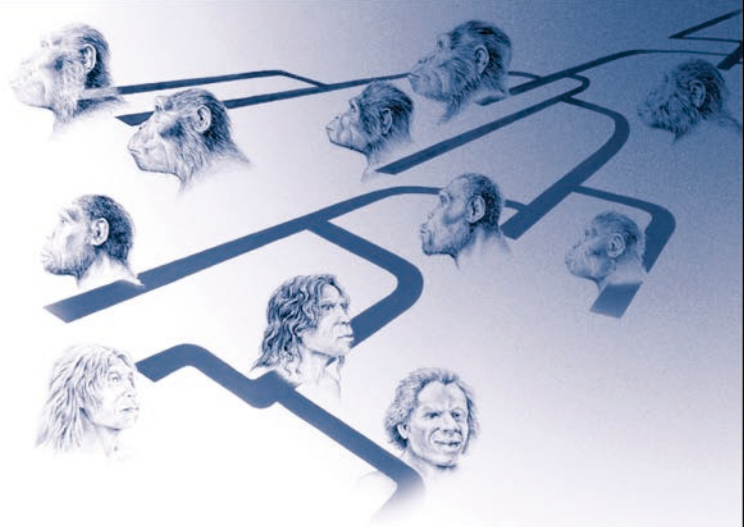


Manuela Lenzen

EVOLUTIONSTHEORIEN IN DEN NATUR- UND SOZIALWISSENSCHAFTEN



campus EINFÜHRUNGEN

Evolutionstheorien

Campus Einführungen

Herausgegeben von
Thorsten Bonacker (Marburg)
Hans-Martin Lohmann (Heidelberg)

Manuela Lenzen studierte Philosophie in Bochum und Bielefeld. Als freie Wissenschaftsjournalistin schreibt sie unter anderem für die *Frankfurter Allgemeine Zeitung* und die *Süddeutsche Zeitung*, für die *Frankfurter Rundschau* und *Die Zeit*. Bei Campus erschien von ihr »Natürliche und künstliche Intelligenz. Einführung in die Kognitionswissenschaft« (2002).

© Campus Verlag GmbH

Manuela Lenzen

Evolutionstheorien in den Natur- und Sozialwissenschaften

**Campus Verlag
Frankfurt/New York**

© Campus Verlag GmbH

Bibliografische Information der Deutschen Bibliothek:
Die Deutsche Bibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen
Nationalbibliografie. Detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über
<http://dnb.ddb.de> abrufbar.
ISBN 3-593-37206-1

Das Werk einschließlich aller seiner Teile ist urheberrechtlich geschützt.
Jede Verwertung ist ohne Zustimmung des Verlags unzulässig.
Das gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Übersetzungen, Mikro-
verfilmungen und die Einspeicherung und Verarbeitung in elektronischen
Systemen.

Copyright © 2003 Campus Verlag GmbH, Frankfurt/Main

Umschlaggestaltung: Guido Klütsch, Köln

Umschlagmotiv: © AKG, Berlin

Satz: TypoForum GmbH, Seelbach

Druck und Bindung: Druckhaus Beltz, Hemsbach

Gedruckt auf säurefreiem und chlorfrei gebleichtem Papier.

Printed in Germany

Besuchen Sie uns im Internet: www.campus.de

© Campus Verlag GmbH

Inhaltsverzeichnis

Einleitung 9

Evolutionstheorien vor Darwin 18

Von den Schöpfungsmythen bis zur Aufklärung 19

Gibt es Ordnung in der Vielfalt? 25

Von Donnersteinen und armen Sündern: Die Deutung
von Fossilien 27

Drei Kollegen mit drei Theorien: Cuvier, Geoffroy
de Saint-Hilaire und Lamarck 30

Darwins Evolutionstheorie 38

Konkurrenten unbekannterweise: Darwin und
Wallace 38

Die Grundlegung der Evolutionstheorie 47

»Bis hinunter zu Provinzialblättern«: Eine rasante
Rezeptionsgeschichte 52

Über Darwin hinaus 57

Gregor Mendel und die verspätete Theorie der
Vererbung 57

Weismann begründet den Neodarwinismus	60
Die Moderne Evolutionäre Synthese	62
Die Grundlagen der Vererbung: Chromosomen, DNA und die Zellteilung	65
Mutationen, der Rohstoff der Evolution	66
Wozu ist Sex gut?	70
Und was ist ein Gen?	71
Art und Artbildung	73
Was ist eine Art?	73
Isolationsmechanismen	77
Die Ebenen der Selektion	79
Sind es wirklich nur die Gene? Die Theorie der Entwicklungssysteme	82
Der Evolution über die Schulter schauen: Experimentelle Evolutionsforschung	84
Der Baum des Lebens	87
Wie alles begann I: Die Urzeugung	89
Wie alles begann II: Theorien der chemischen Evolution	90
Zusammenarbeiten statt aufessen: Die Endosymbiontentheorie	93
Die Suche nach dem richtigen Stammbaum	94
Eine kurze Geschichte des Lebens	96
Der Mensch	99
Der Mensch in der Evolutionsforschung	99
Die Abstammung des Menschen	102
Die Besonderheiten des Menschen	103
Evolution und Kultur	105
Soziobiologie und Evolutionspsychologie	109
Mehr Freiheit für die Kultur: Die Memetik	116

Die Evolutionstheorie außerhalb der Biologie ..	120
Die Karriere einer Metapher	120
Nicht nur Feindschaft: Die Theologie	123
Die Bibel hat doch recht: Der Kreationismus	125
Evolutionstheorien in der Philosophie	128
Evolutionäre Erkenntnistheorie	128
Evolutionäre Ethik	131
Evolutionstheorien in der Soziologie	135
Der Sozialdarwinismus	137
Die Evolution selbst in die Hand nehmen: Eugenik	143
Evolution praktisch	146
Wie der Mensch den Gang der Evolution beeinflusst ...	146
Die Evolution als Ingenieur: Evolutionäre Algorithmen	149
Der Blick aufs Ganze	151
Literaturverzeichnis	154
Glossar	158
Zeittafel	161

Einleitung

Vorsichtigen Schätzungen zufolge sind derzeit etwa 1,5 Millionen Tier- und 500 000 Pflanzenarten bekannt. Diese Zahl ist schon beeindruckend genug, stellt aber vermutlich weniger als 10 Prozent derjenigen Arten dar, die es seit der Entstehung des Lebens auf der Erde gegeben hat. Manche der heutigen Arten, die so genannten lebenden Fossilien, gibt es schon sehr lange. Die Pfeilschwanzkrebse, die sich in den seichten Gewässern vor der nordamerikanischen Atlantikküste tummeln, sehen noch genauso aus wie die Fossilien, die man in den 400 Millionen Jahre alten Gesteinsschichten des Hunsrückschiefers findet. Zu den meisten heute lebenden Arten gibt es allerdings keine fossilen Entsprechungen. Sie sind jüngeren Ursprungs. Woher sie kamen, war lange ein Rätsel. Gott hat die Arten erschaffen, lautete bis ins 19. Jahrhundert die gängige Antwort, und zwar genau so, wie sie sind, unveränderlich.

Die **Konstanz der Arten** ist auf den ersten Blick keine absurde Annahme: Aus jeder Eichel wächst eine Eiche, jede Hündin wirft Hundewelpen. Sicher, die Individuen unterscheiden sich ein wenig voneinander, und Züchter wissen diese Variation seit Menschengedenken für ihre Zwecke zu nutzen. Dennoch ist auch ein Hochleistungsrind noch immer ein Rind und der winzigste Pinscher noch immer ein Hund. Aber es gibt zahl-

reiche Beobachtungen, die durch die Annahme konstanter Arten nicht erklärt werden können.

Betrachtet man den Körperbau der Organismen, stellt man bei manchen von ihnen erstaunliche Übereinstimmungen fest: So sind die Vordergliedmaßen der Wirbeltiere trotz ihres unterschiedlichen Aussehens etwa bei Menschen, Pferden, Fledermäusen und Flugsauriern stets aus einem Oberarmknochen, zwei Unterarmknochen, Handwurzel, Mittelhand und Fingern aufgebaut. Bei manchen Tieren findet man rudimentäre und scheinbar überflüssige Organe: Nägel an den Flossen der Walrosse und Seelöwen, Reste des Beckengürtels bei Walen, bei Menschen den Blinddarm, das Steißbein und die Weisheitszähne. Manchmal werden Tiere (und auch Menschen) mit so genannten **Atavismen** geboren, Organen, die nicht in ihren aktuellen Bauplan gehören, so etwa mehrzehige Vorderbeine bei Pferden oder überzählige Brustdrüsen bei Frauen. Bei Embryonen finden sich Organe angelegt, die beim erwachsenen Tier nicht ausgebildet sind. Manche Tiere kommen zwar in ihrer Umgebung durchaus zurecht, doch wenn man betrachtet, wie etwa das Baumkänguru zum Schlafen mühsam auf schräg stehende Bäume klettert, kann man sich des Eindrucks nicht erwehren, dass ein Schöpfer, der aus dem Nichts ein neues Wesen kreieren wollte, eine bessere Lösung hätte finden können. Was die Natur hervorbringt, ist, so scheint es, bisweilen arges Flickwerk und lediglich daraus zu erklären, dass sie eben nicht jedes Lebewesen an einem leeren Zeichenbrett entwirft, sondern auf dem aufbaut, was schon da ist. Zudem fanden und finden sich immer wieder fossile Überreste ausgestorbener Tier- und Pflanzenarten, die sich in Entwicklungsreihen zusammenstellen lassen, darunter Übergangsformen wie der berühmte »Urvogel« *Archaeopteryx* und der kürzlich in China ausgegrabene gefiederte Flugsaurier *Microraptor gui*. Auch Mikrobiologie und Chemie liefern Hinweise auf eine gemeinsame Abstammung der Lebewesen: Alle Lebewesen auf der Erde beste-

hen aus Zellen und sind aus den gleichen chemischen Grundbausteinen zusammengesetzt.

Je mehr dieser Fakten ans Licht kamen, je realistischer die Vorstellung vom tatsächlichen Alter der Erde wurde und je weniger der Verweis auf die göttliche Schöpfung als akzeptable Erklärung hingenommen wurde, desto unbefriedigender war die überkommene Lehre von der Konstanz der Arten. Die Alternative – die Idee, dass Arten wandelbar seien, dass die Lebewesen sich aus gemeinsamen Vorformen entwickelt haben könnten – wurde in der Geistesgeschichte immer wieder thematisiert, besonders seit der Mitte des 18. Jahrhunderts (Kapitel 1). Doch erst Charles Darwin und Alfred Russel Wallace gelang es Mitte des 19. Jahrhunderts, eine überzeugende Erklärung dieses Prozesses zu liefern (Kapitel 2). Sie erkannten **Variation und Selektion** als die grundlegenden Faktoren, die eine Veränderung von Arten bewirken.

Individuen unterscheiden sich geringfügig voneinander, und diese Unterschiede bringen es mit sich, dass manche mit den Bedingungen ihrer Umwelt besser zurecht kommen als andere. Diese werden somit bessere Chancen haben, das fortpflanzungsfähige Alter zu erreichen und Nachkommen zu hinterlassen. Ist das Merkmal, in dem sich diese Individuen von anderen unterscheiden, erblich, wird es in der nächsten Generation stärker vertreten sein. Sind auch die Nachkommen dieser Individuen in Sachen Fortpflanzung überdurchschnittlich erfolgreich, wird dieses Merkmal sich mehr und mehr in der Population ausbreiten und sie ein klein wenig verändern. Auf lange Zeiträume gesehen kann durch solche Veränderungen einer Population eine neue Art entstehen, deren Mitglieder sich nur noch untereinander verpaaren, nicht aber mit anderen Populationen, die die entsprechenden Veränderungen nicht durchlaufen haben. Der Blick des menschlichen Züchters reicht in der Regel nicht weit genug, um diesen Prozess zu erkennen. Die Unterschiede zwischen Individuen sind meist geringfügig und

bewirken über weite Zeiträume fast nichts. Arten entstehen nicht von heute auf morgen. Doch es war laut Darwins und Wallace' Idee dieser Prozess des Zusammenwirkens von Variation und erfolgreicher Reproduktion, der dazu führte, dass in Jahrmillionen zahllose verschiedene Arten aus einfachsten Anfängen entstanden.

Darwin und Wallace nannten diesen Prozess nicht Evolution. In der Biologie wurde der Evolutionsbegriff seit dem 18. Jahrhundert für die Entwicklung des Individuums von der Keimzelle zum erwachsenen Lebewesen, die Ontogenese, verwendet. Dabei gab es eine Kontroverse zwischen Vertretern der Präformationstheorie, derzufolge in Ei und Sperma die Strukturen des entstehenden Individuums bereits angelegt sind, und den Vertretern der epigenetischen Theorie, derzufolge diese Strukturen bei der Entwicklung des Embryos neu entstehen. Wohl um die Verwechslung mit dieser Kontroverse zu vermeiden, benutzte Darwin den Terminus Evolution in seinem Hauptwerk *Die Entstehung der Arten* nicht. Er sprach statt dessen von Transmutation, wenn er die Entstehung neuer Arten aus älteren Vorformen meinte. Erst in der zweiten Hälfte des 19. Jahrhunderts setzte sich der Begriff Evolution im heutigen Sinne für die Stammesgeschichte der Lebewesen durch.

Darwin und sein Mitentdecker Wallace kannten freilich den Mechanismus der **Vererbung** von Veränderungen noch nicht. Zwar hatte der Benediktinermönch Gregor Mendel schon 1856 die Theorie formuliert, dass es »Einheiten« der Vererbung gebe – später nannte man sie Gene –, die nach bestimmten Regeln an die Tochtergenerationen weitergegeben würden, doch seine Arbeiten blieben bis zur Jahrhundertwende so gut wie unbekannt. Mit ihrer Wiederentdeckung begann die moderne Genetik. Auf ihrer Grundlage begannen Forscher in den 1930er Jahren die **Synthetische Theorie der Evolution** zu schmieden (Kapitel 3). Sie heißt synthetisch, weil die relevanten Ergebnisse unterschiedlicher Disziplinen in diese Theorie ein-

bezogen wurden, um sie so umfassend und gut begründet wie möglich zu gestalten. Charakteristisch für die Synthetische Evolutionstheorie sind etwa die Unterscheidungen von Genotyp und Phänotyp sowie von Mikro- und Makroevolution und mathematische Methoden der Populationsgenetik, die es erlauben, die Verbreitung, Erhaltung oder das Verschwinden von Merkmalen in einer Population zu berechnen.

Um den derzeitigen Konsens der Evolutionsforscher zu bezeichnen, ist bisweilen von der **Erweiterten Synthetischen Theorie** die Rede. Diese zeichnet sich vor allem durch die Einbeziehung experimenteller Methoden der Evolutionsforschung und neuer Erkenntnisse und Methoden der Molekularbiologie aus. Die Erweiterte Synthetische Evolutionstheorie ist bislang das letzte einende Paradigma, das formuliert wurde. Es ist von seiner synthetischen Ausrichtung her im Prinzip weit genug, um zahlreiche Veränderungen und neue Erkenntnisse einzubeziehen. Doch gerade wegen dieser konzeptuellen Weite kann man kaum von *der* Evolutionstheorie sprechen, weder in der Biologie noch in den zahlreichen anderen Disziplinen, die den Evolutionsgedanken rezipierten. Die Evolutionsforschung ist vielmehr ein Teilgebiet der Biologie, ein Forschungsprojekt, dessen Annahmen immer wieder infrage gestellt, bestätigt oder modifiziert werden. Seit den 1970er Jahren wurden zahlreiche Ansätze formuliert, die bisweilen auch die Kernannahme der Synthetischen Theorie, die Evolution durch Mutation und Selektion, infrage stellen. Wie andere Wissenschaften auch wird die Evolutionsforschung immer wieder von kleineren oder größeren Revolutionen erschüttert, wenn Forscher etwa behaupten, eine grundsätzlich nicht-darwinistische Art der Evolution gefunden zu haben. Zumeist erweist sich ein großer Teil der nachfolgenden Aufregung als Theaterdonner, ein kleinerer bereichert das Verständnis der Evolution. Insbesondere Erkenntnisse über den komplizierten Zusammenhang zwischen den Genen und den Merkmalen von Individuen machen

deutlich, dass eine umfassende Theorie der Mechanismen der Evolution noch lange nicht vorliegt: Die Mechanismen der Vererbung sind ebenso wenig abschließend geklärt wie die Frage nach dem Angriffspunkt der Selektion, die Rolle der Ontogenese oder die Möglichkeit gerichteter statt zufälliger Mutationen.

Doch obwohl längst nicht alle Aspekte der Mechanismen und des Verlaufs der Evolution befriedigend geklärt sind, bezweifelt heute kaum jemand mehr, dass das Leben auf der Erde in einem Prozess der Evolution aus einfachsten Vorformen entstanden ist und sich noch immer weiterentwickelt. Die Evolutionstheorie kann heute als eine der am besten bestätigten wissenschaftlichen Theorien überhaupt gelten. Daher ist die Suche nach Belegen für die Existenz eines Evolutionsprozesses, die einmal eine wichtige Aufgabe der Evolutionsbiologen war, in den Hintergrund getreten. Heute geht es in der Evolutionsforschung zum einen um die Rekonstruktion des Ablaufs der Evolution und zum anderen um die Klärung ihrer Mechanismen. Und weil alle Lebewesen eine evolutionäre Geschichte haben, ist die Evolutionstheorie nicht nur Thema eines biologischen Forschungsbereichs unter vielen, sondern von enormer Bedeutung für die Biologie insgesamt. Mit dem berühmten Satz des Biologen Theodozios Dobzhansky: »Nichts in der Biologie macht Sinn, es sei denn im Lichte der Evolution.« Erst die Evolutionstheorie schmiedete aus Zoologie, Botanik, Paläontologie und anderen Gebieten eine Biologie. Der Philosoph Wolfgang Lefèvre nennt dies den Doppelcharakter der Evolutionstheorie: Sie ist zugleich Teilgebiet und Integrationstheorie der Biologie (Lefèvre 1984).

Die wissenschaftstheoretische Stellung der Evolutionstheorie wird nach wie vor kontrovers diskutiert. Während die einen betonen, die Evolutionstheorie stehe in ihrer Wissenschaftlichkeit physikalischen Theorien nicht nach, betonen andere, die Biologie sei im Kern eine historische Wissenschaft: Sie liefere

keine Voraussagen über den zukünftigen Gang der Evolution, die Rekonstruktion der Evolutionsgeschichte sei auf historische Zeugnisse, sprich Fossilien, angewiesen und könne nicht, wie etwa die vergangenen Positionen von Planeten, aus Gesetzen erschlossen werden. Zudem seien die meisten der evolutionären »Gesetze« nur statistischer Art, die lediglich in geographisch oder zeitlich abgegrenzten Bereichen gelten und zahlreiche Ausnahmen haben. Dies ist in der Tat der Fall. Die Gesetze oder Regeln der Populationsgenetik wie die Mendelschen Gesetze über die Vererbung von Eigenschaften oder das Hardy-Weinberg-Gesetz über die Verteilung von Genen in Populationen, Annahmen über Vermehrungsraten, Evolutionsgeschwindigkeit oder das berühmte biogenetische Grundgesetz sind statistische Gesetze. Das spricht nun allerdings weniger gegen den wissenschaftlichen Charakter der Evolutionsforschung als vielmehr für die Komplexität ihres Gegenstandes. Die Biologie im Allgemeinen und die Evolutionsbiologie im Besonderen sind keine schlechtere Physik, sondern eine Wissenschaft mit eigenem Gegenstandsbereich und Methodenkanon. Zudem kann man in der so genannten experimentellen Evolutionsforschung der Evolution durchaus über die Schulter schauen (Kapitel 3). Die Wissenschaftlichkeit der Evolutionsforschung anzuzweifeln, ist insofern eher eine polemische als eine sachlich berechtigte Übung.

Die biologische Evolutionstheorie gehört zu denjenigen Theorien, die weit über ihre Disziplin hinaus rezipiert werden und unser Welt- und Menschenbild maßgeblich bestimmen. Nachdem das Schockierende des Gedankens, »vom Affen abstammen«, inzwischen der Gewohnheit gewichen ist, findet die Evolutionstheorie heute fast allgemeine Zustimmung. Was Darwins Zeitgenossen erschreckte, war vor allem die Zufälligkeit und Ungerichtetheit der Evolution. Evolution beinhaltet, auch wenn sie bisweilen so präsentiert wird, keine »Höherentwicklung« und hatte schon gar nicht den Menschen als eine Art

»Krone der Schöpfung« zum Ziel, wie im biblischen Schöpfungsbericht. Das Kriterium der Vollkommenheit ist völlig fehl am Platze. Die frühesten Trilobiten waren ebenso gut oder schlecht an ihren Lebensraum angepasst wie heutige Fische, wie eine Maispflanze oder wie der Mensch. Ein einfacher Bauplan sagt nichts darüber aus, wie gut ein Organismus mit seiner Welt zurechtkommt. Das Kriterium der zunehmenden Komplexität ist auf den ersten Blick besser als das der Vollkommenheit, haben sich doch zweifellos vielzellige Wesen aus einzelligen und komplexe Wirbeltiere aus recht einfach gebauten Vorformen entwickelt. Aber auch dieses Kriterium ist nicht immer anwendbar. Eine bessere Anpassung an eine ökologische Nische, einen Lebensraum, kann durch Zunahme der Komplexität, aber auch durch die Reduktion derselben erfolgen, etwa wenn Tiere, die in Höhlen leben, erblinden. Der Mensch ist demnach das Ergebnis zufälliger Variationen, die sich im Laufe von Jahr-millionen zu dem summierten, was wir heute sind.

Die Theorie, zu der Darwin und Wallace den Grundstein legten und an der bis heute gearbeitet wird, ist in erster Linie eine biologische Theorie. Als solche wird sie in den ersten fünf Kapiteln dargestellt. Der Begriff Evolution wurde lange fast ausschließlich in der Biologie verwendet. Das hat sich in den letzten Jahren geändert. Man spricht heute von chemischer, kosmischer oder kultureller Evolution oder von der Evolution wissenschaftlicher Erkenntnis – oder man verwendet den Begriff einfach als Fremdwort für eine kontinuierlich ablaufende Entwicklung im Gegensatz zu einer Revolution, einer gewaltsamen, plötzlichen Veränderung. Die Frage, wie weit die Evolutionstheorie ausgedehnt werden kann, ist eine der interessantesten, die man an dieses Unternehmen richten kann. Dabei fragt sich zum einen, welche Spuren die Evolution beim Menschen hinterlassen hat: nicht nur in seinem Körper, sondern auch in seinem Verhalten, seinem Denken und seinem Handeln, und zum anderen, in welchen anderen Wissenschaften der Evo-