

Anzeige

ADVANCED STUDY CENTRE
UNIVERSITÄT BASEL

‘Es ist nicht wahr, dass die kürzeste Linie
immer die Gerade ist.’
Lessing

NZZ Online

Sonntag, 18. Oktober 2009, 21:34:36 Uhr, NZZ Online

Nachrichten > Forschung und Technik

11. Februar 2009, Neue Zürcher Zeitung

Darwin ist noch lange nicht ausdiskutiert

Die Evolutionstheorie lebt in vielen Forschungsgebieten weiter



(Bild: Flickr)

Darwins Theorie der Evolution war einfach und genial, doch sie liess einige Fragen offen. Viele wurden im Laufe der Jahre von der Genetik geklärt. Dennoch wird es weiter Stoff für Debatten geben.

Von Paul Schmid-Hempel*

Die Veröffentlichung von Darwins «The Origin of Species» am 22. November 1859 liess nur wenige kalt. Die erste Auflage war schon vor ihrem Erscheinen vergriffen. Doch nach der Lektüre war man im viktorianischen England wahrlich nicht «amused» – am wenigsten die Vertreter der Kirche. Es war nicht zu übersehen, dass Darwin den Menschen aus dem Zentrum der Schöpfung gerückt und die Entstehung der Vielfalt des Lebens einfachen, naturwissenschaftlichen Gesetzen überantwortet hatte. Auch ein grosser Teil der etablierten Wissenschaftler war nicht überzeugt von Darwins Theorie und wies auf die Lücken hin. Der führende Paläontologe und Anatom der Zeit, Richard Owen, verdammt die Theorie als grotesk und unwürdig. Doch Darwins akribische Arbeit über zwanzig lange Jahre sollte sich auszahlen. Seine Argumente und die von ihm vorgelegten Fakten überzeugten immer mehr Personen, was, wenn auch nicht ohne Rückschläge, die Evolutionstheorie zum massgebenden Fundament der Biologie werden liess.

Darwin dachte in Populationen

Auch heute, 150 Jahre später, gibt die Evolutionstheorie noch Anlass zu heftigen Diskussionen. Zu fundamental ist sie für unser Selbstverständnis und unsere Weltanschauung. Konflikte werden deshalb in regelmässigen Abständen mit ähnlicher Vehemenz ausgetragen wie zu Darwins Zeiten. Aber Darwins grosses Erbe ist heute in Gestalt vieler Forschungsgebiete mit unzähligen empirischen und theoretischen Arbeiten lebendig. Geblieben sind die Kern-Prinzipien seiner Theorie, nämlich die Bedeutung von Variation und Selektion für die Veränderung von Populationen und die Bildung neuer Arten (siehe Kasten).

Darwin erkannte, dass unterschiedliche Individuen die eigentlichen Keimzellen für die Entstehung neuer Formen und Arten aus einer existierenden Population sind. Dieser revolutionär neue Aspekt eines «Denkens in Populationen» bedeutete die Abkehr vom bisherigen Essentialismus, wo solche Unterschiede als Abweichung von einem idealen Typus einer Art gesehen wurden. Für Darwin dagegen waren die Unterschiede, die Variation der Form innerhalb einer Population, das Entscheidende. Denn verschiedene Individuen sind unterschiedlich gut für den «Kampf ums Dasein» geeignet. Erfolgreiche Individuen vererben ihren möglicherweise abweichenden Typus, der damit zum Ursprung neuer Varianten werden kann. Nicht zufällig zeigt die einzige Abbildung in «The Origin» genau dieses Prinzip, nämlich die Aufspaltung einer Form in verschiedene neue Formen und eine folgende Selektion.

Doch Darwin wusste nicht viel mehr von den Mechanismen der Vererbung als die mittelalterlichen Scholastiker. Die Quelle der erblichen Variation, die er für seine Theorie benötigte, erklärte er schliesslich mit Hilfe sehr kleiner und damit unsichtbarer Partikel, der Gemmulae, welche jedem Zelltyp des Körpers eigen seien. Unterschiedliche Lebensbedingungen würden diese Partikel modifizieren und zu Veränderungen im Erbgut führen. Die Gemmulae zirkulierten laut Darwins Vorstellung im Körper, reicherten sich in der Keimbahn an und würden so an die Nachkommen vererbt. Mit dieser bis auf die Antike zurückgehenden Vorstellung lag er allerdings ziemlich falsch und wurde bald widerlegt.

Mutationen sind selten, aber wirksam

Heute hat sich Darwins Idee durch ihre Verschmelzung mit der modernen Genetik zu einem kohärenten Gedankengebäude entwickelt. Moderne Techniken erlauben es, den genetischen Code einzelner Gene innert Stunden zu entschlüsseln. Die Ergebnisse zeigen, dass spontane Änderungen in den Buchstaben des Codes mit einer Wahrscheinlichkeit von etwa eins zu einer Milliarde pro Generation auftauchen. Dies scheint sehr wenig, doch hochgerechnet auf beispielsweise das Hunderte von Millionen Basenpaare lange menschliche Genom ergibt sich eine stattliche Zahl. Im Zusammenspiel mit der Selektion bleiben die Mutationen eine Zeitlang in einer Population erhalten, bevor sie verschwinden und durch neue ersetzt werden. Im Ergebnis unterscheiden sich zwei Individuen in etwa drei Millionen Basenpaaren – rund ein Promille des gesamten Codes. In Darwins Populationsdenken sind deshalb auch so seltene Ereignisse Grundlage für Veränderungen.

Heute ist unser Verständnis für die Wirkung der Selektion durch Forschungen im Labor und im Freiland, durch mathematische Modelle und Computersimulationen enorm verbessert und sogar teilweise voraussagbar geworden. Es ist auch klar, dass die Selektion sehr geringe Unterschiede in der Eignung für bestimmte Umweltbedingungen erfasst und dadurch Veränderungen in der Zusammensetzung von Populationen bewirkt. Dies war keineswegs immer unbestritten, wurden doch seit Darwin auch andere solchen Änderungen zugrundeliegende Prozesse namhaft gemacht, zum Beispiel die genetische Drift – eine zufällige Änderung der Genhäufigkeiten innerhalb kleiner Populationen. Doch nach vielen Jahrzehnten der Diskussion belegen die Resultate der modernen Forschung immer deutlicher, dass Darwins natürliche Selektion die bedeutendste Kraft für das Evolutionsgeschehen ist.

Die Erben der Evolutionstheorie

Beispielsweise sind Pflanzen auf Bestäuber angewiesen, die teilweise unterschiedliche Blütenfarben bevorzugen. Die Forschung hat gezeigt, dass einzelne Gene die Blütenfarbe bestimmen und dass je nach Vorkommen der Bestäuber verschiedene Farbgene selektiert werden. Dies kann in einigen Fällen zu neuen Arten führen, die sich durch Veränderung einzelner Gene mittels einer Fortpflanzungsbarriere gegeneinander abgrenzen. Oft sind auch jene Gene von der Selektion betroffen, welche die Aktivität anderer Gene steuern. Ein Beispiel dafür ist die Fähigkeit der Menschen, auch als Erwachsene Milchprodukte zu verdauen. Sie beruht auf dem im Darm aktiven Enzym Lactase. Verschiedene neue regulatorische Gene, welche dieses Enzym bei Erwachsenen aktiv werden lassen, sind in den letzten Jahrtausenden unabhängig voneinander in Europa, Afrika oder dem Mittleren Osten entstanden – im Einklang mit der kulturellen Nutzung von Milchprodukten.

So sind im Verlauf der letzten 150 Jahre viele wichtige Fragen geklärt worden. Andere werden weiterhin intensiv erforscht, und neue sind hinzugekommen. Verläuft die Evolution stets in kleinen Schritten oder auch in grösseren Sprüngen? Wie entsteht aus

der Blaupause des genetischen Codes ein ganzes Individuum? Hier hat die evolutionäre Entwicklungsbiologie gezeigt, dass das Muster der Genexpression, das heisst, wann und wo welches Gen an- oder abgeschaltet wird, entscheidend ist für Unterschiede in Gestalt und Funktion der Lebewesen. In jüngerer Zeit sind epigenetische Prozesse als Mechanismen für die Vererbung von Merkmalen an die Nachkommen dazugekommen. Epigenetische Faktoren werden durch die Umwelt der Eltern geformt und wirken auf das Erbgut, ohne die Gensequenz zu verändern. Sie haben die Darwinschen Grundprinzipien von Variation und Selektion jedoch nicht ausser Kraft gesetzt, sondern sind ein Teil davon.

Darwins Erbe zeigt sich aber vor allem darin, dass die moderne Evolutionstheorie heute in viele andere Wissenschaften einfliesst. Die Anthropologie versucht beispielsweise, den Anpassungswert verschiedener kultureller Regeln für eine bestimmte Umwelt zu verstehen. Die Medizin versucht, die Immunabwehr des Körpers als evolutionäre Anpassung mit Kosten und Nutzen zu betrachten oder genetische Korrelate für das Risiko einer bestimmten Krankheit zu kartieren. Die evolutionäre Psychologie untersucht, wie mentale und kognitive Fähigkeiten des menschlichen Gehirns durch Selektion entstanden sein könnten. Computeralgorithmen werden auf dem Prinzip von Mutation und Selektion entwickelt. Die Materialwissenschaften kopieren von der Evolution hervorgebrachte Lösungen, etwa den berühmten Lotus-Effekt, das Abperlen von Wassertropfen auf den Blättern. Und eine evolutionäre Ökonomie versucht individuelle Entscheidungen als Strategien im Sinne von Darwins Grundprinzipien nachzubilden – die Liste liesse sich beliebig verlängern.

Ein Werk für die Ewigkeit

Darwins Erbe ist jedoch nie frei geblieben von heftigen Debatten, von Irrungen und Wirrungen. Zum Beispiel, wenn die Selektion zum Vorteil der Gene herangezogen wird, um den Altruismus zugunsten Verwandter als genetischen Egoismus zu erklären. Für viele ist eine solche Reduktion altruistischer und moralischer Handlungen auf die Grundprinzipien eines eigennütigen Evolutionsprozesses eine Herausforderung und Provokation. Auch wurde Darwins Theorie nicht immer nur rein naturwissenschaftlich betrachtet, sondern teilweise für andere Zwecke missbraucht. Für die entsprechenden Abwege im Zusammenhang mit Eugenik und Rassenwahn kann der Evolutionstheorie zwar kaum die Schuld zugewiesen werden, denn sie reflektiert die Mechanismen der Natur nicht anders, als Geologen die Ursachen für Erdbeben beschreiben. Aber die Diskussion wäre ohne Darwins Theorie sicherlich anders verlaufen.

Ebenso wenig sollte die Diskussion darüber, ob und in welchem Masse der Mensch seine eigene Evolution beeinflusst und wie man hier eingreifen soll oder darf, nur Gegenstand von wissenschaftlichen Kontroversen sein, sondern notwendigerweise auch gesellschaftliche und ethische Vorstellungen einbeziehen. Darwins Einsichten sind deshalb auch nach 150 Jahren nicht nur wissenschaftlich so aktuell wie zu seiner Zeit, sondern auch gesellschaftlich genauso bedeutsam wie damals. Man kann sicher sein, dass dies auch in weiteren 150 Jahren noch so ist. In diesem Sinne ist Darwins Werk für die Ewigkeit gemacht und wird uns weiterhin Einsicht bringen und Versuchung bleiben.

Die Prinzipien der Evolutionstheorie

P. S.-H. Darwins Evolutionstheorie fusst auf vier Prinzipien. Das erste besagt, dass sich die Individuen innerhalb einer Population in ihren Eigenschaften unterscheiden (Prinzip der Variation). Laut dem zweiten Prinzip werden mehr Nachkommen produziert, als überleben und sich fortpflanzen können. Individuen mit für ihre Umwelt besser geeigneten Eigenschaften haben bessere Überlebens- und Fortpflanzungschancen (Prinzip der Selektion). Gemäss dem dritten Prinzip ist zumindest ein Teil dieser Variation erblich und wird an die Nachkommen weitergegeben (Prinzip der Heritabilität). Laut dem vierten Prinzip werden die Nachkommen deshalb mit grösserer Wahrscheinlichkeit die geeigneten Eigenschaften tragen. Es findet eine Anpassung an die Umwelt statt (Adaptation als Konsequenz).

* Der Autor ist Professor für experimentelle Ökologie an der ETH Zürich und beschäftigt sich mit der Evolutionsbiologie.

► **Darwin:** Warum gerade er? [http://www.nzz.ch/nachrichten/forschung_und_technik/charles_darwin_besonders_gruendlich_besonders_ueberzeugend_1.1963569.html]

Link: http://www.nzz.ch/nachrichten/forschung_und_technik/charles_darwin_besonders_gruendlich_besonders_ueberzeugend_1.1963569.html

► **Mimik:** Bei Mensch und Tier dasselbe [http://www.nzz.ch/nachrichten/forschung_und_technik/lachen_oder_weinen_bedeutet_ueberall_auf_der_welt_das_gleiche_1.1963566.html]

Link: http://www.nzz.ch/nachrichten/forschung_und_technik/lachen_oder_weinen_bedeutet_ueberall_auf_der_welt_das_gleiche_1.1963566.html

► **Dossier:** Zum 200. Geburtstag von Charles Darwin [http://www.nzz.ch/hintergrund/dossiers/charles_darwin_dossier_200_geburtstag_origins_of_species_2.45934]

Link: http://www.nzz.ch/nachrichten/forschung_und_technik/charles_darwin_dossier_200_geburtstag_origins_of_species_2.45934

Diesen Artikel finden Sie auf NZZ Online unter:

http://www.nzz.ch/nachrichten/forschung_und_technik/darwin_ist_noch_lange_nicht_ausdiskutiert_1.1963570.html

Copyright © Neue Zürcher Zeitung AG

Alle Rechte vorbehalten. Vervielfältigung oder Wiederveröffentlichung zu gewerblichen oder anderen Zwecken ohne vorherige ausdrückliche Erlaubnis von NZZ Online ist nicht gestattet.