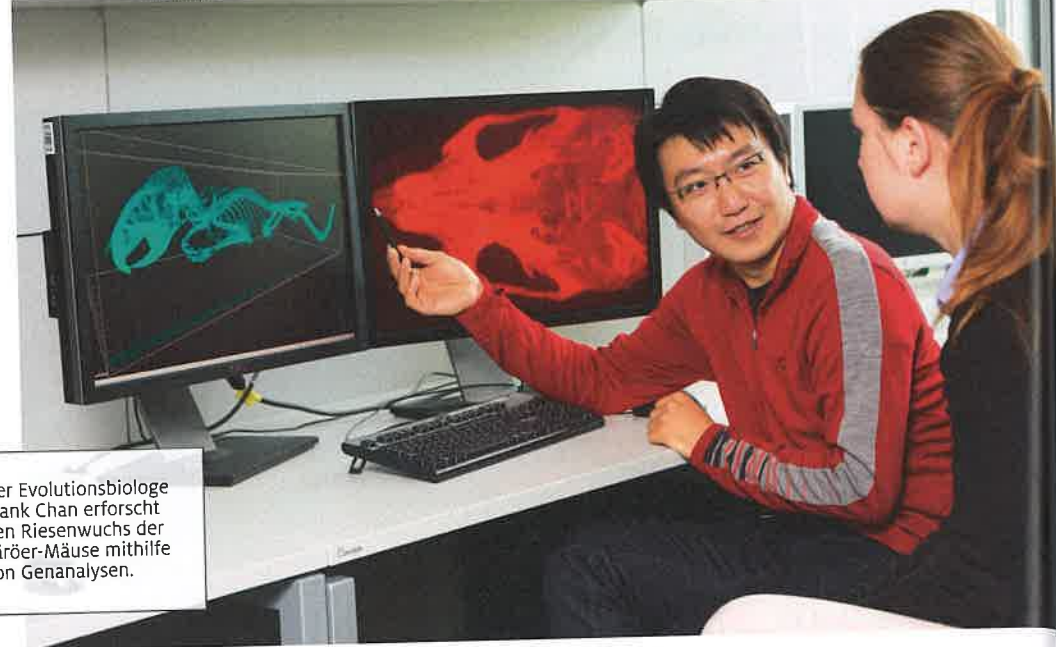
Mäuse sind keine gewöhnlichen Nager, sondern sie haben enorme Ausmaße erreicht.

Der Evolutionsbiologe Frank Chan hat die Riesenmäuse vor einem Jahrzehnt zu seinem Forschungsgegenstand gemacht. 2009 holte er zu Beginn eines Langzeitprojekts 20 färoische Mäuse in sein Labor, das damals noch am Max-Planck-Institut für Evolutionsforschung in Plön war. 2015, als er sich als Forscher gerade am Friedrich-Miescher-Laboratorium der Max-Planck-Gesellschaft in Tübingen etablierte, lebte schon die neunte Generation der Mäusegiganten. Chan meinte: „Die Erklärung für den Riesenwuchs dürfte in den Prozessen rund um Anpassung und Selektion zu finden sein.“ So kommt üblicherweise kleinen Beutetieren wie Mäusen zugute, dass sie umso mehr und vielfältigere Fluchtwege nutzen können, je kleiner sie sind. „Fehlen jedoch spezialisierte Räuber, wie das häufig auf Inseln der Fall ist, sinkt für viele Arten der Druck, die Körpermaße reduziert zu halten“, formulierte bereits Lawrence Heaney 1978, einer der Forscherpioniere zu evolutiven Prozessen.



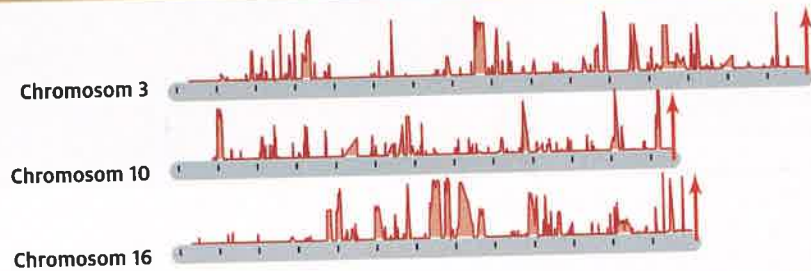
Festland Färöer

Der Evolutionsbiologe Frank Chan erforscht den Riesenwuchs der Färöer-Mäuse mithilfe von Genanalysen.



Ähnliches Erbe

Das Erbgut der großen Färöer-Mäuse ähnelt auf mehreren Chromosomen dem Erbgut der kleineren Mäuse vom Festland (*Mus musculus*). Je höher die rot markierten Zacken in den Kurven rechts sind, desto mehr Erbgut von *Mus musculus* steckt in diesem Chromosom-Abschnitt der Färöer-Mäuse.



Um Besonderheiten im Erbgut der Riesennager erkennen zu können, zog Chan zum Vergleich Erbmaterial von Labormäusen heran, die seit den 1970er-Jahren – und damit über 150 Generationen – künstlich auf Gigantismus gezüchtet worden waren. Einige von ihnen wogen mittlerweile sechs Mal so viel wie normalgewichtige Tiere. Nun kann ein Lebewesen selbst bei optimalen Umweltbedingungen nur so groß werden, wie es genetisch vorprogrammiert ist: Körpergröße und -umfang sind nicht beliebig variier- und erweiterbar. Also musste es für die Riesenausmaße verantwortliche Gene geben. Um sie zu finden, untersuchte Chan das Erbmaterial von sieben Stämmen der im Labor gezüchteten Mäusegiganten – und er wurde fündig. Mit seinem Team identifizierte er 67 Positionen im Erbgut, die mit einer Gewichtszunahme einhergehen.



Die meisten der mutmaßlichen „Gigantismus-Gene“ fand Chan im Erbgut der färöischen Riesennager. Um die Vererbung der Gene nachzuvollziehen, hatte er die Nager mit kleineren Labormäusen über zwei Generationen hinweg verpaart. Die Enkel-Generation bestand aus 830 Individuen. Aus diesem riesigen Datenschatz ließ sich die Vererbung spezifischer Eigenschaften wie in einem Familienstammbaum zurückverfolgen. Mithilfe einer Simulation gelang es den Forschern, die Entwicklung der Riesennager rückwärts auf der Zeitachse abzubilden. „Unsere Genanalysen zeigen, dass es sich bei den Färöer-Mäusen um einen Mix aus zwei in Europa verbreiteten Mäusegattungen handelt: *Mus musculus musculus* und *Mus musculus domesticus*.“ Den Simulationen zufolge trafen sich die beiden Arten vor etwa 650 bis 350 Jahren.

Bis 1380 kontrollierten Wikinger das Archipel, und sie brachten aus ihrer Heimat Norwegen vermutlich die *Domesticus*-Variante mit. Als dann die Dänen die Inselgruppe übernahmen, reiste mit ihnen die vor allem in der Kopenhagener Region verbreitete *Musculus*-Variante ein. Die beiden Mäuse-Arten zeugten miteinander Nachwuchs – anders als auf dem Festland, wo sie räumlich getrennt voneinander vorkommen. Die Mäusemischlinge waren nicht nur robuster und weniger anfällig für Krankheiten als die „reinen“ Arten, sondern entwickelten sich durch die Wachstumsgene auch zu Riesen.

Mäuse gegen Vögel

Solche Riesennager sind nicht nur auf den Färöern, sondern auch anderswo mehrfach unabhängig voneinander entstanden. Auf der unbesiedelten Insel Gough im Südatlantik gefährden sie eine einzigartige Vogelwelt. Umgeben von fischreichen Gewässern, ist der Tisch reich gedeckt für Millionen nistender



Auf der Atlantikinsel Gough sind die eingeschleppten Riesennager zu einer ökologischen Bedrohung geworden. Sie attackieren erwachsene Albatrosse und fressen die Küken bei lebendigem Leib.

Vögel. 24 Arten begegnet man auf Gough, und manche kommen nur hier vor. Das Eiland ist wegen dieser Vielfalt und seiner Bedeutung als globaler Nistplatz eines der wichtigsten Insel-Ökosysteme im Südatlantik. Hier leben unter anderem viele Albatross-Arten. Die Tiere werden bis zu 60 Jahre alt und pflanzen sich sehr langsam fort. Sie ziehen je nach Art nur alle ein bis zwei Jahre ein einziges Küken groß.

Doch ihr Überleben ist durch die marodierenden Riesennager stark gefährdet. Kein Küken, kein Gelege bleibt verschont, wenn die 50 bis 60 Gramm schweren Nager ganze Kolonien überfallen und die immerhin 10 Kilogramm schweren Albatrossküken töten. „Die Seevögel auf Gough sind den Attacken schutzlos ausgeliefert, da sie keine Säugetiere oder auch nur Vierbeiner als natürliche Fressfeinde kennen“, sagt Chris Jones von der britischen Vogelschutzorganisation RSPB. Die Tiere hätten keine Abwehrstrategien entwickelt und seien nun innerhalb weniger Jahre stark dezimiert worden.

Und das ist kein Einzelfall. So verbreiteten Biologen im Jahr 2015 erschreckende Bilder vom Midway-Atoll. Wieder ging es um Mäuse, diesmal allerdings nicht um Riesennager, sondern um das bizarre Jagdverhalten der Inselmäuse. Forscher dokumentierten in Filmszenen: Sobald

die Nacht hereingebrochen ist, finden sich die Nager zusammen und attackieren im Dutzend die im Nest oder einer unterirdischen Bruthöhle sitzenden Jung- und Altvögel. Sie klettern ihnen auf den Rücken, wo sie unerreichbar für den Vogelschnabel sind, und beißen zu.

Wie Gough leidet Midway an enormen Verlusten. Das Atoll beherbergt 40 Prozent aller Schwarzfuß- und 70 Prozent der brütenden Laysan-Albatrosse weltweit, die nun zur Leibspeise der Nager gehören. Zudem beginnen sich die vom Aussterben bedrohten Kurzschwanz-Albatrosse auf Midway gerade neu anzusiedeln – ein unglückliches Zusammentreffen.



Albatrosse in Gefahr

Das Aussterberisiko habe sich für diverse Vogelarten, insbesondere Albatrosse, beträchtlich erhöht, warnt Chris Jones. Sie schlug schon vor ein paar Jahren Alarm, nachdem eine mehrjährige Beobachtungsstudie von Alexander Bond vom britischen Natural History Museum ergeben hatte, dass die Mäuse jährlich zwei Millionen Eier und Küken verpeisen. Die neue Strategie ist, die Mäuse mit Giftködern auszurotten – in der Trockenzeit, wenn die Mäuse am hungerrigsten sind und am wenigsten Vögel auf der Insel leben, die ebenfalls diese Köder fressen könnten.

Insel-Invasoren

Im Zuge eines global angelegten Forschungsprojekts wurde vor Kurzem auf 257 tropischen und subtropischen Inseln die Zahl dort heimischer und nichtheimischer Säugetiere, Vögel, Reptilien, Ameisen und Pflanzen bestimmt.

„Dabei hat sich herausgestellt, dass die Zahl von Neobiota, also von eingeschleppten oder vom Menschen eingeschleppten Arten, mit wachsender Entfernung zum Festland – also mit zunehmendem Isolationsgrad – eindeutig zunimmt“, berichtet Holger Kreft von der Abteilung Biodiversität, Makroökologie und Biogeographie der Universität Göttingen in seiner 2018 veröffentlichten Publikation.

„Wenn es Arten gelingt, solch große Entfernungen zu überwinden, treffen sie dort auf womöglich evolutionsgeschichtlich über lange Zeit isolierte Spezies, die oft recht wehrlos sind und zudem jegliche Scheu oder Verteidigungsstrategie verloren haben“, so Forschungsgruppenleiter Dietmar Moser von der Universität Wien. „Häufig finden die Eindringlinge ungenutzte Ressourcen oder profitieren davon, dass natürliche Fressfeinde fehlen“, ergänzt sein Göttinger Forscherkollege Patrick Weigelt.

Das Leben sortiert sich dann in relativ kurzen Zeiträumen um: Räuber-Beute-Beziehungen verändern sich oder entstehen neu. All dies verändert Ökosysteme und das Zusammenleben von Arten auf einer Insel tiefgreifend.

All diese Beispiele zeigen, dass biologische Invasionen auf Inseln vor allem die besonderen, seltenen, oftmals nur hier heimischen („endemischen“) Arten bedrohen. Wissenschaftler befürchten als Folge nicht zuletzt den Verlust eines substanziellen Teils der Genreserven auf unserem Planeten. ■



CHRISTIAN JUNG fühlt sich vom Riesenwuchs der Tierarten auf den Inseln an die Erzählungen von Antoine de Saint-Exupéry über den Planeten der Riesen in „Der kleine Prinz“ erinnert.

August 2020

D € 8,20 | A € 8,20 | CH CHF 14,50
übrige Euroländer € 8,90 | E 2164 E

bild der WISSENSCHAFT

Jupiters Jugend:
Gewaltiger Crash im
Sonnensystem

Evolution auf Inseln:
Warum Tiere riesig
oder winzig werden

Photovoltaik:
Wie aus Abwärme
Strom wird

Überlebens- kraft



Wie die Menschheit Krisen bewältigt – Schutzschilder,
Abwehrstrategien und Ressourcen von Körper und Psyche

