

Zur Autonomieentstehung in der Evolution – Eine Übersicht

Derzeit wird eine alte Frage der Evolutionsbiologie wieder vermehrt gestellt: Wie entstanden die evolutiven Neuerungen («Innovationen»)? Wie wurden evolutiv neue Organe und Baupläne gebildet? Was stand am Anfang der größeren evolutiven Übergänge: Neue Strukturen, neue Gene, eine neue Umgebung, neue Verhaltensweisen oder neue ontogenetische Möglichkeiten (NITECKI 1990, THOMSON 1992, WAGNER & ALTENBERG 1996, GERHART & KIRSCHNER 1997, SHUBIN & MARSHALL 2000, WAGNER & al. 2000, HALL 2003, ARTHUR 2004, KIRSCHNER & GERHART 2005)?

Die Synthetische Theorie der Evolution bot zu dieser Frage keinerlei Lösung an. Sie klammerte sie sogar geradezu aus ihren Fragestellungen aus, indem lediglich kleine genetische Variationen (Mutationen) als das Rohmaterial von Selektionsvorgängen in Populationen anerkannt wurden. Dies war aber bereits »Darwin's Dilemma« (CHARLESWORTH 2005, KIRSCHNER & GERHART 2005), indem er mit dem Problem konfrontiert war, die Evolution komplexer Organe und Funktionen aus ordnungslosen Variationen zu erklären. Wie kann die natürliche Selektion, die lediglich auf ungerichtete genetische Veränderungen als Ausgangsmaterial einwirkt, funktionierende Strukturen hervorbringen, die aus hochgradig integrierten und voneinander abhängigen Komponenten aufgebaut sind, wie etwa das Auge der Vertebraten?

In den letzten Jahren entstanden nun zunehmend konkretere Einblicke in die Herkunft evolutiver Innovationen, auch wenn das Bild

noch unvollständig ist. Sie rücken die Frage nach den Bedingungen ihrer Entstehung wieder neu in den Blickpunkt. Es ist zu erwarten, dass die Frage nach der Kreativität der Evolution in den nächsten Jahren unter ganz neuen Gesichtspunkten zu diskutieren sein wird.

Ein Gebiet, das solche Hinweise liefert, ist die Endosymbiontentheorie, die MARGULIS (1991, 1993) aktualisierte und bekannt machte, nachdem das Prinzip bereits von SCHIMPER (1883) vorgeschlagen worden war. Dass Endosymbiose zur entscheidenden Innovation der eukaryonten Zelle beitrug, ist – nach zunächst heftigen Kontroversen – heute allgemein anerkannt und zum Lehrbuchwissen avanciert. MARGULIS & SAGAN (2002) weiten das Prinzip der Symbiogenese inzwischen auch auf die weitere Evolution aus.

Ein zweiter Bereich, der derzeit neue und völlig unerwartete Einblicke in die Struktur evolutiver Innovationen liefert, stammt aus molekularbiologischen Sequenzvergleichen von Genfamilien und Proteinen und aus der Untersuchung molekularer Funktionen und deren Zusammenhang mit den evolutiven phänotypischen Veränderungen (GERHART & KIRSCHNER 1997). Viele der an der Entstehung der großen Diversität der Organismen beteiligten Gene, Proteine und Zelltypen sind evolutiv uralt. Ein großer Teil der evolutiven Innovationen kommt offenbar nicht aus der Entstehung neuer Gene, sondern aus dem Einbau bereits vorhandener Gene in neue Struktur- und Funktionszusammenhänge. Andere Bereiche des Genoms unterliegen wiederum Veränderungen, die offenbar schneller zu Stande gekommen sind, als man dies bislang für möglich gehalten hatte. Dabei stellt sich die Frage neu, auf welcher Ebene des Organismus die Regulation der Genexpression evolutiv verändert wird: Ist es die genetische Ebene durch veränderte Regulatorgene, oder sind es nichtgenetische Faktoren, die eher im Systemganzen des Organismus liegen? Hier deutet sich an, dass in Zukunft der Systembegriff und der Begriff der Ganzheit, wie er unter anderem in der goetheanistisch orientierten Literatur vielfach diskutiert wurde, eine neue Bedeutung erlangen wird.

Und ein drittes Gebiet sind die ontogenetischen Forschungsansätze (»evolutionary developmental biology«, »evo-devo«), die, nachdem sie Mitte des 20. Jahrhunderts vernachlässigt worden waren, nun einen neuen Aufschwung erleben. Das entstand zunächst mehr im paläontologischen Bereich durch die Fragen zu den Heterochronien (McNAMARA 1982, 1990, McKINNEY & McNAMARA 1991, SCHAD 1992). Danach können