

Behebt die molekulare Entwicklungs-genetik die Schwächen der Evolutionären Synthese?

Die „synthetische Theorie der Evolutionslehre“, von ihren „Architekten“ MAYR, DOBZHANSKY und SIMPSON wesentlich gestaltet, liegt nunmehr bereits einige Jahrzehnte vor – Zeit genug, einige grundsätzliche Dinge eventuell neu zu bewerten und neue Erkenntnisse einzubeziehen. Darüber haben E. G. LEIGH, Jr. (1999) und R.L. CARROLL (2000) in zwei kürzlich in *Trends in Ecology and Evolution* erschienenen Artikeln laut nachgedacht.

Die Unzufriedenheit mit der „Synthese“ sei inzwischen so weit verbreitet, daß sie Kreationisten und Antidarwinisten Zulauf beschere, so LEIGH. Als zentrales Problem wird – wie die vorgenannten Gruppen bereits seit langem hervorhoben – angesehen, daß die Theorie nie zeigen (oder zumindest Anzeichen dafür nennen) konnte, wie natürliche Selektion von Zufallsmutationen für das Ausmaß an beobachteten Adaptionen verantwortlich sein soll.

Die Kritik. Die „Synthese“, die einerseits durch eine Kombination ableitender Schlußfolgerungen und andererseits durch eine Eliminierung konkurrierender Hypothesen durch die empirische Forschung triumphal etabliert wurde, sei nicht testbar, steril und außer Mode. Die beiden letzteren Attribute mögen dahingestellt bleiben; die Nicht-Testbarkeit hingegen machte letzten Endes aus der natürlichen Selektion eine Art *deus ex machina*. Der Durchbruch der Theorie durch Ausschalten plausibler konkurrierender Erklärungsmodelle legte also im Endeffekt die Grundlage für ihren größten Schwachpunkt: Es wurde versäumt, den direkten Zusammenhang zwischen vorhandener Variation, natürlicher Selektion und Evolution wirklich zu zeigen. Es gibt schlichtweg keine nachvollziehbaren Schritte, egal wie groß oder klein, nicht einmal theoretisch, die z. B. von einer leicht lichtempfindlichen Zelle zum vollentwickelten Insektenauge führen, keine Angaben einer dafür notwendigen Anzahl von Generationen für die erforderlichen Mutationen, nicht einmal als Größenordnung. Es gab zwar Versuche, dies zu tun (NILSSON & PELGER 1994), aber dabei wurde das Auge jeweils isoliert gesehen – das schwierigere Problem vernachlässigend, wie ein Gehirn evolvieren muß, das mit den Informationen eines komplexen Auges umgehen kann (vgl. auch NEUHAUS & ULLRICH 2000).

Seit Beginn des 20. Jahrhunderts taten viele Biologen so, als sei die Fähigkeit, sich die Funktion eines Organs vorstellen zu können, gleichbedeutend mit seiner Entstehung durch natürliche Selektion;

ein Verhalten, das GOULD & LEWONTIN (1979) mit Recht als „adaptive storytelling“ bezeichneten. Die natürliche Selektion wurde für Gott substituiert und als allmächtiger Agent der Adaption gehandelt. Dabei fanden dieselben Beispiele in umgedeuteter Form Verwendung, die bis dahin der Weisheit des Schöpfers zugeschrieben worden waren.

Neben dem Fehlen der Testbarkeit der „Synthese“ faßt LEIGH noch weitere schwerwiegende Probleme zusammen: Der individuelle Vorteil eines Organismus ist nicht gleichzusetzen mit dem der Gruppe oder Art. Die Selektion innerhalb von Populationen ist irrelevant für Makroevolution, d.h. die offensichtlichen Diskontinuitäten aus dem paläontologischen Befund sind zu groß, um von Allelsubstitutionen auf evolutionäre Muster im großen Rahmen extrapolieren zu können. Und wie bereits angedeutet: Logischerweise sollte man nicht die *Phänomene* von Evolution und Adaption mit deren *Ursachen* verwechseln. Solche Zirkelschlüsse haben keinerlei Beweiskraft.

Fragwürdige Extrapolationen. Mittlerweile hat sich auf vielen Gebieten (Molekulare Entwicklungsbiologie, Systematik, Geologie/Fossilbericht) die Erkenntnis durchgesetzt, daß Phänomene der Makroevolution nicht einfach als Extrapolation von Prozessen auf dem Niveau moderner Populationen und Arten erklärt werden können. Gleichgerichtete Selektion kann kaum über hinreichend lange Zeiträume beibehalten werden, um die postulierten morphologischen oder physiologischen Veränderungen zu bewirken, und ist daher nicht geeignet, den Ursprung größerer neuer Taxa zu erklären. Phänomene im großen Maßstab werden daher fast ausschließlich historisch, also als singuläre Ereignisse betrachtet. Wenig wird gesagt über die dafür notwendigen Kräfte (z. B. Ursprung bzw. Wiederholung grundlegender Baupläne). Leider wird diese Sicht in den meisten heutigen Lehrbüchern und in der Mehrzahl der im Journal *Evolution* publizierten Artikel nach wie vor vertreten.

Erstaunlich und bisher ohne Erklärung sind die extrem rasche Divergenz der Linien kurz nach ihrem Auftreten (z. B. die Stämme der Vielzeller) und die anschließenden langen Perioden mit gleichem Bauplan und gleicher Lebensweise. Wo sind die Zwischenformen, wo die kontinuierliche Divergenz der Hauptlinien, z. B. nach der kambrischen Explosion, fragt sich CARROLL. Die „Explosion“ der Stämme kann nur eine Abfolge einmaliger Ereignisse

nisse genannt werden. Die Geschwindigkeit der anatomischen Veränderung und der adaptiven Radiation in so kurzer Zeit erfordert jedenfalls Erklärungen, die weit über die Mechanismen heutiger Artbildung hinausgehen.

Liefern Homöobox-Gene eine Erklärung? Nach Ansicht CARROLLS ist inzwischen eine solche Erklärung in Sicht: die sogenannten Homöobox-Gene. Diese Gene, die inzwischen bei nahezu allen Lebewesen – vom einzelligen Eukaryonten bis zur Landpflanze – nachgewiesen wurden, haben eine Art Schalterfunktion, da ihre Genprodukte in der Lage sind, ganze Entwicklungswege an- oder abzuschalten und so die Differenzierung von Zellen in der Embryonalentwicklung zu steuern. Es wäre daher denkbar, daß sie durch Mutationen an irgendeinem Punkt des komplexen genetischen Kontrollsystems eine Evolution über eine ganze Bandbreite von Größenordnungen bewerkstelligen können. Die *Hox*-Gene, eine Untergruppe, kommen nur bei mehrzelligen Tieren vor. Sie sind unerlässlich für die Entwicklung komplexer Baupläne mit vielen verschiedenen Zelltypen und anatomischen Strukturen. *Nachdem sie einmal entstanden waren* (gegen Ende des Präkambriums), seien sie durch Duplikation und Radiation Schrittmacher der Entstehung der Tierstämme geworden (VALENTINE et al. 1996). Hier wird z.B. der groben Übereinstimmung zwischen der Anzahl der *Hox*-Gene und der Komplexität der Organismen ein Sinn im Rahmen evolutionärer Deutung untergeschoben. Oder bei Wirbeltieren wurden Änderungen des Expressionsbereichs spezifischer *Hox*-Gene als Erklärung für den Übergang von Flossen zu Gliedmaßen verantwortlich gemacht, obwohl Expressionsmuster von *Hox*-Genen als Homologie-Kriterium nicht unumstritten sind (ABZHANOV et al. 1999). Ähnlich argumentieren auch THEISSEN et al. in Bezug auf die MADS-Box-Gene, dem Pendant der *Hox*-Gene bei Pflanzen. Aus der Korrelation zwischen der Phylogenie dieser Gene mit der Evolution von pflanzlichen Reproduktionsstrukturen wird die Vermutung abgeleitet, daß Unterschiede in Genstruktur, Expression und Funktion eine *Hauptursache* für Innovationen in der reproduktiven Entwicklung während der Evolution der Landpflanzen gewesen seien.

Hier wird jedoch derselbe Fehler gemacht wie bei der „alten“ Synthese: notwendige Voraussetzungen für Adaptionen werden für den Nachweis ihrer Entstehung durch Evolution gehalten. Im konkreten Fall der kambrischen Explosion räumt CARROLL allerdings ein, daß die Evolution der *Hox*-Gene zwar eine Voraussetzung für die Vielzelligkeit der Organismen, aber keine Erklärung für die

Radiation der Baupläne sei. Hierfür werden weitere Faktoren bemüht: die Veränderung der Umwelt, insbesondere des Sauerstoffgehalts der Luft, die Kontinentalverschiebung mit ihren klimatischen Auswirkungen und die Abwesenheit von Freßfeinden. Wiederum sind diese Ereignisse einzigartig, unwiederholbar, und der Zusammenhang dieser Faktoren mit dem Entstehen von Bauplänen ist nicht unmittelbar nachzuvollziehen. Sie stellen vielmehr sogar ein zusätzliches Problem dar: Die gleichgerichtete Evolution über längere Zeitperioden ist grundsätzlich beschränkt, weil sich die Rahmenbedingungen während der Erdgeschichte derart häufig und drastisch geändert haben, daß kein umfassendes Modell alle beobachteten Muster und Phänomene erklären kann. Die Erde und ihre Atmosphäre ist heute in einem Zustand, die keiner der postulierten Originaltypen überleben könnte.

Fazit. Als Fazit kann man sagen, daß selbst bei Einbeziehung der in jüngster Zeit erreichten gewaltigen Meilensteine der Entwicklungsbiologie in eine „neue Synthese“ der Evolutionstheorie, wie LEIGH und CARROLL es fordern, die alten Fragen nicht geklärt werden können. Solange die logischen Fehler der bisherigen „Synthese“ auf einer tieferen Ebene beibehalten werden, wird eine Anreicherung mit aktuellen Ergebnissen nicht zu einer qualitativen Verbesserung, sondern lediglich zu einer weiteren Aufblähung der Evolutionstheorie führen.

Judith Fehrer

Literatur

- LEIGH EG Jr (1999) The modern synthesis, Ronald Fisher and creationism. *Trends Ecol. Evol.* 14, 495-498.
- CARROLL RL (2000) Towards a new evolutionary synthesis. *Trends Ecol. Evol.* 15, 27-32.
- NILSSON DE & PELGER S (1994) A pessimistic estimate of the time required for an eye to evolve. *Proc. R. Soc. Lond. Ser. B* 256, 53-58.
- NEUHAUS K & ULLRICH H (2000) Das Wirbeltierauge – ein Konstruktionsfehler ohne funktionellen Sinn? *Stud. Int. J.* 7, 3-11.
- GOULD SJ & LEWONTIN RC (1979) The sprandels of San Marco and the Panglossian paradigm: a critique of the adaptationist programme. *Proc. R. Soc. Lond. Ser. B* 205, 581-598.
- VALENTINE JW et al. (1996) Developmental evolution of metazoan body plans: the fossil evidence. *Dev. Biol.* 173, 373-381.
- ABZHANOV A, POPADIC A & KAUFMAN TC (1999) Chelicerate *Hox* genes and the homology of arthropod segments. *Evol. & Develop.* 1, 77-89.
- THEISSEN G, BECKER A, DiROSA A, KANNO A, KIM JT, MUNSTER T, WINTER KU & SAEDLER H (2000) A short history of MADS-box genes in plants. *Plant Mol. Biol.* 42, 115-149.