



WISSEN EDITION

Andreas Sentker, Frank Wigger (Hrsg.)

Triebkraft Evolution

Vielfalt, Wandel, Menschwerdung

Mit einem Nachwort von Josef H. Reichholf

Herausgegeben von Spektrum Akademischer Verlag GmbH und Zeitverlag Gerd Bucerius GmbH & Co. KG

Wichtiger Hinweis für den Benutzer

Der Verlag, die Herausgeber und die Autoren haben alle Sorgfalt walten lassen, um vollständige und akkurate Informationen in diesem Buch zu publizieren. Der Verlag übernimmt weder Garantie noch die juristische Verantwortung oder irgendeine Haftung für die Nutzung dieser Informationen, für deren Wirtschaftlichkeit oder fehlerfreie Funktion für einen bestimmten Zweck. Der Verlag übernimmt keine Gewähr dafür, dass die beschriebenen Verfahren, Programme usw. frei von Schutzrechten Dritter sind. Die Wiedergabe von Gebrauchsnamen, Handelsnamen, Warenbezeichnungen usw. in diesem Buch berechtigt auch ohne besondere Kennzeichnung nicht zu der Annahme, dass solche Namen im Sinne der Warenzeichen- und Markenschutz-Gesetzgebung als frei zu betrachten wären und daher von jedermann benutzt werden dürften. Der Verlag hat sich bemüht, sämtliche Rechteinhaber von Abbildungen zu ermitteln. Sollte dem Verlag gegenüber dennoch der Nachweis der Rechtsinhaberschaft geführt werden, wird das branchenübliche Honorar gezahlt.

Bibliografische Information Der Deutschen Bibliothek

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.d-nb.de> abrufbar.

Springer ist ein Unternehmen von Springer Science+Business Media
springer.de

© 2008 Spektrum Akademischer Verlag Heidelberg und Zeitverlag Gerd Bucerius GmbH & Co. KG
Spektrum Akademischer Verlag ist ein Imprint von Springer

08 09 10 11 12 5 4 3 2 1

Das Werk einschließlich aller seiner Teile ist urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung außerhalb der engen Grenzen des Urheberrechtsgesetzes ist ohne Zustimmung des Verlages unzulässig und strafbar. Das gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen und die Einspeicherung und Verarbeitung in elektronischen Systemen.

Planung und Lektorat: Frank Wigger, Andreas Sentker, Bettina Saglio
Redaktion: Dr. Petra Seeker, ps-redaktionsbüro Sinsheim
Copy-Editing: Dr. Christian Wolf
Herstellung: Katrin Frohberg
Umschlaggestaltung: Alexandra Kardinar und Volker Schlecht, www.drushbapankow.de
Grafiken: Vera Kassühlke
Satz: TypoDesign Hecker, Leimen
Druck und Bindung: Stürtz GmbH, Würzburg

Printed in Germany

ISBN 978-3-8274-2000-8

Inhalt

Vorwort VII

Das Phänomen der lebenden Fossilien 1

Von Peter Douglas Ward

Glückspilze der Evolution 25

Matthias Glaubrecht

Die Evolution der Organismen oder die Frage nach dem Warum 29

Von Ernst Mayr

Im Paradies der Luftmatratzen 53

Ulf von Rauchhaupt

Aus Staub geboren – die Geschichte des Lebens auf der Erde 59

Von Christian de Duve

Gott spielen 76

Hubertus Breuer

Wer hat gesagt, Vögel seien keine Dinosaurier? 81

Von Mark Norell

Die Erfindung der Vogelfeder 99

Josef H. Reichholf

Ursprung und Evolution der Pferde 103

von Jens Lorenz Franzen

Mammutjagd auf Hoher See 113

Florian Breier

Warum gibt es Menschen? 119

Von Richard Dawkins

Darwins kluge Erben 135

Andreas Sentker



Wir waren nicht allein – *Homo sapiens* und seine Vorläufer 141

Von Ian Tattersall

Der Alte 156

Andreas Sentker und Urs Willmann

Der Evolution des Menschen auf der Spur 161

Von Donald Johanson und Blake Edgar

Der tumbe Kannibale 184

Henning Engeln

Sind die Neandertaler unsere Vorfahren? 189

Von Ralf W. Schmitz und Jürgen Thissen

Zurück aus der Steinzeit 210

Ulrich Bahnsen

**Werkzeug und Wissen – auf dem Weg zum
kulturfähigen Menschen** 215

Von Gerd-Christian Weniger

Wunderwaffen aus Schöningen 233

Kai Michel

Einfallsreiches Werben – der Ursprung menschlicher Kreativität 237

Von Geoffrey F. Miller

Partnerwahl – Von wegen innere Werte 259

Ivo Maruszyk

Ist die Evolution des Menschen am Ende? 265

Von Keith Harrison

Unsere nächsten Verwandten 281

Ulrich Bahnsen

Nachwort 286

Von Josef H. Reichholf

Bild- und Textnachweise 295

Index 297

Glückspilze der Evolution

Ginkgos oder Quastenflosser galten als lebende Fossilien. Doch sie entpuppen sich als Meister der Anpassung

Matthias Glaubrecht

Die Sensation wäre kaum perfekter gewesen, wenn plötzlich jemand einen quicklebendigen Dinosaurier aufgestöbert hätte. Australische Botaniker stießen 1994 westlich von Sydney in den Schluchten des Wollemi-Nationalparks auf ein „lebendes Fossil“: Die Wollemi-Kiefer gedeiht dort als letzte Überlebende einer rund 150 Millionen Jahre alten Evolutionslinie, deren Vertreter – so dachte man bis dahin – vor 50 Millionen Jahren ausgestorben sind. Nur wenig später entdeckten Botaniker im nordöstlichen Queensland einen weiteren Zeugen der Urzeit. Ein urtümlicher Nussbaum erwies sich als Verwandter der rund 110 Millionen Jahre alten Familie der Silberbaumgewächse (Proteaceae). Australien – ohnehin bekannt für seine einzigartige Flora und Fauna – erweist sich damit einmal mehr als Heimat einer urzeitlichen, anderswo ausgestorbenen Welt.

Lebende Fossilien gelten Forschern als ideale Zeitzeugen der Evolution: Denn durch den Vergleich mit den überlebenden Verwandten versuchen die Paläontologen, die Lebensweise ausgestorbener Arten zu rekonstruieren. Typisch für solche Museumsstücke der Natur ist – neben ihren altertümlichen Merkmalen –, dass sie heute meist nur noch in Schrumpfarealen vorkommen, wie beispielsweise die letzten 39 Exemplare der Wollemi-Kiefer oder der in Ostasien beheimatete Tempelbaum (*Ginkgo biloba*). Er gilt als einziger lebender Vertreter einer im Erdmittelalter weitverbreiteten Pflanzengruppe und hat sich nur noch in Südostasien gehalten. (Als beliebter Parkbaum hat es der Ginkgo allerdings heute dank der Hilfe des

Menschen wieder zu weiter Verbreitung gebracht.) Die Brückenechse *Sphenodon punctatus* dagegen hat nur auf Neuseeland überdauert und ist die einzige noch lebende Art einer vor knapp 200 Millionen Jahren weitverbreiteten Reptilienordnung der Schnabelköpfe.

Im System des Lebens sind die Überlebenden meist isoliert

Systematiker wissen oft nicht so recht, zu welcher anderen rezenten Gruppe sie lebende Fossilien stellen sollen. Deshalb stehen sie im System der Pflanzen und Tiere meist isoliert. Doch die evolutiven Dauerläufer werden allzu leicht mit dem schlagzeilenträchtigen Etikett „lebende Fossilien“ beklebt, als Vorfahren, die scheinbar seit Millionen von Jahren evolutionär auf der Stelle treten. Seitdem etwa Zoologen zunehmend kritisch das Konzept der angeblichen Überbleibsel der Naturgeschichte überprüfen, zeigt sich immer häufiger, dass keineswegs alle Merkmale und Eigenheiten angeblich lebender Fossilien altertümlich sind.

Als das von der Evolution verschonte Relikt *par excellence* galt bisher der Quastenflosser *Latimeria*. Der bis heute noch immer irrigerweise als „Urfisch“ titulierte Bewohner der Tiefsee wurde 1938 als zoologische Sensation gefeiert: Damals zogen Fischer das erste Exemplar dieser vermeintlich vor rund achtzig Millionen Jahren ausgestorbenen Fischgruppe vor der Küste Südafrikas aus dem Wasser. Doch in der Euphorie über den Fund übersah man lange, dass dieser Quastenflosser körperbauliche Spezialisie-

rungen aufweist, die seine Vorfahren nicht besaßen. Diese lebten im flachen Meerwasser, manchmal sogar im Süßwasser; *Latimeria* dagegen gedeiht heute in 200 Meter Tiefe rund um die Komoren. Und des Quastenflossers Tauchgang verlief nicht ohne Anpassungen an die ewige Finsternis in der Tiefsee. Auch genetische Studien minderten den Ruhm *Latimerias*: Nicht Quastenflosser, sondern Lungenfische sind die nächsten lebenden Verwandten der landlebenden Wirbeltiere.

Eine Korrektur der Lehrbücher ist auch im Fall eines anderen lebenden Fossils nötig geworden: 1952 waren vor der Küste Costa Ricas die ersten lebenden Vertreter sogenannter Urmützenschnecken entdeckt worden. Diese *Neopilina* getauften Weichtiere mit mützenförmiger Schale ähnelten auf verblüffende Weise dem aus den Erdzeitaltern Silur und Devon bekannten Fossil *Pilina*. Jene vermeintlich vor 350 Millionen Jahren ausgestorbenen Napfschaler hatten offenbar lebende Nachfahren. *Neopilina galathea* ging als Stammform aller Weichtiere – als eine Art Urmolluske – in sämtliche Lehrbücher ein, aufgrund irrtümlicher Beschreibung körperbaulicher Merkmale, wie man heute weiß. Feinatomische Untersuchungen an zwischenzeitlich entdeckten weiteren Urmützenschnecken, etwa aus der Antarktis und von der Küste Nordwestspaniens, ergaben, dass die Evolution dieser vermeintlich ursprünglichen Mollusken gänzlich anders verlaufen sein muss als bisher angenommen. So besitzen Urmützenschnecken seriell angeordnete innere Organe wie Kiemen, Nieren und Geschlechtsdrüsen. Diese dürften anfangs in einfacher Ausfertigung vorgelegen haben. Lange hatte man jedoch angenommen, dass die Serialität ein ursprüngliches Merkmal sei, das die Urmützenschnecken in die Nähe der Ringelwürmer und damit zugleich an die Basis aller Weichtiere stellt.

Doch die heute lebenden Urmützenschnecken wie *Neopilina* kommen weder

als Modell für die Urmollusken infrage, noch sind sie lebende Fossilien. Vielmehr haben sich die Vorfahren dieser Tiere vor rund 450 Millionen Jahren als eigenständiger Seitenzweig der Weichtiere von der Stammgruppe abgespalten und seitdem eine eigene Evolution durchlaufen.

Ist das Okapi ein evolutionärer Eremit?

Auch die in Neuseeland heimische Brückenechse *Sphenodon* geriet offenbar zu Unrecht in den exklusiven Kreis lebender Fossilien. Denn das Tier hat zwanzig Merkmale entwickelt, die bei fossilen Schnabelköpfen der Urzeit nicht vorkommen. Auf ähnlich wackeligem Boden gründet sich auch der Ruf der noch immer geheimnisvollen Waldgiraffe Okapi, eines angeblichen Relikts aus dem Kongo-Regenwald. Bereits als die Kurzhalsgiraffe 1901 im Ituri-Wald entdeckt wurde, fragten sich die Zoologen, ob das Okapi möglicherweise ein Überlebender aus dem rund zehn Millionen Jahre zurückliegenden Zeitalter des Miozäns sein könnte – ein evolutionärer Eremit, den der Kongo-Wald, als museale Freistadt, für die Neuzeit aufbewahrt hat. Denn unter längst ausgestorbenen Steppentieren, die damals im Süden Europas und in Vorderindien gelebt hatten, waren ähnlich kurzhalsige Giraffenvorfahren wie das Okapi, die sogenannten Paleotraginae, entdeckt worden.

Bis in unsere Zeit hat die zoologische Literatur die Vorstellung, das Okapi sei ein lebendes Fossil, immer wieder kolportiert. Doch jene kurzhalsigen Giraffenvorfahren waren niemals Regenwaldbewohner: Paleotraginae lebten während des Miozäns ebenso in offenen Busch- und Savannenlandschaften wie ihre langhalsigen Vettern heute in Ostafrika. Während indes Langhalsgiraffen in Afrika als Savannenformen bis heute überdauerten, starben die Okapi-Ahnen in Eurasien am Ende des Miozäns aus.



Das zweite Argument, das die Regenwaldrelikt-Theorie zu Fall bringt: Die Kongo-Wälder haben sich wegen Klimaveränderungen mehrfach ausgedehnt und sind später wieder zusammengeschrumpft. Das Okapi aber wurde erst zur Waldgiraffe, als sich der Regenwald in Afrika vor rund 4,5 Millionen Jahren enorm auszudehnen begann. Das Okapi muss daher als ein sekundärer Regenwaldbewohner angesehen werden, dessen Körperbau neben Neuentwicklungen noch viele Merkmale der einstigen Steppenverwandten aufweist. *Okapia johnstoni* hat die offene Savanne erst spät verlassen, um in den Regenwald einzudringen.

Sollte sich bestätigen, dass auch andere Reliktformen ähnliche evolutive Veränderungen durchgemacht haben, dann muss das liebgewonnene, aber offensichtlich zu grobe Bild vom lebenden Fossil neu gezeichnet werden. Mit der Widerlegung der bequemen Definition von den stammesgeschichtlichen Dauerläufern, die scheinbaren evolutiven Stillstand verkörpern, beginnen Biologen erst jetzt die richtigen Fragen zu stellen.

Dank welcher besonderen Fähigkeiten und Eigenschaften überlebten ausgerechnet diese Abkömmlinge früherer Lebewesen ihre Sippschaft und passten sich den offenkundigen Veränderungen ihrer Umwelt an? Warum wurden andererseits etliche Arten tatsächlich zu Fossilien? Vielleicht hatten Quastenflosser, Okapi und *Neopilina* unter den Tieren ebenso wie Ginkgo, Mammutbaum und Wollemi-Kiefer unter den Pflanzen nur das Glück der Tüchtigsten.

Möglicherweise haben jene Vorfahren nur deswegen überlebt, weil sie just im richtigen Augenblick der Erdgeschichte in eine ökologische Nische vorstießen, die ihnen ein Überleben sicherte. Solche evolutiven „Glücksmomente“ und die damit gekoppelten körperbaulichen, physiologischen oder verhaltensbedingten Veränderungen herauszufinden, wird Evolutionsbiologen noch eine Weile beschäftigen. Derweil dürfte noch so manch anderer Zeitzeuge der Evolution seinen Abschied nehmen – und mit ihnen schließlich das Konzept der lebenden Fossilien.

Aus: DIE ZEIT Nr. 24, 7. Juni 1996

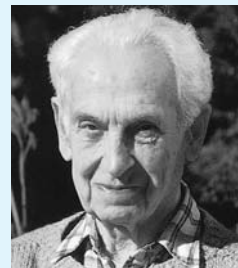
Der Biologe **Ernst Mayr** ist eine absolute Ausnahmeerscheinung unter den Forschern. Unter Kollegen gilt er als einer der bedeutendsten Biologen unserer Zeit. „Aber er ist auch ein ungemein philosophischer Kopf“, sagt der Konstanzer Philosoph Jürgen Mittelstraß.

Ernst Mayr wird am 5. Juli 1904 in Kempten im Allgäu geboren und wächst in Sachsen auf. „Ich bin schon fast so lange Naturforscher, wie ich laufen kann, und durch meine Liebe zu Tieren und Pflanzen näherte ich mich der belebten Welt auf ganzheitlichem Wege“, erinnert sich Mayr an diese Zeit. „Glücklicherweise beschäftigte sich der Biologieunterricht an dem deutschen Gymnasium, welches ich um das Jahr 1920 besuchte, mit dem gesamten Organismus und seinen Wechselbeziehungen mit der belebten und unbelebten Umwelt. Heute würden wir sagen, der Schwerpunkt lag auf der Geschichte des Lebens, dem Verhalten und der Ökologie.“

1923 beginnt Mayr an der Universität Greifswald Medizin zu studieren. Er wechselt bald zur Zoologie und arbeitet am Zoologischen Museum in Berlin. 1926 promoviert er im Alter von 21 Jahren. Fünf Jahre später geht er nach New York an das American Museum of Natural History. 1953 wird er an die Harvard University berufen. Nach seiner Emeritierung 1975 arbeitet der mit vielen großen Preisen ausgezeichnete Forscher bis zu seinem Tod weiter am dortigen Museum für vergleichende Zoologie.

Berühmt wird Mayr als Hauptvertreter der „Synthetischen Theorie der Evolution“, die Darwins Konzept der Evolution mit den Erkenntnissen der modernen Genetik vereint. Er entwickelt eine neue Definition der biologischen Art als einer Fortpflanzungsgemeinschaft. Auf die Arbeiten von Mayr gründet auch die heute allgemein akzeptierte Vorstellung, nach der die Aufspaltung einer Art in zwei Tochterarten durch geographische Trennung der Ausgangspopulation ausgelöst werden kann.

Doch bei allen Regeln im Evolutionsgeschehen, die Mayr zum Teil selbst entdeckt und beschreibt, ist dies die vielleicht wichtigste Regel des wichtigsten Evolutionsbiologen im 20. Jahrhundert: In der Evolutionsbiologie sind weitgehende Verallgemeinerungen nur selten richtig. „Selbst wenn etwas für gewöhnlich geschieht, heißt das nicht, dass es immer geschehen muss.“



Ernst Mayr

Die Evolution der Organismen oder die Frage nach dem Warum

Von Ernst Mayr

Im Mittelalter und fast bis in Darwins Zeit glaubte man, die Welt sei konstant und existiere noch nicht lange. Doch die Glaubwürdigkeit dieser christlichen Weltansicht hatte durch einige wissenschaftliche Entwicklungen bereits teilweise gelitten. Die erste davon war die Kopernikanische Wende, welche die Erde und ihre menschlichen Bewohner aus dem Mittelpunkt des Kosmos gerückt und dabei bewiesen hatte, dass nicht jede Aussage der Bibel wörtlich zu nehmen ist. Zweitens hatten geologische Forschungen das hohe Alter der Erde enthüllt, und drittens hatte die Entdeckung ausgestorbener fossiler Faunen die Theorie widerlegt, dass sich die Biota der Erde seit der Schöpfung nicht verändert hatte.

Trotz dieser und anderer Beweise, welche die Theorie von einer konstanten Welt geringen Alters untergruben, herrschte doch bis 1859 die mehr oder weniger biblische Weltansicht vor. Sie war nicht nur unter Laien verbreitet, sondern auch unter den meisten Naturforschern und Philosophen. Es brauchte eine lange Reihe von Entwicklungen, bis sich das Evolutionsdenken – das von einer ständig im Wandel begriffenen Welt hohen Alters ausgeht – ganz durchgesetzt hatte. Heute mag uns dies seltsam erscheinen, doch das Konzept der Evolution war der westlichen Welt fremd.

Die vielen Bedeutungen von „Evolution“

Charles de Bonnet führte das Wort „Evolution“ im Zusammenhang mit der Präformationstheorie der Embryonalentwicklung in die Naturwissenschaft ein, aber die Entwicklungsbiologie benutzt das Wort nicht mehr in diesem Sinne. Man gebrauchte „Evolution“ aber auch für drei Konzepte der Geschichte des Lebens auf der Erde; eines davon ist noch heute gebräuchlich.

Die sprunghafte Evolution (Transmutationismus) bezieht sich auf das plötzliche Entstehen eines neuen Individuentypus durch eine größere Mutation oder Saltation (Typensprung); ein solches Individuum wird über seine Nachkommen zum Vorfahren einer neuen Art. Vorstellungen von Saltation waren, wenn auch nicht unter der Bezeichnung Evolution, schon von der griechischen Antike bis zu Pierre L. M. de Maupertuis (1698–1759) geäußert worden. Selbst

Porträt



Bonnet, Charles de, schweizerischer Naturforscher und Philosoph, * 13.3.1720 Genf, † 20.5.1793 Landgut Gené-

hod (bei Genf); nach Belletristik- und Jurastudium Privatgelehrter für Naturstudien in Genf, Mitglied der Académie des sciences in Paris; entdeckte 1739 die parthenogenetische Fortpflanzung bei Blattläusen und wertete diese als Beweis für die Präformation; Bonnet war entschiedener Gegner der Linnéschen Systematisierung, die von der Veränderlichkeit der Arten ausging; seine Weltordnung und somit die Ordnung der Organismen war auf der *Scala naturae* statisch und seit Schöpfungsbeginn gleichbleibend.

Porträt



Huxley, Thomas Henry, engl. Zoologe, * 4.5. 1825 Ealing (heute zu London), † 29.6. 1895 London;

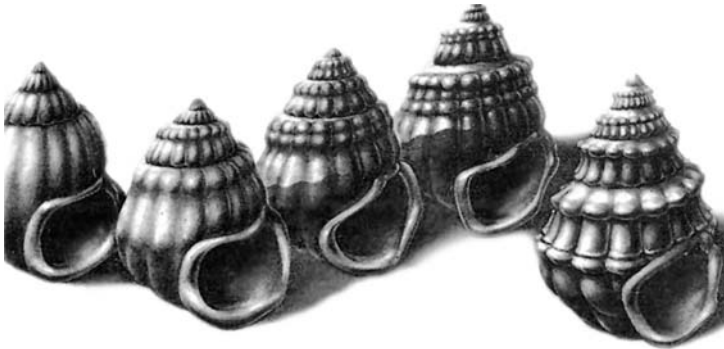
reiste 1846–50 als Schiffsarzt nach Australien, ab 1855 Professor in London, 1881–85 Präsident der Royal Society; arbeitete über vergleichende Anatomie von Wirbellosen und Wirbeltieren; einer der ersten Verfechter der Selektionstheorie von Charles Darwin (dehnte die Abstammungslehre auf den Menschen aus), wobei er allerdings die Möglichkeit einer natürlichen Selektion bei graduellen, kleinen, individuellen Unterschieden verneinte und stattdessen von drastischen Sprüngen (*saltations*, Saltationen) in der Evolution ausging.

nach der Veröffentlichung von Darwins *Die Entstehung der Arten* übernahmen noch viele Evolutionsforscher, die das Konzept der natürlichen Selektion nicht akzeptieren konnten – darunter auch Darwins Freund Thomas H. Huxley –, saltationistische Theorien.

Die transformationelle Evolution (Transformationismus) dagegen bezieht sich auf die allmähliche Veränderung eines Objekts, wie die Entwicklung eines befruchteten Eies zu einem adulten Individuum. Alle Sterne durchlaufen eine transformationelle Evolution, etwa von einem gelben Stern zu einem roten Riesen. Fast alle Veränderungen in der unbelebten Welt, wie die Erhebung einer Bergkette durch tektonische Kräfte oder ihre anschließende Zerstörung durch Erosion, sind dieser Art, wenn sie überhaupt gerichtet sind. Was die belebte Welt anbetrifft, so war Lamarcks Evolutionstheorie, die der Darwins vorausging, transformationell. Nach Lamarck besteht die Evolution in der spontanen Entstehung eines einfachen neuen Organismus, einem Infusorium, und seiner allmählichen Wandlung zu einer höheren, vollendeteren Art. Lamarcks Theorie von der transformationellen Evolution, wie er sie in seiner *Philosophie Zoologique* (*Zoologische Philosophie*) aus dem Jahre 1809 darstellte, war zwar früher weitverbreitet, wurde aber fast überall auf der Welt von Darwins Theorie verdrängt.

Das Konzept der Variationsevolution schließlich liegt Darwins Theorie der Evolution durch natürliche Selektion zugrunde. Nach dieser Theorie entsteht in jeder Generation eine enorme genetische Vielfalt, doch nur wenige Überlebende der zahlreichen Nachkommen werden zur Fortpflanzung gelangen. Die am besten an ihre Umwelt angepassten Individuen haben die größten Aussichten, zu überleben und die nächste Generation zu erzeugen. Aufgrund 1) der anhaltenden Selektion (oder dem unterschiedlichen Überleben) von Genotypen, die am besten mit Umweltveränderungen zurechtkommen, 2) der Konkurrenz unter den neuen Genotypen der Population und 3) stochastischer (zufälliger) Vorgänge hinsichtlich der Häufigkeit von Genen wird sich die Zusammensetzung jeder Population beständig verändern, und diese Veränderung nennt man Evolution. Da alle Veränderungen in Populationen von genetisch einzigartigen Individuen stattfinden, muss die Evolution während der genetischen Umstrukturierung von Populationen allmählich und kontinuierlich erfolgen.

In seinen früheren Werken (den *Notebooks*) war sich Darwin durchaus der beiden evolutionären Dimensionen bewusst: Zeit und Raum. Eine Umwandlung in der Zeit (phyletische Evolution) hat mit Anpassungsveränderungen zu tun, etwa wenn eine bestimmte Art neue Merkmale erwirbt. Dieses Konzept allein kann jedoch niemals die enorme Vielfalt organischen Lebens erklären, denn es lässt keine Zunahme der Artenzahl zu. Eine Umwandlung in der räumlichen Di-



Phyletische Evolution. Artumwandlung zeigen die fünf Stadien aus einer kontinuierlichen evolutiven Abwandlungsreihe der Gehäuseform der Wasserschnecke *Viviparus*, wie sie fossil in übereinanderliegenden Schichten des Pliozäns gefunden wurden. Das älteste Schneckenhaus (ganz links) sieht vollkommen anders aus als das jüngste (ganz rechts), die Zwischenformen aber stellen einen lückenlosen Zusammenhang zwischen den Extremformen her.

mension (Speziation und Vervielfachung der Stammlinien) ist die Folge der Gründung zahlreicher neuer Populationen außerhalb des Verbreitungsgebiets der ursprünglichen Population und mit deren Veränderung zu neuen Arten und schließlich zu höheren Taxa. Diese Vervielfachung der Arten nennt man Speziation.

Lamarck äußerte sich überhaupt nicht zum geographischen (Speziations-)Aspekt der Evolution, und als Transformationist, der an spontane Entstehung glaubte, war er sich offenbar gar nicht bewusst, dass man die Frage „Wie vervielfachen sich Arten?“ stellen musste. Selbst Darwin vernachlässigte dieses Thema in seinen späteren Werken. Die Paläontologen hingen zu Darwins Zeiten und noch Jahrzehnte später dem Glauben an, die phyletische Evolution sei die einzig nennenswerte Form von Evolution. Erst in den 1930er- und 1940er-Jahren wurde schließlich in den Werken von Theodosius Dobzhansky und Mayr hervorgehoben, dass die Evolution eine räumliche wie zeitliche Umwandlung ist und dass die Entstehung organischer Vielfalt durch Speziation ebenso sehr Sache der Evolutionsbiologie ist wie die adaptiven Veränderungen innerhalb einer Stammlinie.

Darwins *Die Entstehung der Arten* stellte fünf Haupttheorien bezüglich der verschiedenen Aspekte der Variationsevolution auf:

- 1) Organismen entwickeln sich im Laufe der Zeit ständig weiter (was wir als Theorie von der Evolution als solche bezeichnen könnten).
- 2) Verschiedene Organismenarten stammen von einem gemeinsamen Vorfahren ab (die Theorie der gemeinsamen Abstammung).

Porträt



Lamarck, Jean-Baptiste Antoine Pierre de Monnet, Chevalier de, franz. Zoologe und Botaniker, * 1.8.

1744 Bazentin-le-Petit (Somme), † 18.12.1829 Paris; Studium der Medizin und der Botanik; ab 1779 Mitglied der Pariser Akademie der Wissenschaften, ab 1792 Professor der Naturgeschichte der Niederen Tiere am Jardin des Plantes in Paris; Anhänger der Stufenleitertheorie des Lebendigen (*Scala naturae*) in dem Sinne, dass die beobachteten Ähnlichkeiten und Übergänge zwischen verschiedenen Formen Resultat aufeinanderfolgender Urzeugungen sind; gilt wegen der Ansicht, welche die Kontinuität der Formen in eine zeitliche Abfolge umdeutet, als Begründer bzw. Wegbereiter der Deszendenztheorie (Abstammungslehre). Lamarck sah die Ursachen für die Umgestaltung der Arten (den evolutiven Wandel) v. a. im Gebrauch und Nichtgebrauch von Organen, die zur Anpassung der Organismen an die Umwelt führen (Lamarckismus).

■ Was ist eigentlich ... ■

Evolutionsbiologie, Teilgebiet der Biologie, das aus der Verknüpfung zahlreicher biologischer Disziplinen, ursprünglich speziell der Populationsbiologie, mit der Darwinschen Evolutionstheorie hervorgegangen ist. Forschungsrichtungen und Konzepte wie *life history*-Theorie (Lebensgeschichte), Adaptation und Coevolution, aber auch Artbildung, Arthybridisierung (Artbastarde, Bastardierung) und bestimmte Aspekte der Parasitologie sind traditionelle Bereiche der Evolutionsbiologie. Während die ursprüngliche Aufgabe der Evolutionstheorie (die daher zunächst auch korrekter Deszendenztheorie genannt wurde) vor allem eine Begründung für das Auftreten organischer Evolution zu liefern hatte und auch die Abwandlungen von Form und Funktion anhand von paläontologischen sowie rezent-biologischen Reihen beleuchtete, setzt Evolutionsbiologie diese Erkenntnis gleichsam voraus. Sie beschreibt und untersucht biologische Prozesse unter Einbezug der Selektionstheorie und Neutralitätstheorie, der molekularbiologischen Grundlagen von Form- und Funktionsveränderung und der gesamten übrigen „organismischen“ Biologie sowie der paläobiologischen Befunde und der Kenntnisse der Erdgeschichte sowie des Paläoklimas. Im weitesten Sinne zählt man heute in der Biologie selbst Probleme der Stammbaumentwicklung und der Evolution von Entwicklungsgenen zur Evolutionsbiologie (d. h. Bereiche, die nichts mit der Populationsbiologie zu tun haben). Soweit speziell Probleme der Wechselwirkungen zwischen verschiedenen Arten sowie zwischen Arten und abiotischer Umwelt untersucht werden, ist eine enge Verzahnung zur Evolutionsökologie gegeben.

Porträt



Dobzhansky,
Theodosius,
ukrainisch-amerikan.
Zoologe
und Genetiker,
* 25.1.1900
Nemirow,

† 18.12.1975 Davis (Calif.);
nach Emigration in die USA ab
1929 Professor in Pasadena
(Calif.) und in New York; arbeitete
über experimentelle Genetik
(v.a. Taufliege *Drosophila melanogaster*) und Evolutionsforschung;
wies auf die fundamentale Bedeutung der reproduktiven Isolation von Populationen für den Artbildungsprozess sowie auf die Vielfalt von Isolationsmechanismen hin; mitbeteiligt an der Entwicklung der synthetischen Evolutionstheorie.

- 3) Arten vervielfachen sich im Laufe der Zeit (Theorie von der Vervielfachung der Arten oder Speziation).
- 4) Die Evolution erfolgt in Form allmählichen Wandels (Theorie des Gradualismus).
- 5) Der Evolutionsmechanismus besteht in der Konkurrenz unter zahlreichen einzigartigen Individuen um begrenzte Ressourcen, die zu Unterschieden in Überleben und Fortpflanzung führt (Theorie der natürlichen Selektion).

Darwins Theorie von der Evolution als solcher

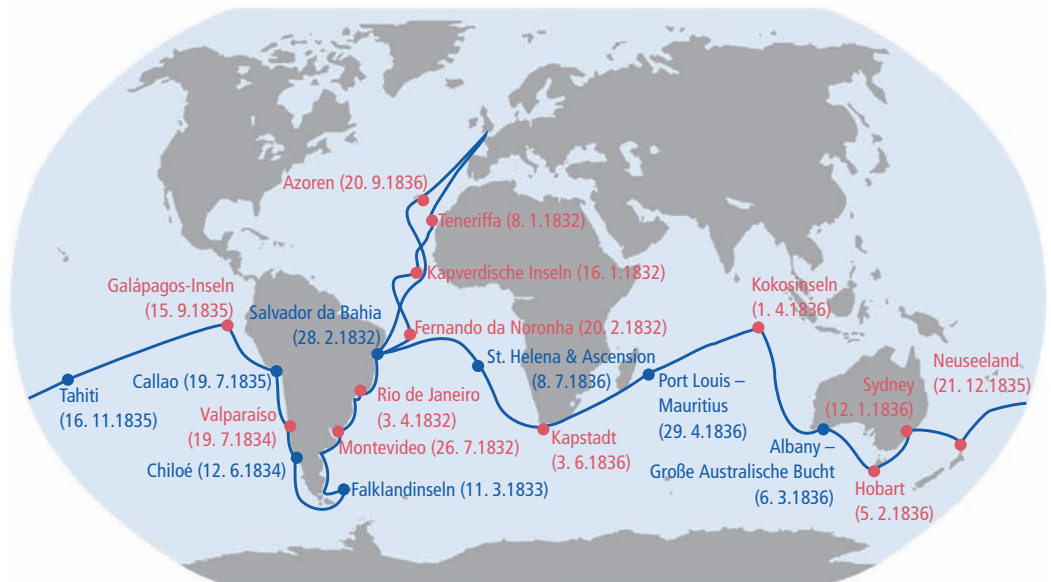
In *Die Entstehung der Arten* lieferte Darwin sehr viele Beweise für die Theorie, dass sich Tiere im Laufe der Zeit weiterentwickeln. In den darauffolgenden Jahrzehnten suchten und fanden Biologen zahlreiche Beweise dafür, dass Evolution als solche stattgefunden hat – und keine dagegen. In den anderthalb Jahrhunderten seit Darwin wurden diese Beweise so überwältigend, dass die Biologen von der Evolution nicht mehr als Theorie sprechen, sondern sie als Tatsache betrachten – ebenso gesichert wie die Tatsache, dass sich die Erde um die Sonne dreht und keine flache Scheibe, sondern kugelförmig ist. Wie Dobzhansky sagte: „Nichts in der Biologie ergibt Sinn außer im Lichte der Evolution.“ Da jeder die Evolution als erwiesene Tatsache betrachtet, verschwendet kein Evolutionsforscher mehr seine Zeit auf die Suche nach weiteren Beweisen dafür.

Darwins Theorie von der gemeinsamen Abstammung

Nachdem Darwin im Jahre 1836 von seiner Reise auf der *Beagle* zurückgekehrt war, kam er zu dem Schluss, dass die drei Spottdrosselarten der Galapagos-Inseln sich von einer einzigen Spottdrosselart des südamerikanischen Festlandes abgeleitet haben mussten. Eine Art konnte also mehrere Arten als Nachkommen hervorbringen. Von dieser Entdeckung war es nur ein kleiner Schritt zu dem Postulat, dass alle Spottdrosseln und mit ihnen alle Singvögel, Vögel, Wirbeltiere, Tiere und schließlich auch alles Leben von einem gemeinsamen Vorfahren abstammen. Jede Organismengruppe stammte von einer gemeinsamen Vorfahrenart ab. Neuartig war an Darwins Theorie, dass er einen sich verzweigenden Stammbaum vorschlug, anders als die einzelne, gerade Stufenleiter der *scala naturae*, die im 18. Jahrhundert so viele Verfechter hatte.

Darwins Theorie überzeugte, weil sie eine Erklärung für zahlreiche biologische Phänomene bot, die man bis dahin nur als einfache Kuriositäten der Welt oder als Beweise für das planvolle Handeln des Schöpfers angesehen hatte. Darwins Theorie von der gemeinsamen Abstammung lieferte zunächst einmal die Erklärung für Befunde der vergleichenden Anatomen, besonders Georges Baron de Cuvier (1769–1832) und Sir Richard Owen, dass nämlich Organismen wohldefinierte Gruppen bilden, die nach einem gemeinsamen Bauplan (auch Struktur- oder Morphotyp genannt) konstruiert sind und

Die Stationen von Charles Darwins Weltumsegelung an Bord der *HMS Beagle*. Die Reise dauerte vom 27.12.1831 bis zum 2.10.1836 und führte über die Kapverdischen Inseln, entlang der Ost- und der Westküste Südamerikas, zu den Galápagos-Inseln, nach Tahiti, Neuseeland, Tasmanien, Mauritius, Kapstadt, nochmals Südamerika und über die Azoren zurück nach England.



Porträt

Owen, Sir Richard, engl. Anatom, Zoologe und Paläontologe, * 20.7.1804 Lancaster, † 18.12.1892 Sheen Lodge (bei Richmond upon Thames); ab 1835 Professor in London; bedeutende vergleichend-anatomische Untersuchungen an fossilen Tieren; prägte 1847 die Begriffe Analogie und Homologie, ohne sie jedoch phylogenetisch zu interpretieren und zu benutzen, da er Gegner der Darwinschen Lehre und von der Konstanz der Arten überzeugt war („Alle existierenden Tiere sind Varietäten der von Gott geschaffenen idealen Form“); schlug 1842 den Begriff Dinosaurier vor und erkannte 1863 die Bedeutung des Urvogels *Archaeopteryx*; wertete neben zahlreichen anderen Wissenschaftlern die Funde der Weltumseglung Darwins aus und gehörte einer Kommission zur Ordnung der zoologischen Nomenklatur im Sinne Carl von Linnés an.

die Rekonstruktion eines bestimmten Archetypus für jede Gruppe gestatten. Die Theorie von der Evolution, ausgehend von einer gemeinsamen Abstammung, erklärte auch den Ursprung des Linnéschen Systems; und sie erklärte sehr überzeugend das geographische Verteilungsschema der Biota entsprechend der allmählichen Ausbreitung von Organismen auf alle Kontinente und ihre adaptive Radiation in den neu besiedelten Gebieten.

Die gemeinsame Abstammung ist seit der Veröffentlichung von *Die Entstehung der Arten* das theoretische Rückgrat des Darwinschen Evolutionsdenkens, was angesichts ihres außerordentlichen Erklärungspotenzials nicht überrascht. Die Manifestationen der gemeinsamen Abstammung, wie sie vergleichende Anatomie, vergleichende Embryologie, Systematik und Biogeographie zum Vorschein brachten, waren sogar so überzeugend, dass schon zehn Jahre nach Veröffentlichung von *Die Entstehung der Arten* die meisten Biologen von der Evolution durch gemeinsame Abstammung überzeugt waren.

Wie weit sich die Theorie vom gemeinsamen Ursprung ausdehnen ließ, war zunächst umstritten, obwohl sogar Darwin selbst postuliert hatte, „dass alle Tiere und Pflanzen von einer einzigen Urform abstammen“, der als erstes Leben eingehaucht wurde. Und wirklich entdeckte man schon bald Protisten, die Tier- und Pflanzenmerkmale in sich vereinten, und zwar in einem Maße, dass die Klassifikation mancher dieser Zwischenformen noch heute umstritten ist. Der Theorie der gemeinsamen Abstammung wurde in unserem Jahrhundert von den Molekularbiologen die Krone aufgesetzt, als sie entdeckten, dass selbst bei Bakterien, die ja keinen Kern besitzen, der genetische Code derselbe ist wie bei Protisten, Pilzen, Tieren und Pflanzen.

Die Theorie der gemeinsamen Abstammung wirkte auf die Taxonomie ungeheuer stimulierend. Sie regte die Suche nach dem nächsten Verwandten aller – besonders isolierter – Organismengruppen und die Rekonstruktion ihrer gemeinsamen Vorfahren an. Das war bei Tieren aufregender als bei Pflanzen, und gewiss war das Erstellen von Stammbäumen in der Periode nach Darwin das Hauptanliegen der Zoologen. Es regte vor allem vergleichende Forschungen an, bei denen jede Struktur und jedes Organ auf eine mögliche Homologie zu der entsprechenden Struktur eines verwandten oder vielleicht ursprünglichen Organismus hin untersucht wurde. Eine Struktur galt dann als homolog zu der eines anderen Organismus, wenn sich beide phylogenetisch aus einer entsprechenden Struktur oder einem entsprechenden Merkmal des vermutlichen unmittelbaren gemeinsamen Vorfahren ableiteten. Wenn die Verwandtschaft zweier Gruppen mit dieser Methode ermittelt wurde, wie etwa bei den Reptilien und Vögeln, versuchten die Forscher zu rekonstruieren, wie das Zwi-