

## QUANTENSPRUNG

Doppelte Gene  
gegen das  
Massensterben

In der Geschichte des Lebens gab es bisher fünf Massenaussterben, die jeweils dazu führten, dass sehr viele Arten aller Lebensformen innerhalb von geologisch kurzen Zeiträumen ausstarben.

Das jüngste Massenaussterben passierte vor etwa 65 Millionen Jahren und wurde entweder durch verstärkte Vulkanaktivitäten oder den Einschlag eines Asteroiden – oder beides – verursacht. Die Erde war wahrscheinlich für längere Zeit verdunkelt, viele Pflanzen- und etwa die Hälfte aller Tierarten inklusive der Dinosaurier starben aus.

Sind die Chancen, so eine Katastrophe zu überleben, für alle Lebensformen gleich? Yves Van de Peer und Mitarbeiter von der Universität von Gent in Belgien haben gerade in der Zeitschrift PNAS eine vergleichende Studie an mehreren Pflanzenarten veröffentlicht. Darin zeigen sie, dass viele der Pflanzen, die heute noch leben, vor etwa 65 Millionen Jahren eine Verdopplung ihres Genoms erlebten.



**AXEL MEYER**  
Professor für  
Evolutionärsbiologie  
in Konstanz und  
Fellow am  
Wissenschaftskolleg  
zu Berlin

Duplikationen des gesamten Genoms passieren sehr selten und haben wahrscheinlich fast immer negative Auswirkungen: Plötzlich gibt es doppelt so viele Gene, deren Funktionen koordiniert werden müssen.

Manchmal haben Genomduplikationen aber auch positive Folgen. Zum Beispiel ist die Mehrzahl unserer Nutzpflanzen polyploid – das erklärt womöglich ihre vergrößerten Früchte und andere Effekte der Domestizierung. Polyploidie, also die Verdopplung des Genoms, passiert auch gelegentlich, wenn neue Arten durch Hybridisierung aus zwei anderen Arten entstehen.

Polyplioide Arten und Hybride können unter bestimmten Umweltbedingungen einen Selektionsvorteil haben. So überleben beispielsweise in mit Schwermetallen versetzten Gebieten polyploide und hybride Pflanzen oft besser. Möglicherweise war also die Wahrscheinlichkeit, bei der Katastrophe auszustehen, durch eine zufällige Genomverdopplung verringert. Vorausplanen konnten die Pflanzen dies natürlich nicht; sie hatten einfach nur Glück, dass sich ihr Genom gerade zu dem Zeitpunkt verdoppelt hatte, als der Asteroid vom Himmel fiel.

wissenschaft@handelsblatt.com

## Wie neue Arten entstehen

## SERIE DARWINS URENKEL:

Makroevolution: Die Fragen der Artenbildung sind ein Hauptfeld der Evolutionsforschung

GIANNA GRÜN | DÜSSELDORF

Die natürliche Selektion, der ungesteuerte Ausleseprozess der Evolution, kann, das erkannte schon Darwin, nur stattfinden, wenn die Individuen einer Art sich voneinander unterscheiden. Diese Variation muss außerdem erblich sein, so dass das Überleben und vor allem der Fortpflanzungserfolg nicht zufällig sind, sondern von den vererbten Unterschieden abhängen.

Auf seiner Weltreise mit der „Beagle“ fielen Darwin 1835 auf den Galapagos-Inseln bei den später nach ihm benannten „Darwin-Finken“ die großen Unterschiede der Schnabelformen auf. In seinen Notizbüchern schreibt er dazu: „Das Merkwürdigste ist die vollkommene Abstufung der Schnabelformen: von einem, der groß ist wie der eines Kernbeißers, bis zu dem der Buchfinken und selbst dem der Grasmücke.“

Und Darwin hatte auch eine Idee, wie es zu diesen Abstufungen kommt: „Wenn man diese Abstufung und strukturelle Vielfalt bei einer kleinen, eng verwandten Vogelgruppe sieht, möchte man wirklich glauben, dass von einer ursprünglich geringen Zahl an Vögeln auf diesem Archipel eine Art ausgewählt und für verschiedene Zwecke modifiziert wurde.“

Was Darwin und vor allem der Vogelkundler John Gould (1804-81), dem Darwin eine Sammlung präparierter Vögel sandte, damals anhand der Beobachtung des Aussehens folgerten, ist heute nachgewiesen: Einige wenige Vögel derselben Ausgangsart wurden vermutlich durch sehr starken Wind vom Festland auf die Inseln verweht. Da dort genügend Platz, ausreichend weiche Samen zur Nahrung und keine natürlichen Fressfeinde vorhanden waren, konnten sich die Finken ungestört vermehren. Als es auf den Inseln eng wurde für die vielen Finken, traten sie untereinander in Konkurrenz um

Nahrung. Das Nahrungsangebot wurde also zum Selektionsfaktor, der die Ausprägung verschiedener Schnabelformen begünstigte, die die Erschließung von neuen Nahrungsquellen, wie zum Beispiel harter Kerne, ermöglicht und so die Konkurrenz der Finken untereinander verringert hat. Auf natürlichem Wege spezialisierten sich die Finken immer mehr, bildeten neue Schnabel-Varianten – bis schließlich unterschiedliche Arten entstanden sind.

## Schlüsselbegriffe

**Art (Spezies):** Der Artbegriff ist in der Biologie noch nicht übergreifend definiert. Evolutionsbiologen verstehen darunter eine Fortpflanzungsgemeinschaft. Zu ihr zählen alle Organismen, die sich sexuell miteinander fortpflanzen, also genetisches Material austauschen.

**Ökosystem:** Gesamtheit der Lebewesen und des unbelebten Lebensraums in einem begrenzten Gebiet.

**Speziation:** Der Prozess der Bildung einer neuen Art durch natürliche Auslese über viele Generationen und das Aufkommen von Fortpflanzungsbarrieren innerhalb bisheriger Fortpflanzungsgemeinschaften.

**Variation:** Verschiedenheit der Ausprägungen eines Merkmals innerhalb einer Art oder auch in verschiedenen Arten.

– also sexuelle Fortpflanzung – über die Artgrenzen hinweg findet nur extrem selten statt.

Die Makroevolution, also die Entstehung neuer Arten, und die Definition des Artbegriffs als solcher bleiben auch für heutige Evolutionsbiologen ein zentrales Forschungsfeld mit vielen unbeantworteten Fragen.

Hendrik Reers vom Max-Planck-Institut für Ornithologie (Vogelkunde) in Starnberg beschäftigt sich mit der Frage, warum spezifische Kommunikationssignale innerhalb einer Tierart variiert werden. In Kenia untersuchte er die Bettelrufe von Jungvögeln der Art Jackson-Weber. „Evolutionärsbiologisch ist es wichtig für Eltern, ihre eigenen Jungen zu füttern und nicht etwa Jungtiere, die gar nicht ihre Gene tragen.“ Er erwartete, dass es zwei Signale geben würde: eines, das die individuelle



Inspiration für die Evolutionslehre: Der Groß-Grundfink gehört zur Gruppe der Darwin-Finken auf den Galapagos-Inseln.

Identität der Jungen anzeigt und sich nicht verändert, und ein zweites, das sich je nach Hunger des Jungvogels verändert.

Die Auswertung der aufgezeichneten Bettelrufe der Jungtiere zeigte jedoch etwas anderes: „Es kommt zu einer Vermischung der beiden Signale: Die Identität der Tiere wird über die Tonlage wiedergegeben, die sich jedoch mit zunehmendem Hunger verändert. Um den Hunger des Jungvo-

gels einschätzen zu können, müssen die Eltern daher die Identität des Jungvogels kennen“, so der Ornithologe, „um eben nicht in die Gene anderer zu investieren.“

Jochen B. W. Wolf, Evolutionsbiologe an der Universität Uppsala in Schweden, erforscht einen Ausnahmefall der sexuellen Fortpflanzung, nämlich die über Artgrenzen hinweg. Sein Studienobjekt sind Krähen, die als Hybride aus der sexuellen Fort-

pflanzung zwei verschiedener Krähenarten – einer grauen und einer schwarzen – hervorgehen. „Wir beobachten hier etwas Paradoxes: Die beiden unterschiedlichen Krähenarten verhalten sich wie zwei verschiedene Arten, haben aber voraussichtlich keine signifikanten genetischen Unterschiede.“ Er leitet daraus ab, dass es zwar eine auffällige Divergenz im Aussehen geben kann, dies aber auf nur wenige Unterschiede im

DREI FRAGEN AN:  
H.-J. RHEINBERGER

„Forschung sah damals ganz anders aus“

Wie unterscheiden sich die Bedingungen heutiger Evolutionsbiologen von denen Darwins zu Beginn des 19. Jahrhunderts?

Forschung sah damals ganz anders aus. Es gab nun mal keine gentechnischen Labors wie heute – die Arbeitsbedingungen waren ganz andere. Als Charles Darwin 1831 seine fünfjährige Weltreise mit der „Beagle“ an-

HANS-JÖRG  
RHEINBERGER

Direktor am Max-Planck-Institut für Wissenschaftsgeschichte



trat, nahm er nur ein paar Bücher und Kisten mit, um Material zu sammeln. Außerdem hatte er ein riesiges Korrespondenten-Netzwerk, das er nutzte, um Informationen zu sammeln und auszutauschen.

## Was für ein Forschertypus war Darwin?

Darwin war in erster Linie ein Naturbeobachter. Seine Forschung lebte von intensiver Beobachtung, das war seine Gabe. Dabei hatte er ein ausgeprägtes Gespür für winzige Details, die er mit entscheidenden Fragestellungen in Verbindung bringen konnte.

## Wie würde Darwin heutige Forschungsprojekte beurteilen?

In manchen Fällen wäre es für ihn gar nicht begreifbar, was da untersucht wird. Das von Ihnen vorgestellte Projekt zur Koevolution zwischen Wirt und Parasit (Handelsblatt vom 12. März 2009) fände Darwin sicher sehr spannend. Für solche Themen und Zusammenhänge hatte er ein mitreißendes Interesse. Wobei hier die theoretische Biologie und Populationsgenetik für ihn vermutlich nicht so interessant gewesen wären.

Die Fragen stellte Gianna Grün.

Erbgut zurückzuführen ist. Das ist etwas eher Ungewöhnliches, da die Artbildung normalerweise durch viele Veränderungen, also neue Varianten, im Erbgut bedingt ist. „Wir denken, dass die Partnerwahl bei der Artbildung eine deutlich größere Rolle spielt, als bisher angenommen wird“, sagt Wolf.

Mehr zum Thema Darwin und Evolution unter: [www.handelsblatt.com/darwin](http://www.handelsblatt.com/darwin)

Stürmische  
Vulkanausbrüche

Rauchwolken verhalten sich wie Tornados

TINKA WOLF | DÜSSELDORF

Die Rauchfahnen bei Vulkanausbrüchen verhalten sich so ähnlich wie Tornados: Sie rotieren um die eigene Achse und erzeugen dabei Windhosen und Blitze, berichten amerikanische Forscher.

In einer Studie in der Fachzeitschrift „Nature“ beschreiben die Wissenschaftler von der Universität von Illinois die Rotation vulkanischer Rauchfahnen, die sie auf Satellitenaufnahmen vom Ausbruch des Mount Pinatubo auf den Philippinen im Jahr 1991 entdeckt haben. Sie bezeichnen das Phänomen als „vulkanischen Mesozyklon“.

Mesozyklone – rotierende Luftsäulen mit einem Durchmesser von zwei bis zehn Kilometern – kennt man eigentlich aus der Meteorologie: Sie sind ein Schlüsselfaktor bei der Entstehung von Tornados. Bei Vulkanausbrüchen dagegen war man bislang davon ausgegangen, dass die Rauchsäule nicht rotiert und symmetrisch um ihre vertikale Achse steht. Beide Annahmen konnten die Forscher anhand der Satellitenbilder vom Mount Pinatubo widerlegen: Die Aufnahmen, die im Abstand von jeweils einer Stunde entstanden waren, zeigen nicht nur die Rotation der Aschewolke, sondern auch, dass diese mit der Zeit immer asymmetrischer wird.

Mit der Entdeckung der vulkanischen Mesozyklone werden frühere Modelle für die meteorologischen Ef-

ekte von Vulkanausbrüchen hinfallig: „Die Rotation ist ein entscheidendes Element in starken vulkanischen Rauchsäulen“, sagt Pinaki Chakraborty, der die Untersuchung geleitet hat. „Wenn wir die Rotation einkalkulieren, können wir die Effekte von Vulkanausbrüchen besser vorhersagen.“

Auf die Spur der rotierenden Rauchsäulen brachte die Forscher unter anderem der Bericht eines Schiffskapitäns aus dem Jahr 1881. Der Kapitän beschrieb, wie aus einem Vulkan auf den Azoren eine rotierende Rauchsäule aufstieg; es entstanden Blitze und später auch Wasserhosen.

All diese Phänomene sind eigentlich typisch für eine ganz andere Naturkatastrophe: für Tornados. „Was in Tornados geschieht, ist analog zu dem, was in starken vulkanischen Rauchsäulen passiert“, erklärt Chakraborty die Gemeinsamkeiten. So entstehen auch bei Vulkanausbrüchen häufig Wind- oder Wasserhosen und Blitze.

Mesozyklone im Inneren der vulkanischen Rauchsäule würden die meteorologischen Begleiterscheinungen eines Ausbruchs erklären, glauben die Forscher. Die Rauchfahne eines ausbrechenden Vulkans bestehe aus einer senkrechten Säule aus heißen Gasen und Staub, bedeckt von einem „Schirm“ – ähnlich einem Atompilz. Durch die Rotation im Inneren der Säule, vermuten Chakraborty und seine Kollegen, würden die elektrischen Ladungen der Teil-



Beim Ausbruch des Vulkans Chaiten in Chile im Mai 2008 entluden sich in der Rauchwolke elektrische Blitze wie bei einem Gewittersturm.

chen ausgerichtet und erzeugten Blitze auf der Außenseite. Besonders eindrucksvoll war dieses Phänomen beim Ausbruch des Mount Chaiten in Chile im vergangenen Jahr zu beobachten: Die Rauchsäule des Vulkans schien in eine Schicht aus Blitzen eingehüllt zu sein (Bild).

Die Begleiterscheinungen eines vulkanischen Mesozyklons – rotierende Rauchsäule, Blitze und Windhosen – entstünden vermutlich in den meisten vulkanischen Rauchfahnen, auch wenn sie möglicherweise durch Winde und andere Faktoren verdeckt würden, schreiben die Forscher in ihrer Studie. Dank der Ähnlichkeiten zwischen Vulkanausbrüchen und Stürmen hoffen sie, in Zukunft einige Methoden aus der Sturm- und Tornadoforschung auch für die Erforschung von Vulkanausbrüchen anwenden zu können.

Vulkane sind Austrittsstellen für das sogenannte Magma, durch Hitze

und hohen Druck verflüssigtes Gestein, das im Erdinneren in über 100 Kilometer Tiefe entsteht. Wenn das Magma an die Erdoberfläche gelangt, bezeichnet man es als Lava. Die erkaltete Lava formt im Lauf der Jahrtausende meist einen typischen kegelförmigen Berg.

Bei Vulkanausbrüchen treten außer dem flüssigen Gestein auch glühende Wolken aus Gas und Staub auf, die im Umkreis von mehreren Hundert Kilometern Ascheregen erzeugen können. Derzeit gelten weltweit etwa 1900 Vulkane als aktiv. Spektakuläre Ausbrüche wie den des Mount Chaiten im Mai 2008 gibt es daher immer wieder – derzeit etwa in Alaska, südwestlich der Hauptstadt Fairbanks, wo der Mount Rebound seit der Nacht zum Montag bereits fünf Mal ausgebrochen ist. Er schleuderte eine 15 Kilometer hohe Rauchsäule in die Luft. Verletzt wurde dabei niemand.

## Künstliche Befruchtung mit einzelnen Embryonen ist billiger und effizienter

Forscher liefern Argumente gegen den mehrfachen Embryonentransfer

TINKA WOLF | DÜSSELDORF

Weniger ist manchmal mehr – das zeigen finnische Forscher in einer Studie im Fachblatt „Human Reproduction“. Anstatt bei einer künstlichen Befruchtung mehrere Embryonen auf einmal in die Gebärmutter einzusetzen, ist es effizienter und billiger, nur einzelne Embryonen in mehreren aufeinander folgenden Zyklen zu übertragen, glauben die Wissenschaftler.

Die Forscher um Hannu Martikainen von der Universität Oulu hatten Daten von mehr als 1500 Patientinnen unter 40 Jahren ausgewertet, die sich in den Jahren 1995 bis 2004 an der Universitätsklinik von Oulu einer In-vitro-Fertilisation (IVF) unterzogen hatten. Bei dieser Behandlung werden der Frau Eizellen entnommen und im Reagenzglas mit Spermien befruchtet. Nach zwei bis fünf Tagen werden die Embryonen in die Gebärmutter eingesetzt. Diesen Schritt bezeichnen Mediziner als Embryonentransfer.

Martikainen und seine Kollegen teilten die Datensätze für ihre Studie in zwei Perioden ein: in die Zeit von 1995 bis 1999, in der der doppelte Embryonentransfer (DET) die gängige Praxis war und nur bei 4,2 Prozent der Behandlungen einzelne Embryonen eingepflanzt wurden, und in die Zeit zwischen 2000 und 2004, als der Einzel-Embryonentransfer (eSET) bereits in 46,2 Prozent der Fälle praktiziert

wurde. Wie die Forscher berichten, waren sowohl die Schwangerschaftsrate als auch die Geburtenrate in der zweiten Periode höher. Der Anteil der Mehrlingsschwangerschaften dagegen lag deutlich niedriger als in der ersten Periode; er sank von 19,6 Prozent auf 8,9 Prozent.

Auch die Behandlungskosten verringerten sich in der zweiten Periode, als häufiger einzelne Embryonen übertragen wurden – und zwar um durchschnittlich fünf Prozent. „Unsere Studie zeigt, dass die Einführung des eSET-Verfahrens zu besseren Ergebnissen und geringeren Behandlungskosten führt“, so Martikainen. „Wir haben errechnet, dass ein Baby, das nach eSET lebend und zum normalen Geburtstermin zur Welt kommt, im Durchschnitt 19 889 Euro weniger kostet als Babys, die nach einem Doppel-Embryonentransfer geboren werden.“

Off setzen Reproduktionsmediziner bei künstlichen Befruchtungen nach wie vor mehrere Embryonen gleichzeitig in die Gebärmutter ein, um die Erfolgchancen bei der Befruchtung zu erhöhen – die ohnehin nur bei etwa 15 bis 20 Prozent liegen. Allerdings steigt bei multiplen Embryonentransfers auch die Gefahr von Mehrlingsschwangerschaften, die immer ein Risiko für Mutter und Kinder darstellen. In Deutschland dürfen aus diesem Grund maximal drei Embryonen übertragen werden; in anderen Ländern, etwa den USA, besteht keine gesetzliche Obergrenze.

Die Folgen sind zum Teil extreme Mehrlingsschwangerschaften – wie etwa bei einer 33-jährigen Amerikanerin, die Anfang des Jahres in Los Angeles Achtlinge zur Welt brachte. Sie hatte sich die Embryonen bei einer künstlichen Befruchtung einpflanzen lassen, obwohl sie bereits sechs andere Kinder hatte, und löste damit eine öffentliche Debatte über den Sinn und die ethische Vertretbarkeit multipler Embryonentransfers aus.

„In Zeiten, in denen viele Länder eine intensive Diskussion darüber führen, wie Mehrlingsschwangerschaften vermeiden und Fruchtbarkeitsbehandlungen bezahlbar gemacht werden können, sollten die Entscheidungsträger auf unsere Ergebnisse aufmerksam gemacht werden“, meint Martikainen. „Die Daten sollten außerdem Kliniken dazu ermutigen, ihre Richtlinien zum Embryonentransfer zu überprüfen und eSET als gängige Methode für Frauen unter 40 Jahren zu übernehmen.“

## UNSERE THEMEN

MO ÖKONOMIE

DI ESSAY

MI GEISTESWISSENSCHAFTEN

DO NATURWISSENSCHAFTEN

FR LITERATUR