

Evolution des Lebendigen – Theorien

Evolutionstheorien von Darwin und Wallace

Im Jahr 1858 schickte Alfred Russel Wallace (1823-1913) aus Ternate auf dem Malayischen Archipel, wo er sich gerade aufhielt, an Darwin (1809-1882) seine Gedanken zur Evolution des Lebens, die mit denen Darwins fast identisch waren, ohne dass Wallace Darwins Überlegungen kannte. Auf Anraten von Darwins Freunden und als Kompromiss, da Darwin schon wesentlich länger als Wallace an seiner Theorie arbeitete, wurden beide in der Sitzung der Linnean Society am 1. Juni 1858 vorgestellt und im selben Jahr zeitgleich im *Journal of the Proceedings of the Linnean Society* veröffentlicht. Darwin hatte dazu auf die Schnelle extra einen kurzen Artikel angefertigt. Aufgrund dieses Ereignisses erschien dann unter Druck ein Jahr später Darwins epochemachendes Werk „The Origin of Species“ (1859). Wallace erkannte die Priorität Darwins an und unterstützten ihn in Folge (was ihm im Gegenzug eine lebenslange kleine Rente, für die Darwin sorgte, einbrachte).

Darwin stellte nicht eine Evolutionstheorie vor, sondern genau betrachtet fünf:

1. Die Veränderlichkeit der Arten (die grundlegende Evolutionstheorie)
2. Die Abstammung aller Lebewesen von gemeinsamen Vorfahren (Evolution durch Verzweigung)
3. Den allmählichen Verlauf der Evolution (keine Sprünge, keine Diskontinuitäten), dies erhielt später den Namen Gradualismus
4. Die Vermehrung der Arten (Entstehung biologischer Vielfalt)
5. Die natürliche Selektion.

Die Theorien 1 und 2 hatten sich nach wenigen Jahren durchgesetzt, und auch die Theorie 4 wurde Jahre später ebenfalls, nachdem vor allem die Kirchen ihren Widerstand aufgaben, anerkannt. Die zwei anderen Theorien stießen auf teils starken Widerstand. Vor allem die Theorie 5 fand nie allgemeine Anerkennung, obwohl sie zum heutigen *mainstream* gehört, und wird seit mehr als 20 Jahren wieder verstärkt diskutiert.

Synthetische Theorie der Evolution

Die Theorien von Darwin und Wallace haben sich nach ihrer Veröffentlichung natürlich weiterentwickelt, vor allem weil damals noch wenig über die Genetik bekannt war. Darwin zeigte noch eine große Offenheit in verschiedene Richtungen, sogar gegenüber der Vererbung erworbener Eigenschaften. Mendels Kreuzungsversuche kannte Darwin nicht, er hatte höchstens einmal Mendels Namen in einem Buch erwähnt gesehen. Umgekehrt kannte übrigens Mendel die Bücher von Darwin im Detail.

Die Weiterentwicklung der Evolutionstheorie machte einen Sprung mit den Forschungen von Theodosius Dobzhansky (1900-1975) und vor allem 1937 der Veröffentlichung seines Buches *Genetics and the Origin of Species* (auf Deutsch 1939 als *Die genetischen Grundlagen der Artbildung*). Seine Ideen wurden aufgegriffen und zur „Synthetischen Theorie der Evolution“ oder auch „Evolutionären Synthese“ weiterentwickelt. Daran waren vor allem Julian Huxley (1887-1975), Ernst Mayr (1904-2005) und Bernhard Rensch (1900-1990) beteiligt. Diese Synthese setzte sich in den 1950er Jahren durch und ist heute immer noch die vorherrschende Lehrmeinung. Ihre Eckpunkte sind:

1. Gene sind die merkmalsbestimmenden Erbfaktoren und die Mutationen als deren zufällige, sprunghafte Veränderungen werden in die Theorie der Variabilität und Selektion einbezogen
2. Es evolvieren nicht die Individuen allein, sondern Populationen
3. Je kleiner eine Population ist, desto eher verschwinden per Zufall ohne Selektion Gene aus dem Pool, es können sich aber auch schneller welche anreichern (genetische Drift).

Was Organismen mit sexueller Fortpflanzung angeht, spielt die Rekombination der Gene eine mindestens ebenso große Rolle, wie Mutation und Selektion.

Insgesamt wird die Geschwindigkeit der Evolution demnach von vier Faktoren bestimmt:

1. Populationsgröße (Individuenzahl)
2. Reproduktionsgeschwindigkeit
3. Mutationsrate
4. Selektionsvorteil.

Kritik gibt es, weil in dieser Theorie Gene und Genotypfrequenzen ausschließlich auf Populationen beschränkt und diese wie Entitäten behandelt werden. Darüber hinaus bezieht sich die Theorie vor allem auf Eukaryoten und makroskopische Vielzeller mit sexueller Fortpflanzung. Der horizontale Gentransfer und die asexuelle Fortpflanzung der Prokaryoten bleibt relativ unberücksichtigt. Und es wird neben der Rekombination als alleiniges Prinzip die Mutation in Verbindung mit der Selektion für die Variation verantwortlich gemacht.

Evolutionäre Entwicklungsbiologie (Evo-Devo, *evolutionary developmental biology*)

Gegen den Gradualismus Darwins, also die langsame kontinuierliche Entwicklung der Evolution ohne Diskontinuitäten, entwickelten Steven J. Gould (1941-2002) und Nils Eldredge (*1943) den Punktualismus (unterbrochenes Gleichgewicht). Kurze Zeiträume mit schnellen Veränderungen wechseln sich mit langen ohne große Veränderungen ab (Stasis). Dies ist heute weitgehend anerkannt und wird auch von den Vertretern der Evolutionären Synthese in ihre Theorie eingebaut. Aber neben dem Punktualismus gibt es bei Gould auch eine Skepsis gegenüber der negativen Auswahl durch Mutationen (natürliche Selektion), also der Theorie 5 von Darwin. Es müsse doch auch einen Mechanismus geben, der Innovationen kreiert, ohne sich auf zufällige Mutationen zu verlassen. Des Weiteren wehrt sich Gould vehement gegen die Annahme einer Entwicklung zu immer mehr Komplexität, oder gar den Menschen als Ziel. Dazu zwei Zitate:

Drei Milliarden Jahre Einzelligkeit, dann fünf Millionen intensiver Kreativität, und hinterher mehr als 500 Jahrmillionen Herumprobieren mit den einmal vorgegebenen Grundmustern - das entspricht kaum einem natürlichen, zwangsläufigen und stetigen Trend zu Fortschritt und zunehmender Komplexität. (Gould, 1994, S. 58)

Um diesen Stolz [dass das menschliche Bewusstsein aus der Evolution herauskommen musste] abzulegen, bedürfte es der Einsicht, im *Homo sapiens* nicht mehr als einen winzigen, sehr späten Sproß des riesigen, weit verästelten Lebensbaumes oder besser dichten Busches zu sehen - wichtiger war die kleine Linie wohl wirklich nicht, und mit ziemlicher Sicherheit würde sie kein zweites Mal knospen, wenn der Busch noch wüchse. (Gould, 1994, S. 60)

Bereits Conrad Hal Waddington (1905-1975), der heute weitgehend in Vergessenheit geraten ist, hatte sich mit seiner Theorie der Creoden dafür ausgesprochen, dass es gelenkte Entwicklungswege gibt. Es gibt nach ihm genetisch für die meisten Eigenschaften mehrere mögliche davon im Organismus, von denen sich aber jeweils einer verfestigt hat. Wenn sich aber die Umweltbedingungen verändern, kann es sein, dass ein anderer Weg der erfolgreichere ist und begangen wird, und sich dann ebenso verfestigt wie der vorherige.

Evo-Devo in der heutigen Form hat verschiedene Prinzipien:

1. Organismen verfügen über sehr ähnliche molekulare Mechanismen der Individualentwicklung, wie einen „Werkzeugkasten“, der mit regulatorischen Molekülen ausgestattet ist, die die Genexpression kontrollieren
2. Die regulatorischen Moleküle des Werkzeugkastens können unabhängig voneinander in unterschiedlichen Geweben und Körperregionen eingesetzt werden, wodurch ein modularer evolutionärer Wandel möglich wird
3. Unterschiede in der Entwicklung können auf zeitliche oder räumliche Veränderungen der Aktivität von regulatorischen Molekülen oder auch auf Veränderungen im Ausmaß ihrer Aktivität zurückgehen
4. Unterschiede zwischen einzelnen Arten können auf Veränderungen der Expression von Genen beruhen, die die Entwicklung steuern
5. Ein evolutionärer Wandel von Entwicklungsprozessen kann auf Umwelteinflüsse zurückgehen, die diese Entwicklungsprozesse modulieren.

Es gibt drei Arten von Mutationen, negative, neutrale und positive. Die negativen werden wieder ausgesiebt, die positiven kommen zur Anwendung, aber auch die neutralen werden meist beibehalten, weil sie nicht schädlich sind, aber sich später vielleicht einmal als nützlich herausstellen.

Erweiterte Synthese

Die Erweiterte Synthese bildet ein breites Spektrum von Forschung ab. Viele sehen sie nicht als neue Theorie, die die Synthetische Theorie ersetzt, sondern diese erweitert, wie ihr Name ausdrückt. Die Erweiterte Synthese hat vier hauptsächliche Forschungsrichtungen:

1. Evo-Devo
2. Inklusive Vererbung
3. Entwicklungsplastizität
4. Nischenkonstruktion.

Evo-Devo wurde bereits erläutert. Unter inklusive Vererbung wird neben der klassischen auch die nicht-zufällige Mutation und die epigenetische Vererbung verstanden, also die Vererbung erworbener Eigenschaften. Das setzt auch eine Durchbrechung der sog. Weismann-Barriere voraus, die sagt, dass es keinen Übergang von der Information in Körperzellen in die Keimbahn (Eizellen und Spermien) geben kann. Neben der genetischen gibt es auch noch die kulturelle Vererbung in Form von erlernter Verhaltensvererbung. Entwicklungsplastizität beschreibt die Umwelt in einer neuen Rolle. In der Synthetischen Theorie passen sich Populationen an die Umwelt an, und Vorteile, die durch Mutationen entstanden sind, werden positiv selektiert. Nach der Erweiterten Theorie verändert auch die Umwelt die Organismen. Der Phänotyp ist demnach sowohl eine Kreation der Gene als auch der Umwelt. Die phänotypische Plastizität ist die Fähigkeit eines individuellen Organismus, seinen Phänotyp als direkte Antwort auf Umweltstimuli oder -inputs zu ändern. Wenn bei diesen Prozessen die Entwicklung im Mittelpunkt steht, wird es Entwicklungsplastizität genannt. Der vierte Pfeiler ist die Nischenkonstruktion. Bei der Synthetischen Theorie passt sich das Individuum oder die Population passiv an eine vorhandene Nische an. Bei der Erweiterten Synthese kann sich eine Art eine Nische ursächlich und nicht zufällig selber schaffen, die dann ein Teil ihrer Selektionsbedingungen sowie auch der anderer Arten wird. Soziale Insekten, wie z. B. Termiten und Ameisen, schaffen sich ein klimatisch angepasstes Ambiente (Temperatur, Luftfeuchte, Licht) und passen sich dann genetisch an diese neuen Umweltbedingungen immer weiter an. Dies gilt dann auch für andere Arten in ihrer Umgebung, z. B. Parasiten, die sich ebenfalls an das System anpassen.

Die zentrale Aussage der Erweiterten Synthese ist die Einführung und Beschreibung der aktiven Rolle von Individuen in der Evolution, die weit über den rein passiven Mechanismus der Selektion zufälliger Mutationen hinausgeht. Im Grunde wird ein Lamarckismus *light* wieder eingeführt. Darüber hinaus ist die Grundlage ein systemisches Denken auf Ebene der Zellen, Zellverbände und ganzer Organismen. Genschalter werden vom System nach Bedarf aktiviert, um verschiedene physiologische Abläufe und Phänotypen zu erzeugen.

Die Zahl der Forscherinnen und Forscher, die zur Erweiterten Synthese beitragen, nimmt ständig zu. Evo-Devo als eine Komponente ist bereits 40 Jahre alt und taucht jetzt in neuen Lehrbüchern für das Grundstudium auch auf, ebenso wie die Epigenetik.

Fragen

1. Das Leben hat sich auf der Erde sehr schnell entwickelt als die Bedingungen dafür günstig waren, zumindest in Form der Prokaryoten (Bakterien und Archaeobakterien). Gab es eine „Notwendigkeit“, dass sich Leben entwickelt?
2. Über zwei Milliarden Jahre gab es nur Prokaryoten. Warum haben sich überhaupt Eukaryoten entwickelt, und gibt es einen Trend zur Komplexität?
3. Es gibt bis heute keine eindeutige Definition für Leben, nur eine Ansammlung von Merkmalen. Gibt es etwas, das eindeutig unbelebte Materie zu Leben macht?
4. Lebewesen haben sich evolutiv entwickelt. Ist es logisch, dass diese Entwicklung durch kleine, zufällige Mutationen erfolgte, also vom Grundsatz her Fehler in den Erbanlagen, oder hat die Erweiterte Synthese mit einer Art Neo-Lamarckismus recht?
5. Welche Rolle spielt das Bewusstsein für Lebewesen, und kann dies monistisch erklärt werden, oder ist dafür ein weiterer Faktor wie das Psychoid Drieschs notwendig?

Thesen

1. Die Theorien 1, 2 und 4 Darwins sind inzwischen Fakt, die Theorie 3 ist widerlegt, und der Punktualismus von Eldredge und Gould in die Evolutionstheorien integriert.
2. Eine Zunahme der Komplexität nehmen wir zwar an, aber Fakt ist, dass in den ersten rund drei Milliarden Jahren die Prokaryoten die einzigen Lebewesen waren und auch nach der Entwicklung der Eukaryoten bis heute dominieren. Sie haben in ihrer Vielfalt seitdem noch zugenommen. Komplexität in Form von Mehrzellern bis hin zu hochentwickelten Säugetieren beruht auf Zufall und ist kein allgemeingültiger Trend
3. Die Evolution nur durch die zufälligen kleinen Mutationen im Erbmateriale zu erklären ist falsch. Durch Epigenese und andere oben beschriebene Mechanismen hat ein Organismus die Möglichkeit, den reinen Zufall der Mutationen zu ergänzen.
4. Merkmale haben sich nicht nur entwickelt, weil sie unmittelbar von Vorteil waren, sondern wurden auch beibehalten, wenn sie nicht von Nachteil waren und vielleicht eines Tages von Vorteil sein könnten. Oder vielleicht auch nur, weil es eben möglich war, sie entstehen zu lassen (Spandrellen-Theorie von Gould).
5. Das Leben hält einen „Werkzeugkasten“ an Genschalter vor, mit dem es kreativ und effizient arbeitet, als auch den unter Punkt 4 genannten neutralen Mutationen.
6. Bewusstsein, natürlich nicht in dem Sinne wie wir es heute auffassen, könnte ein Merkmal des Lebendigen sein und es vom Nichtlebendigen unterscheiden.
7. Es könnte eine Tendenz im Universum geben, Leben entstehen zu lassen, aber das ist reine Spekulation. Vielleicht ist es nur ein Umfeld, das Leben möglich macht.

8. Im weit überwiegenden Teil des Universums gibt es kein Leben. Es kann also kein Charakteristikum des Universums sein.
9. Zielgerichtetheit oder Teleologie gibt es nicht in dem Sinne, dass die Evolution auf ein bestimmtes Ziel hinarbeitet, aber sicherlich in dem Sinne, dass aus einem Keim ein fertiger Organismus wird. Der Plan dafür muss im Keim vorhanden sein, aber nicht in den Genen, die nur Matrizen für Proteine sind, sondern im Protoplasma des Keims. Aber wer diesen Schaltern „sagt“, wann sie welche Gene an und wieder abschalten sollen, ist offen. Es wird als eine systemische Eigenschaft beschrieben, auch in Reaktion auf die Umwelt.
10. Der Mensch ist keine Notwendigkeit der Evolution, sondern Zufall. Seine geistigen Fähigkeiten haben zwar zu einer immensen Vermehrung geführt und zu einer Ausbreitung in sehr viele terrestrische Lebensräume, aber sie haben ebenso seine zerstörerischen Grenzen aufgezeigt. Der Mensch wird vermutlich nach einem evolutionär vergleichsweise kurzen Zeitraum wieder verschwinden, so wie er durch einen glücklichen (oder unglücklichen?) Zufall aufgetaucht ist.

Fazit

Die Forschungsergebnisse zu einer Erweiterten Synthese sind faszinierend und bestätigen die Zweifel am Neo-Darwinismus. Man kann das Leben nicht aus Physik und Chemie allein erklären, sondern muss die Biologie als eigenständige Grundwissenschaft anerkennen mit eigenen Gesetzmäßigkeiten, die allein mit Physik und Chemie nicht erklärbar sind, wie z. B. die gesamte Verhaltensbiologie. Es muss dem Leben eine aktive Rolle im Rahmen der Evolution zugestanden werden. Wenn man einen monistischen Ansatz verfolgt, sind systemtheoretische Überlegungen eine Grundlage, und würden externe Faktoren, die das Leben steuern, ausschließen, wie z. B. die Entelechie Drieschs. Ob Bewusstsein in sehr vielen Abstufungen ein Charakteristikum für das Leben ist, kann angenommen werden.

Stephan Krall, 5. September 2020

References

Gould, S. J. (1994). Die Evolution des Lebens. *Spektrum Der Wissenschaft SPEZIAL*. (3), 52–60.