

Vorwort des Herausgebers

Die Frankfurter Evolutionstheorie (FET) bietet seit nunmehr fast 40 Jahren alternative und ergänzende Ansätze für die Evolutionsforschung. Sie wurde durch eine Arbeitsgruppe am Forschungsinstitut und Naturmuseum Senckenberg entwickelt und hat entscheidende Beiträge zur Rekonstruktion evolutionsgeschichtlicher Abläufe (Stammesgeschichte, Bauplanevolution) geliefert.

Die hierzu entwickelte Methode der **Konstruktionsmorphologie** eröffnet eine neue Betrachtungsweise für Lebewesen, die weit über die bisherigen Merkmalsbeschreibungen hinausgeht. Körperformen und Körperaufbau werden im Rahmen der FET als wissenschaftliches Problem betrachtet und als aktiv (d.h. unter Energieaufwand) erzeugt angesehen. Evolution wird nicht als Ursache, sondern als Ergebnis des kontinuierlichen organismischen Wandels verstanden. Die Prinzipien der Thermodynamik liefern den naturgesetzlichen Rahmen für dieses grundsätzlich neue und von klassischen Konzepten abweichende Verständnis von Lebewesen und ihrer Evolution. Diese Rahmenprinzipien erlauben es, den Bauplanwandel (die Makroevolution) zu untersuchen und zu rekonstruieren. Die FET hat ihren eigenen Geltungsbereich in der Evolutionsforschung und ergänzt damit die bestehende Synthetische Theorie der Evolution in entscheidendem Maße. Dennoch ist die FET bis heute nur ansatzweise in der Scientific Community etabliert. Die Gründe hierfür sind vielfältig. Zentral scheint zu sein, dass mit

Etablierung der FET eine Revision so mancher bisheriger morphologischer und evolutionsbiologischer Wissensbestände nötig werden könnte. Vor allem aber wirft sie ein neues und daher ungewohntes Licht auf die Forschungsgegenstände der Biologie und eröffnet neue Forschungsfelder, ähnlich wie in der Physik die Quantentheorie neben der Newtonschen Mechanik oder in der Chemie das Orbitalmodell neben dem Bohrschen Atommodell.

Die Chancen und Möglichkeiten, welche die FET eröffnet, sind enorm. Mit ihrer Hilfe können neue, bislang unbedachte Aspekte in die Evolutionsforschung integriert und ganz neue Fragen aufgeworfen und bearbeitet werden. Die FET zeigt, dass die Evolutionswissenschaft eine lebendige Disziplin ist, die sich weiterentwickelt, bestehende Konzepte hinterfragt und ihre Geltungsbereiche diskutiert. Die Etablierung neuer Theorien vollzieht sich oft nur langsam. Die FET ist aber bereits in einigen Lehr- und Schulbüchern zu finden. In hessischen Schulen steht sie auf dem Lehrplan für die Klassen 12/13.

Mittlerweile bekunden Wirtschaftsunternehmen ihr Interesse an den Konzepten der FET. Ein Beitrag des Markenberaters HOLGER SCHMIDT, Geschäftsführer der TNT Akademie, zeigt, wie die Prinzipien der FET sich auf die Untersuchung von Markenentwicklung anwenden lassen.

Dr. MICHAEL GUDO
Geschäftsführer Morphisto GmbH

Verlag:
Khorshid Verlag, Frankfurt

Herausgeber:
Morphisto - Evolutionsforschung und Anwendung GmbH
Senckenberganlage 25, D-60325 Frankfurt am Main
<http://www.morphisto.de>

Autoren:
Dr. Michael Gudo (S. 3-37), Dr. Holger Schmidt (S. 38-41)
unter Mitarbeit von:
Dr. Holger Granz, Prof. Dr. Dr. Mathias Gutmann, Dr. Tareq Syed

Jahrgang:
Jahrgang 2, Heft 6, Datum: 31.05.2007,
Frankfurt am Main: Khorshid-Verlag 2007, ISSN 1862-4839

Erscheinung:
Erscheint in unregelmäßigen Abständen,
Subskription: 6,50 EUR pro Heft
Einzelheft: 7,- EUR pro Heft

Lektorat:
Dr. Karin Afshar

Externe Begutachtung:
Dr. Manfred Grasshoff, Dr. Jens L. Franzen, Dr. Gera Levit,
Prof. Dr. Wolfgang Oschmann, Prof. Dr. Stefan D. Peters

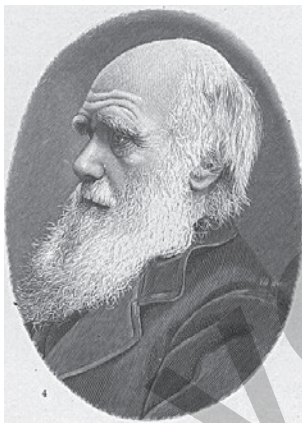
Layout, Satz und Grafik:
STELZNER Illustration, 60323 Frankfurt am Main

1. Die Frankfurter Evolutionstheorie – Neue Ansätze für die Erforschung der Evolution des Lebens

Dr. Michael Gudo, Morphisto GmbH, Frankfurt am Main, e-mail: mgudo@morphisto.de

Allgemeines zur Evolutionsforschung

Evolution wird allgemein als das Ergebnis von (zufälliger) Mutation des Erbgutes und anschließender Selektion jener Varianten, die durch die Umwelt im Vorteil waren, angesehen. Diese gängige Sichtweise der Evolution ist in der so genannten Synthetischen Theorie der Evolution (STE) verankert und prägt die vorherrschende Ansicht in der Evolutionsbiologie. Die STE ist im Wesentlichen die Darwinistische Evolutionstheorie, die um die Vererbungsgesetze von GREGOR MENDEL, die Keimbahntheorie von AUGUST WEISMANN, sowie den Populationsbegriff und den biologischen Artbegriff von ERNST MAYR erweitert wurde (siehe Querschnitte Heft 1/2).



Schon die Tatsache, dass die Synthetische Theorie der Evolution nicht die einzige Theorie ist, welche für den Wandel der Lebewesen in der Zeit formuliert wurde, deutet darauf hin, dass es eine Reihe von offenen Fragen und ungelösten Problemen in der Evolutionsforschung gibt. Dies ist insbesondere der Fall für den Bereich der **Makro-Evolution**, d.h. die Entstehung und den Wandel von Bauplänen (i.w.S. die Entstehung der „Tierstämme“).

Während die **Mikro-Evolution**, d.h. die Veränderung und geographische Ausbreitung von Populationen, Rassen und Arten, hinreichend mit den Methoden der Synthetischen Evolutionstheorie erklärt wird, mangelt es an geeigneten Methoden makroevolutionäre Wandlungen zu rekonstruieren und plausibel zu erklären. Die Formel „Mikroevolution + Zeit = Makroevolution“ ist in dieser einfachen Form nicht gültig; hier sind weitergehende Konzepte vonnöten. Sehr oft wird genau dieser Punkt von Anhängern des pseudowissenschaftlichen Kreationismus und Intelligent Design aufgegriffen und als Argument gegen die Evolutionsforschung überhaupt angeführt (siehe Querschnitte Heft 3). Übersehen wird

dabei jedoch (von beiden Seiten), dass Mikro- und Makroevolution ein dualistisches, wenn nicht sogar ein dialektisches Begriffspaar bilden, ohne Möglichkeit, den einen Begriff auf den anderen abzubilden bzw. durch irgendwelche Handlungen vom Geltungsbereich des einen Begriffes zum Geltungsbereich des anderen Begriffes zu gelangen (wissenschaftliche Arbeit basiert immer auf Handlungen; auch Sprechen ist eine Handlung – siehe Querschnitte Heft 4). In gleicher Weise, wie es keinen handlungspraktischen Übergang von Quantität zu Qualität geben kann, gibt es keinen Übergang von den Methoden der Mikro-Evolutionsforschung zu den Methoden der Makro-Evolutionsforschung. Es gibt insgesamt betrachtet nur einen einzigen Evolutionsprozess und die Evolutionswissenschaften verwenden zu dessen Untersuchung verschiedene Methoden mit jeweils speziellen Geltungsbereichen (siehe auch Querschnitte Heft 1/2).

Ziele der Evolutionsforschung

Bevor wir uns näher mit den konkreten Problemen der STE befassen, sollten wir einen Blick auf die primären Ziele der Evolutionsforschung werfen und die Probleme etwas eingrenzen. Welchem Zweck dient die Evolutionsbiologie? Gemeint ist mit Evolutionsforschung eine Erforschung der Geschichte der Erde und des Lebens auf zwei Ebenen, zum einen auf der *historischen*, zum anderen auf der *ursächlichen Ebene*. Wir können somit für die Evolutionsforschung folgende Zielsetzungen festhalten:

- (1) Die Rekonstruktion der evolutiven Veränderungen über lange Zeiträume hinweg (= **Evolutionsgeschichtsforschung**).
- (2) Die Darstellung der Bedingungen, Mechanismen und Faktoren des evolutiven Wandels (= **Erforschung der Evolutionsprinzipien oder Evolutionsgesetze**).

Mit anderen Worten: die Evolutionsforschung will historische Zusammenhänge und Abläufe *rekonstruieren* und ihre Ursachen *erklären*.

ßern – können die Begriffe Selektion und Anpassung damit nur als unzureichend für ein Gesamtverständnis des evolutiven Wandels betrachtet werden. Sie eignen sich nur für die wissenschaftliche Bearbeitung regionaler Ausbreitungsmuster.

Im Darwinismus und der Synthetischen Theorie werden die Prinzipien der Mutation, Selektion und Anpassung hingegen als universell gültig und hinreichend für eine Erklärung der gesamten Evolution angesehen. Doch gerade darin liegt das zentrale Problem. Der Begriff Mutation greift zu kurz; Mutation ist ohne Zweifel ein Faktor im Evolutionsgeschehen, doch müsste eine Mutabilität der Einheit von Zellkonstruktion und DNA berücksichtigt werden. Anpassung kann auf alle Phänomene angewandt und unendlich gedehnt werden; dies macht den Begriff so attraktiv, aber zugleich unbrauchbar. Für Selektion gilt entsprechendes, zudem ist der Begriff gewendet vom Aktivum zu Passivum. Selektion und Anpassung als ex-post-Aussagen sind immer richtig, weil sie auf die Feststellung hinauslaufen, dass die Überlebenden überlebt haben, weil sie angepasst sind. Begriffe, die alles erklären, erklären letzten Endes gar nichts, weil es keine Möglichkeit gibt, Geltungsbereiche zu bestimmen und Erklärungsfehler festzustellen.

Überleitung

Vor dem Hintergrund dieser Ausführungen erscheint es notwendig, das Konzept der Evolutionstheorie zu überdenken und ihre Geltungsbereiche neu festzulegen. Dabei geht es explizit nicht um die Frage, ob es überhaupt Evolution gegeben hat, sondern darum, welchen Wert die bisherigen Erklärungen der Evolution tatsächlich haben, welche Fragestellungen mit Ihrer Hilfe bearbeitet werden können, und für welche Bereiche der Evolutionsforschung neue Konzepte benötigt werden. Erinnern wir uns an die eingangs ausformulierten Ziele der Evolutionsforschung: „Rekonstruieren der Evolutionsgeschichte“ und „Erklären des Evolutionsablaufes“. Es wird deutlich, dass mit den Prinzipien der Mutation und Selektion weder eine voll-

ständige Erklärung gegeben wird, noch eine Rekonstruktion evolutionärer Veränderungen über große Zeiträume hinweg möglich ist. Sicherlich mag es gelingen, lokale biogeographische Veränderungen von Populationen zu bearbeiten und zu begründen, warum eine Organismengruppe mit bestimmten Körperfarben oder Schnabelformen sich in einer bestimmten geographischen Region ausgebreitet hat oder zurückgedrängt wurde. Auch die Entstehung spezifischer Sexualmerkmale wie große Geweihe, bunte Federn u.ä. können auf diese Weise erklärt werden. Der evolutionäre Wandel umfasst jedoch weitaus komplexere Veränderungen, nämlich Wandlungen der gesamten Körperkonstruktion, Wandlungen, die aus einem Fisch ein Landwirbeltier entstehen ließen, Wandlungen die aus einem Dinosaurier einen Vogel werden ließen, und Wandlungen, die aus einem Wurm einen Gliederfüßer werden ließen.

Aufgaben für Ihre Schüler

- Diskutieren Sie die Begriffe Mutation, Selektion und Anpassung anhand von selbst gewählten Beispielen.
- Stellen Sie Beispiele für Mikro- und Makro-Evolution zusammen und diskutieren Sie, wie die jeweiligen Veränderungen zu erklären sein könnten.
- Finden Sie Beispiele für Selektion und Anpassung aus der Technik bzw. dem gesellschaftlichen und kulturellen Umfeld.
- Befassen Sie sich mit der historischen Entwicklung der Evolutionstheorie. Berücksichtigen Sie dabei den Einfluss von LAMARCK, und WALLACE auf die Theorie von DARWIN (siehe hierzu Querschnitte Heft 1/2).
- Befassen Sie sich mit den Anforderungen an eine wissenschaftliche Theorie (siehe hierzu Querschnitte Heft 4).
- Warum kam es durch die Evolutionstheorie zu einem Konflikt zwischen Wissenschaft und Glauben? (siehe hierzu Querschnitte Heft 3).

Naturgesetzliche Basis des Wandels

Alle Vorgänge in der Natur, die heute ablaufen oder vor Millionen von Jahren abgelaufen sind, sind mit den Basisbedingungen der Evolution konform. Hierzu zählen die chemischen Prinzipien, die bei der Interaktion von Molekülen in einer Zelle wirksam sind gleichermaßen wie die physikalischen und thermodynamischen. Das Leben nur in Hinblick auf die chemischen (molekularen) Eigenschaften zu untersuchen, ist ebenso wenig sinnvoll, wie es auf rein physikalische Parameter zu reduzieren. Es ist das besondere Gefüge der hydraulischen Konstruktion chemo-mechanischer Energiewandler, welche das Leben auszeichnet und seinen Wandel bestimmt. Wenn wir diese Betrachtungsweise wählen, um das Leben und seine Evolution zu untersuchen – und es ist funktionell belegbar, dass diese Betrachtungsweise adäquat ist – so ist unzweifelhaft festzustellen, dass jede Aktivität von Organismen auf dem Wandel von Energie beruht. Folglich muss die durch den Energiewandel bewirkte Entropiezunahme im System Organismus durch die Aufnahme neuer Energie in Form von Nahrung zumindest ausgeglichen sein, ja, für Wachstum und Reproduktion sogar übertroffen werden. Ein Organismus, der als chemo-mechanische Maschine ein hohes Maß an Komplexität (Ordnung = Zustand niedriger Entropie, vgl. Exkurs vorherige Seite) aufweist, steht nun in dem ständigen Dilemma, dass jede chemische Reaktion, d.h. jeder Energiewandel, der in seiner Apparatur abläuft, die Unordnung erhöht und damit seine Komplexität vermindert. Alle Strukturen des Körpers bauen sich also spontan ständig ab und können nur bei ständiger Versorgung mit Energie und Materie erhalten bzw. aufgebaut werden. Vereinfacht ausgedrückt, sind Organismen von vornherein auf Wachstum und Reproduktion ausgerichtet, sie können nicht anders existieren, als in einem ständigen Automatismus durch den sie ihre Entropie immer weiter erniedrigen. Hierzu zwingen sie letztendlich die spontanen chemischen Reaktionen in ihrem Inneren, die ständige Entropiezunahme bewirken, damit aber genau

diejenigen Aktivitäten (= Bionomieleistungen) hervorrufen, welche durch autonome Material- und Energiezuführung der Entropiezunahme entgegenwirken. Organismen sind quasi rückgekoppelte Entropie-Maschinen. Als solche funktionieren sie nur, weil sie im thermodynamischen Sinne operational geschlossene Systeme darstellen, d.h. sie nehmen durch ihre Aktivität neue Energie und neues Material auf (*Input*) und geben durch ihre Aktivität gewandelte Energie und nicht verwertbare Materie wieder ab (*Output*).

Organismen sind Konstruktionen im thermodynamischen Ungleichgewicht und ihr Abbau ist ein spontan ablaufender Vorgang, dem sie durch ihre bionome Aktivität entgegenwirken. Sie sind in hierarchischer Weise in den kontinuierlichen von der Sonne angetriebenen Energiefluss eingeklinkt. Ihre Konstruktion gestattet es ihnen, sich selbstständig mit der zur Erhaltung ihres Zustandes im thermodynamischen Ungleichgewicht notwendigen Energie und den zum Strukturaufbau notwendigen Materialien zu versorgen. Nur so können sie diesen Zustand über einen gewissen Zeitraum aufrechterhalten. Hierbei führen sie sich mehr Energie zu, als sie zu ihrem individuellen Fortbestehen benötigen; sie können wachsen und sich fortpflanzen. Ihre Organisation ist somit als operational geschlossenes System zu bezeichnen. Nur als solche operational geschlossene (oder operational offene) Systeme sind sie überlebensfähig. Als vollständig geschlossene Systeme könnten Organismen ebenso wenig existieren wie als offene Systeme, denn in beiden Fällen würden sie maximale Entropiezunahme erleiden; ein offenes System kann die zugeführte Energie nicht halten, einem geschlossenen System können keine Stoffe zugeführt werden, es könnte sich kein Gleichgewicht zwischen Abbau und Aufbau einstellen. Organismen befinden sich – in der Sprache der Bergsteiger – auf einer „dynamischen Traverse“. Wie der Kletterer beim horizontalen Überqueren eines instabilen Geländeabschnittes, befinden sich Organismen zu jedem Zeitpunkt in einem instabilen Zustand (im thermodynamischen Ungleichge-

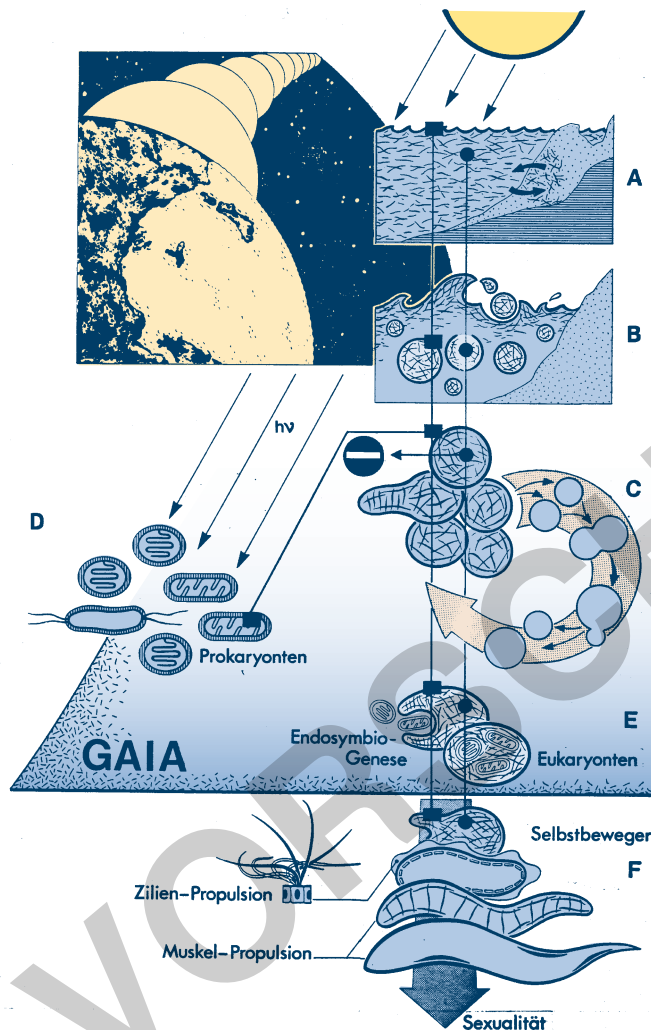


Abb. 16: Organismen sind über ihre Endosymbionten, die photosynthetisch aktiven Chloroplasten, in den von der Sonne ausgehenden Energiefluss eingeklinkt. Die Sonnenenergie wird durch verschiedene photolytische Prozesse gewandelt und für die Organismen nutzbar gemacht. Als „Primärproduzenten“ sind insbesondere Pflanzen, Algen und Cyanobakterien die Hauptmotoren des organismischen Morphoprozesses (D). Sie speisen die Sonnenenergie in die Biosphäre ein und gestalten durch ihre Aktivität das System Erde. Biosphäre, Atmosphäre und Hydrosphäre werden durch die Aktivität der Organismen zu einem organismisch gesteuerten Gesamtsystem, das von JAMES LOVELOCK als ein „Superorganismus“ – „GAIA“ – bezeichnet wurde (D, E). Die Folge dieses Energieflusses ist, dass Organismen zwangsläufig ständig neue Entropiezustände annehmen und sich während ihres individuellen Daseins, wie auch über die Generationen hinweg, ständig wandeln. Evolution resultiert damit notwendigerweise allein aus der Aktivität der Organismen als Energiewandler. Das Leben ist entstanden, indem sich hydraulisch gebaute Energiewandler formten (A, B), die immer aufs neue hydraulische Untereinheiten nach außen und nach innen abschürten (C) und hiermit eine generationenübergreifende Kontinuität der Lebensgrundlage etablierten. Dieses Prinzip der Kontinuität durch Abgliederung von Untereinheiten wird durch alle Organisationsformen der Lebewesen hinweg aufrecht erhalten (E, F).

wicht). Dieser Zustand kann nur dadurch aufrecht erhalten werden, dass sich der Organismus unter Energiewandlung sich ständig neue Energie (und Materie) zuführt.

Mit dieser thermodynamischen Betrachtung von Organismen ist implizit die Ursache für die Mutabilität der gesamten Körperkonstruktion und damit die Begründung für die Evolution gegeben. *Der ständige spontane Abbau und das beständige Wirken des Organismus gegen diesen Abbau durch Energie- (und Material-) Aufnahme führt zu ständig neuen Entropiezuständen, zu ständiger Veränderung des Körpers, zu kontinuierlichem Wandel und damit*

zu Evolution. Für diesen Vorgang verwenden wir den von BEKLEMISHEV eingeführten Begriff des **nekrotischen Wandels**.

Mit der thermodynamischen Betrachtung von Organismen wird im wissenschaftstheoretischen Sinne bereits über die Konstitution von Organismen als energiewandelnde Systeme die Ursache für ihre Mutabilität und damit ihre Evolution festgelegt. Organismen sind in ihrem individuellen Dasein dynamisch, d.h. sie arbeiten aktiv gegen die Entropiezunahme. Dies gelingt ihnen nicht fortwährend, sondern nur für die Dauer ihres individuellen Lebens, weil materialtechnischer Ver-