

Eine Sternstunde der Menschheit

Ein Blick auf die Insel Isabella, die zu den größeren Inseln des Galápagos-Archipels zählt. Die zahlreichen Galápagosinseln liegen im Pazifischen Ozean, 1000 Kilometer westlich von Ecuador, zu dessen Staatsgebiet sie gehören. Die Inseln sind vulkanischen Ursprungs, wie die vielen Krater erkennen lassen.

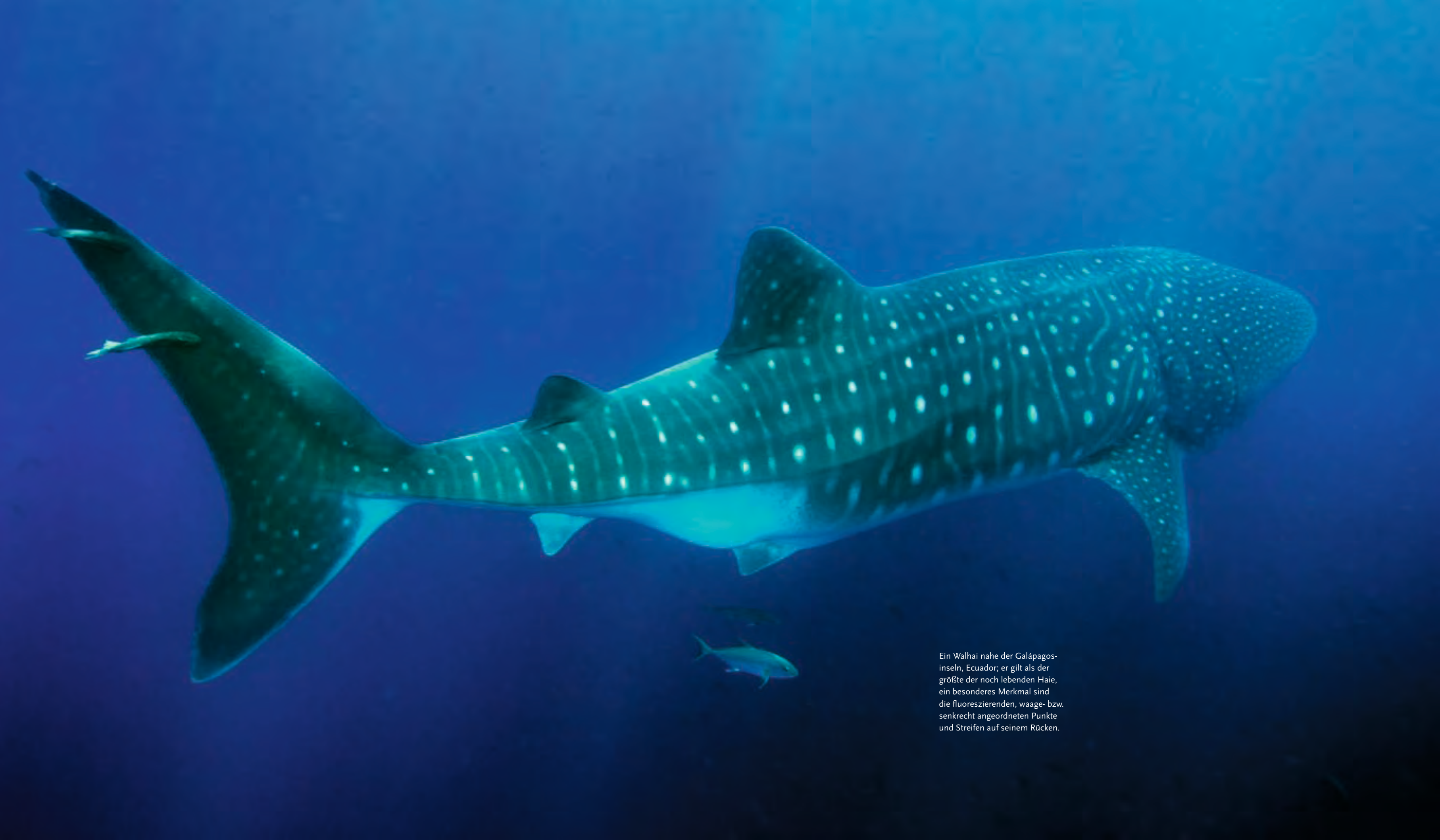


Auf den Galápagosinseln leben Blaufußtölpel in großer Zahl; ihren Namen verdanken diese Vögel den blauen Füßen, die mit lederartigen Schwimmhäuten ausgestattet sind.

Unten: Zu den bekanntesten Tieren der Galápagosinseln gehören die Riesenschildkröten. Wie sie auf die isolierte Inselgruppe gelangt sind, ist nicht klar.



Eine Meerechse – ein Leguan oder Iguana – auf den Meeresfelsen der Galápagosinseln.



Ein Walhai nahe der Galápagos-
inseln, Ecuador; er gilt als der
größte der noch lebenden Haie,
ein besonderes Merkmal sind
die fluoreszierenden, waage- bzw.
senkrecht angeordneten Punkte
und Streifen auf seinem Rücken.



Als ob es Augen wären: Die Raupe eines Schwärmers – in diesem Fall handelt es sich um einen sogenannten Linienschwärmer, der zu den Schmetterlingen zählt – erweckt durch die beiden dunklen Flecken den Eindruck, eine Schlange zu sein.



Eine als Gottesanbeterin bekannte Fangheuschrecke imitiert die weißen Blüten einer Orchidee (sie heißt deshalb Orchideenmantis). Sie kann von uns kaum und von ihrer Beute gar nicht wahrgenommen werden.



Der Steinfisch tarnt sich durch seine bräunliche Farbe gut; er lebt in flachen Küstengewässern und besitzt auf seinem Rücken giftige Dornen.



Linke Seite, oben:
Ein Blick in die Insektensammlung
des Museums für Naturkunde
und Vorgeschichte in Dessau
(mit im Bild der Kurator Timm
Karisch). Zur Sammlung gehören
Tausende Schmetterlinge, Käfer
und Zweiflügler aus Europa, Süda-
merika und Asien.

Linke Seite, unten:
Gott muss eine Vorliebe für Käfer
gehabt haben, wie Darwin meinte,
sonst hätte er nicht so viele davon
geschaffen. Hier ein Blick in die
riesige Sammlung des Instituts
für Biodiversität, das in Costa Rica
beheimatet ist.

Die Ausbeute eines Schmetter-
lingsfängers in Zentralafrika. Das
Land ist reich an Schmetterlingen,
und jede Sorte ist mit einem
besonderen Baum verbunden.
Die Schmetterlinge treten einmal
pro Jahr in Erscheinung, wenn der
Lebenszyklus ihres Baumes die
Gelegenheit (Lebensbedingungen)
dazu günstig erscheinen lässt.



Der afrikanische Goliathkäfer
(*Goliathus cacicus*) wird rund zehn
Zentimeter groß und wiegt dabei
etwa hundert Gramm. Goliath-
käfer sind nachtaktive Tiere, die
sich von den Säften der Bäume
ernähren.

*Nichts ergibt in der Biologie einen Sinn,
außer man betrachtet es im Lichte der Evolution.*

THEODOSIUS DOBZHANSKY

Ein großer Gedanke und seine erbitterten Gegner

Evolution

Das Wort »Evolution« kommt aus dem Lateinischen, und man kann das dazugehörige Verb mit »hervorrollen«, »abwickeln«, »auswickeln« oder »entwickeln« übersetzen. Evolution drückt also einen Vorgang aus, der im allgemeinen Verständnis allmählich stattfindet und nie zum Stillstand kommt – im doppelten Gegensatz zu Revolutionen, die schlagartig und plötzlich über uns eimbrechen und irgendwann beendet sind. Mit Evolution meint man eine durchgängige und zumeist still und friedlich verlaufende Fortentwicklung ohne Ziel, und dabei beschränkt man sich heute nicht mehr nur auf die Biologie und das Leben, das diese Wissenschaft erforscht. In diesem Buch geht es jedoch um die biologische Evolution, deren Grundgedanke im Haupttext erläutert wird und die fest mit dem Namen von Charles Darwin verbunden ist.

Evolutionsforscher können keine Vorhersagen treffen – außer der, dass sich fast alles ändern wird. Sie können aber der Frage nachgehen, welche Kräfte – vor Millionen Jahren wie heute – die so zahlreichen Organismen geformt haben und wie es zu einer derartigen Vielfalt an Leben gekommen ist. Jeder neugierige Blick in die Natur lässt zahlreiche deutlich verschiedene Formen des Lebens erkennen – wir unterscheiden Vögel von Käfern und Fische von Seesternen –, die von der Wissenschaft in Arten eingeteilt werden, deren Bestimmung Fachleuten viel Freude, aber auch Arbeit bereitet. Wir lernen auf Inseln die Bandbreite dessen kennen, was dem Leben möglich ist, und begleiten Charles Darwin auf seiner Weltreise. Warum versteckte er seine Theorie mehrere Jahre, ehe er das »Geheimnis der Geheimnisse« lüftete? Und warum gelingt es seinen Deutern bis heute, die Theorie der natürlichen Selektion, den »struggle for existence«, zu einem blutrünstigen Kampf ums Überleben umzudeuten?

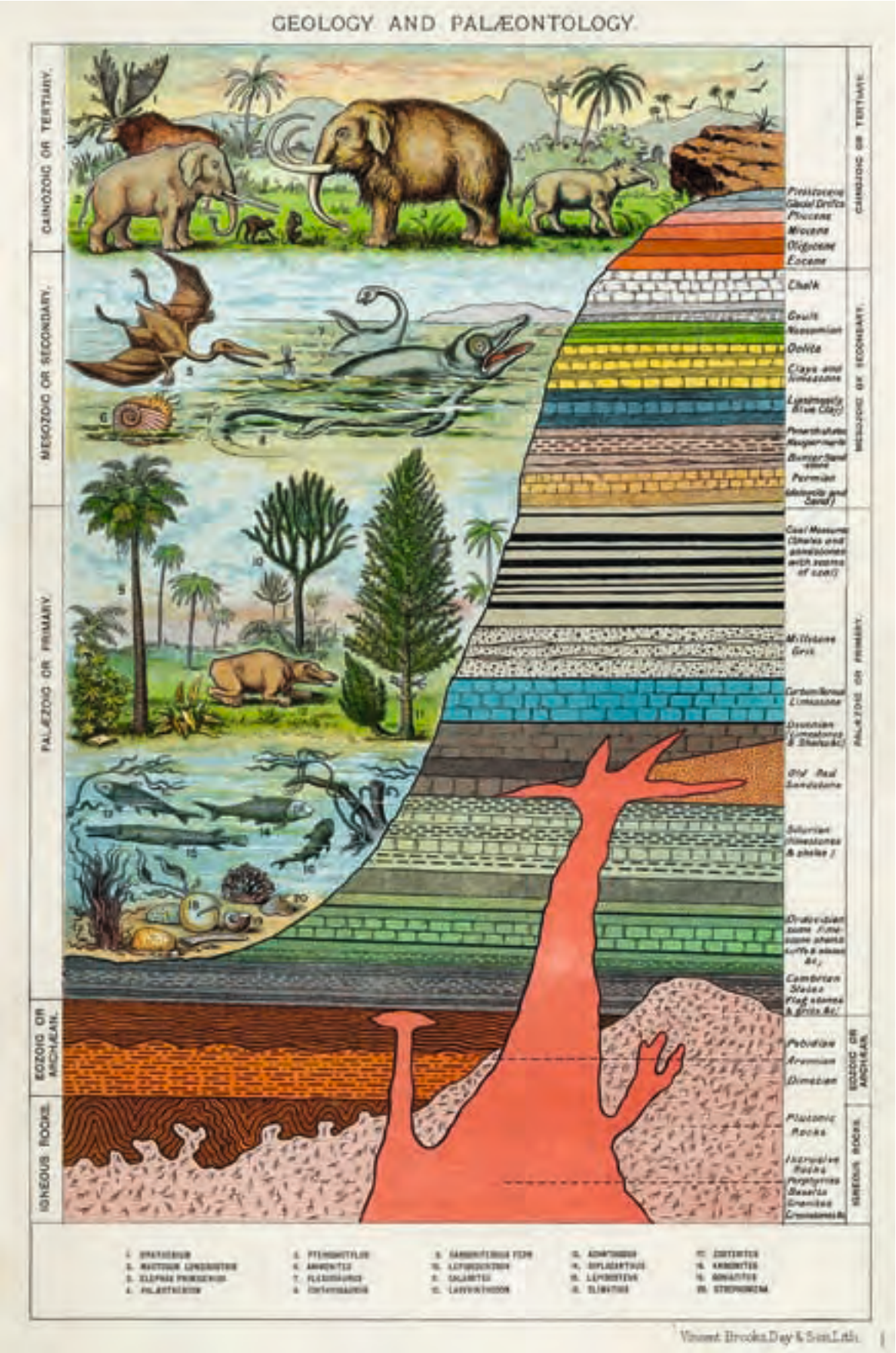
EVOLUTION – WAS SONST?

Mit welcher anderen Idee lässt sich verstehen, wie das Leben so herrlich vielfältig und variantenreich werden konnte, wie es sich heute zeigt? Alles was kreucht und fleucht und Odem hat, bewegt und regt sich in einer Welt, die seit ihren Anfängen nichts anderes getan hat, als sich zu verändern: Das Klima wandelt sich, die Kontinente verschieben sich, Vulkane brechen aus, Gebirge erheben sich, Inseln tauchen auf. Neben diesen und anderen Wirkungen, die aus der Erde und ihren inneren Kräften selbst kommen, halten unseren Planeten auch kosmische Ereignisse auf Trab, die von außen Einfluss nehmen – und zwar gewaltig, wenn es sich etwa um Einschläge von Meteoriten handelt. Die Erde kann nur bewohnen, wer mit den immer wieder anderen Bedingungen zurechtkommt, die sich im Laufe langer Zeiten einstellen. Konkret heißt das, dass Organismen vor allem eines können müssen, nämlich sich anpassen an die Umwelt, in der sie leben wollen.



Die Vielfalt der Fische, wie sie eine französische Enzyklopädie aus dem 19. Jahrhundert präsentiert.

Die verschiedenen Zeitalter der Erde können an Schichten abgelesen werden, zu denen charakteristische Fossilien gehören.



Der Birkenspanner: ein Beispiel für eine Anpassung

Es leuchtet ein, wenn man erfährt, dass die Flosse eines Fisches an das Wasser, der Flügel eines Vogels an die Luft und der Fuß eines Kamels an den Wüstenboden angepasst sind. Aber wir können nicht beobachten, wie dies von einem Tag auf den anderen, oder von einem Jahr zum nächsten, geschieht. Anpassungen erfolgen innerhalb von Arten, und die brauchen viele Generationen dafür.

Die Natur lässt sich Zeit, und nur manchmal passiert etwas so rasch, dass man dabei zusehen kann. Das Beispiel betrifft einen Nachtfalter namens Birkenspanner (*Biston betularia*). Birkenspanner sind gewöhnlich hell gefärbt und kaum zu erkennen, wenn sie auf der Rinde einer Birke sitzen. So werden sie leicht von ihren Fressfeinden übersehen. Dies gilt nicht für die ebenfalls existierende dunkle Variante.

Sie hätte Vorteile bei einer dunklen Rinde. Dunkle Birkenrinden gab es tatsächlich zu einer Zeit, als die Industrie dunkle Wolken Ruß aus den Fabrikschornsteinen blies.

Im 19. Jahrhundert konnte tatsächlich beobachtet werden, dass die Zahl der dunklen Nachtfalter dort zunahm, wo die Birken verschmutzt waren. Als in den 1960er Jahren die Luft sauberer wurde und zugleich wieder mehr helle Birkenspanner zu sehen waren, meinte man, ein Paradebeispiel für die Anpassung von Arten gefunden zu haben. Das stimmt auch. Aber leider liegen die Dinge nicht ganz so einfach, wie man dachte, da der Birkenspanner sich nicht auf der Baumrinde niederlässt, sondern die Unterseite von kleinen Zweigen wählt und sich auf diese Weise vor seinen Feinden versteckt – zu ihnen gehören immerhin Rotkehlchen, Amseln, Elstern und

Blaumeisen. Wenn sich die Verteilung von hellen und dunklen Faltern ändert – und sie tut dies nachweislich unentwegt –, dann muss man nicht nur die Industrieanlagen, sondern auch die Vögel in der Umgebung ansehen, und vielleicht gibt es auch noch andere Faktoren, die die Häufigkeit der Falterfarbe beeinflussen.

Klar ist nach vielen Jahrzehnten des Beobachtens nur, dass sich der Anteil der dunklen bzw. hellen Form ändert, dass sich die Population der Birkenspanner immer wieder neu einstellt und sich durch diese Flexibilität den jeweils relevanten Lebensumständen anpasst, zu denen Schornsteinruß ebenso gehört wie die beutemachenden Vögel.



Die helle und die dunkle Form des Birkenspanners, die beide ihre Überlebenschance in einer sich wandelnden Umwelt haben.

Wenn wir von der Evolution des Lebens sprechen, dann meinen wir seine innen angelegte Fähigkeit, sich an äußere Umstände anzupassen. Wunderbar daran ist, dass die Wissenschaft damit begonnen hat, die dazu nötigen Mechanismen und Abläufe zu erfassen und zu erklären, auch wenn noch viele Details offen und zu erkunden bleiben.

Das Leben hat lange gebraucht, um die heutigen Formen hervorzubringen. Es hat mit dieser Bildung bereits angefangen, kaum dass es vor knapp vier Milliarden Jahren den richtigen Ort dafür gab – nämlich die Erde. Leben will also da sein, und wir erlauben uns, dies als ein Geschenk hinzunehmen. Was wir genauer verstehen wollen und können, ist seine Entwicklung, nachdem es einmal da war. Welche Kräfte haben die Organismen geformt, die entstanden sind und sich immer neu anpassen mussten?

DAS GEHEIMNIS DER GEHEIMNISSE

Das Wort »Leben« beziehen wir gewöhnlich auf ein Individuum. Wir haben unser eigenes Leben, und wir erfreuen uns am Leben unserer Kinder. Wir sprechen aber auch vom »Leben im Wald« oder vom »Leben im Meer«, und dann meinen wir die Gesamtheit der dort anzutreffenden Organismen aus Flora und Fauna. Von diesem breiten Spektrum des Lebens handelt die Evolutionsbiologie, die verstehen möchte, wie die dabei jeweils beobachtete Vielfalt entstehen konnte. Jeder neugierige Blick in die Natur lässt zahlreiche deutlich verschiedene Formen des Lebens erkennen – wir unterscheiden Vögel von Käfern und Fische von Seesternen –, die von der Wissenschaft genauer in Arten (Spezies) eingeteilt werden, deren Bestimmung Fachleuten viel Freude und Arbeit bereitet.

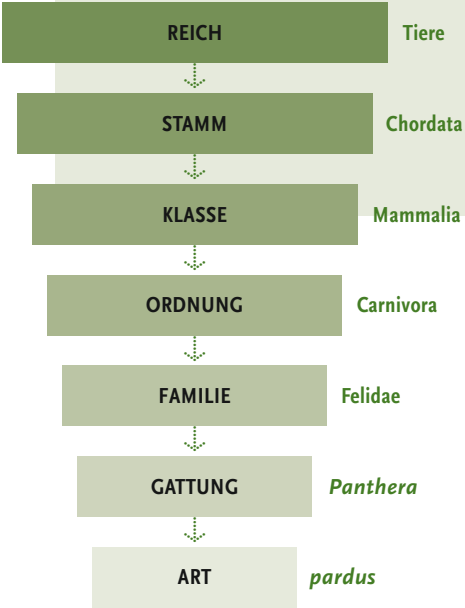
Flora vs. Fauna

Flora bezeichnet die Gesamtheit aller Pflanzen, die Fauna dagegen die Gesamtheit aller Tiere in einem bestimmten Gebiet der Erde. Beide können nochmals unterteilt werden, so zum Beispiel in lebende (rezente) bzw. ausgestorbene (fossile) Flora oder Fauna oder in geographische Bereiche. Die Fauna wird des Weiteren nach Lebensräumen in Land-, Süßwasser- und Meeresfauna aufgeteilt.

Die Art
Der wesentliche Begriff der Evolutionsbiologie ist die Art (Spezies). Sie ist das, was sich an die Umwelt anpassen kann, sie ist das, was neu entstehen kann. Immer wieder wird versucht, die Idee der Art genauer zu fassen. Individuelle Lebewesen, zum Beispiel ein Leopard, gehören zu einer

Art, die gewöhnlich durch zwei Begriffe bezeichnet wird (Panthera pardus im Fall des Leoparden). Arten werden Gattungen zugeteilt, die wiederum zu Ordnungen gehören (Fleischfresser oder Carnivora), die dann Klassen bilden (Säugetiere oder Mammalia), aus denen Stämme werden (Chordata), die zuletzt Reiche (Tierreich) ergeben.
Der Wunsch der Wissenschaft besteht natürlich darin, eine objektive Definition der Art zu finden, und so bevorzugen viele Biologen den Hinweis darauf, dass nur zwei Vertreter einer Art fruchtbaren Nachwuchs zeugen können.

Es gibt mehrere Möglichkeiten, die Art als biologisch anwendbaren Begriff zu definieren: Die Festlegung von der Gestalt her (morphologisch) betont messbare anatomische Unterschiede; von der Lebensführung her (biologisch) wird die reproduktive Isolierung betont: Nur zwei Vertreter einer Art können fruchtbaren Nachwuchs produzieren. Und von der Wahrnehmung her (perzeptiv) kann man Mitglieder einer Art nach Merkmalskombinationen definieren, die den Paarungserfolg innerhalb einer Population optimieren; diese Bestimmung schließt die Fähigkeit zur Wahrnehmung ein.



Ein Leopard wird von den Biologen als *Panthera pardus* klassifiziert. Hier ruht ein Exemplar dieser Art auf einem Baumstamm in einem Reservat in Kenia.

In der Evolutionsbiologie geht es um das Leben von Arten. Genauer genommen ist das Überleben der Arten gemeint. Bekanntlich sterben alle Lebewesen, aber die Art, zu der sie gehören, kann über einen sehr langen Zeitraum bestehen bleiben, wenn genügend Nachwuchs erzeugt oder wenn dieser geeignet verändert (modifiziert) wird. Eine Art überlebt dann, wenn ihre jeweils nachwachsenden Mitglieder an die jeweils neuen Umstände angepasst sind. Man könnte von einer »Anpassung durch Abstammung« sprechen, und entdeckt hat diesen Vorgang der Urvater des evolutionären Denkens, der Brite Charles Darwin. Veröffentlicht hat Darwin seine Einsichten in seinem berühmten Buch von 1859, das er üppig barock betitelt hat: »Von der Entstehung der Arten mit Hilfe der natürlichen Zuchtwahl oder Die Erhaltung von bevorzugten Rassen im Lebenskampf«. Im englischen Original klingt das so: »On the Origin of Species by Means of Natural Selection or The Preservation of Favoured Races in the Struggle for Life«.

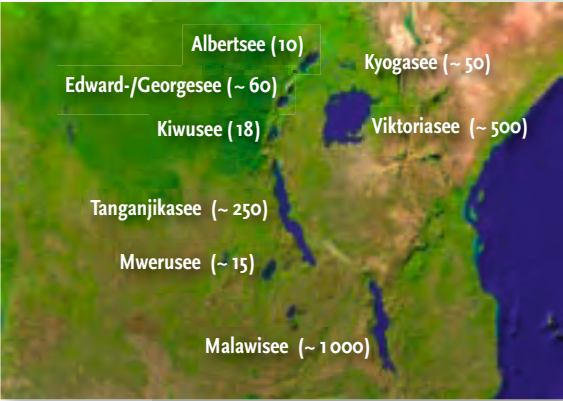
Es ist zwar eine Menge Stoff, die Darwin vor seinen Lesern ausbreitet, aber »das Geheimnis der Geheimnisse«, wie der Autor das Erscheinen neuer Arten nennt, lüftet er bei aller Beredsamkeit nicht. Es bleibt bis heute rätselhaft, wie die Evolution Lebensformen in die Welt bringt, die nicht nur Varianten von vorhandenen, sondern völlig neuartige Spezies sind. Wir können etwas darüber sagen, wie aus einer Buntbarschart eine andere wird. Wir können aber (fast) nichts darüber sagen, wie aus einem Schimpansen ein Bonobo und aus beiden ein Mensch werden kann.

Das ist weder verwunderlich in Anbetracht der verwickelten und verwobenen Komplexität, die in der Natur verwirklicht ist, noch ein Argument gegen Darwins Grundidee, die uns eine Menge begrifflicher Werkzeuge liefert, um das evolutionäre Geschehen zu erfassen. Besonders wichtig ist dabei der Gedanke der natürlichen Auswahl (Selektion), den man sich am besten mit einem Beispiel aus dem humanen Bereich verdeutlicht. In den Kindertagen des Fernsehens gab es eine Sendung mit dem Titel »Journalisten fragen – Politiker antworten«. Ein Ziel der Sendung war es, neben der Information

Das Leben der Buntbarsche
Die Entstehung neuer Arten stellte für Darwin »das Geheimnis der Geheimnisse« dar, und die Evolutionsforscher, die sich darum kümmern, können ihm nur zustimmen. Inzwischen ist es immerhin gelungen, Lebensbedingungen und Umstände zu finden, unter denen sich die Entstehung neuer Arten sehr viel häufiger und nachweisbarer vollzieht, als sich die Experten jemals haben träumen lassen, und eine Bühne des Schauspiels findet sich in Ostafrika, genauer in den großen Seen, die dort zu finden sind, dem Malawisee, dem Tanganjikasee und dem Viktoriasee, um nur die größten zu nennen. In diesen riesigen Binnengewässern tummelt sich eine Riesenumenge von Buntbarschen, die unter Forschern auch Cichliden heißen. Selbst auf den ersten Blick fallen Ähnlichkeiten zwischen den Buntbarschen etwa aus dem Tanganjika- und dem Malawisee auf, wobei sich die gezeigten Exemplare unabhängig voneinander entwickelt haben, jedes in seiner ökologischen Nische. Die Wissenschaft kennt inzwischen viele Tausend Buntbarscharten, und sie schreibt

diesen Fischen zu, den Weltrekord in Sachen Vielfalt und Evolutionsgeschwindigkeit zu halten. Mit den Cichliden konnte mittlerweile eine alte Grundannahme der Biologie umgestoßen werden. Während es früher als sicher galt, dass eine geographische oder andere unüberwindbare Barriere für die Entstehung neuer Arten notwendig sei – das dafür geprägte Fachwort heißt allopatrische Speziation –, weiß man inzwischen, dass Darwins Geheimnis auch gelingt, wenn sich die Verbreitungsgebiete der Organismen überlappen (sympatrische Speziation). Den Cichliden gelingt es im engen Neben- und Miteinander, sich rasch in neue Arten aufzuspalten, um jede ökologische Nische zu besiedeln, ein Vorgang, der als adaptive Radiation bekannt ist (und von vielen Arten praktiziert wird). Die Buntbarsche helfen der Wissenschaft nicht nur, solche Probleme zu lösen, sie liefern zudem ein Modellsystem, um andere grundlegende Fragen zum biologischen Werden so zu stellen, dass sie mit Messmethoden beantwortet werden

können. Warum gibt es überhaupt so viele Buntbarscharten? Und wie erreichen sie ihren evolutionären Erfolg? Die Experten nennen drei Faktoren, Schlüsselinnovationen, die dafür ausschlaggebend sind. In aller Kürze: Die Cichliden verfügen über zwei Kieferapparate, die eine schnelle Anpassung erlauben, wenn sich das Nahrungsangebot ändert. Sie brüten ihre Eier (zum Teil) im Maul aus, was die Zahl der Nachkommen klein hält und es ermöglicht, neu gebildete Varianten allen Mitgliedern einer Population zukommen zu lassen, und sie praktizieren die selektive Partnerwahl, bei denen die Weibchen die Männchen nach ihren Farbnuancen auswählen. Vor allem im Viktoriasee muss es so etwas wie eine Artenexplosion gegeben haben, womit die Evolutionsbiologie meint, dass die 100 000 Jahre seiner Existenz den in ihm lebenden Buntbarschen ausgereicht haben, um mehrere hundert Arten hervorzubringen. Hier könnte es gelingen, dem »Geheimnis der Geheimnisse« näher zu kommen.



Die ostafrikanischen Seen und einige der Buntbarsche, die man in ihnen findet und die unabhängig voneinander entstanden sind. Es ist erstaunlich, wie ähnlich sich manche der Arten werden – als ob die Evolution Endpunkte hat, die sie anzusteuern versucht.

TANGANJIKASEE

Julidochromis ornatus



Tropheus brichardi



Bathybates farciatus



Cyphotilapia frontosa



Lobochilotes labiatus



MALAWISEE

Melanochromis auratus



Pseudotropheus microstoma



Ramphochromis longiceps



Cyrtocara moorei



Placidochromis milomo

