

Der genetische Code ist optimal

Die Entstehung des Lebens ist seit langem eines der großen ungelösten Rätsel der heutigen Biologie. Neben Problemen der ungenügenden chemischen Synthesemöglichkeiten auf einer hypothetischen Urerde und der Frage nach dem Ursprung der Information, die nötig ist, um alle nötigen Proteine zu kodieren, besteht vor allem das Problem der Entstehung der Maschinerie, die nach den Regeln des genetischen Codes Information in den Nukleinsäuren nutzt, um daraus Proteine zu synthetisieren.

Da bei der Entstehung des Lebens nicht auf vorhandene Strukturen zurückgegriffen werden konnte, bestand unter anderem folgendes Problem: Einen gegebenen Satz an Grundbausteinen (die 4 Basentypen der DNA, die in verschiedenen Kombinationen für die 20 in den Lebewesen vorkommenden Aminosäuren kodieren) kann man auf unterschiedlichste Art miteinander verknüpfen. Wenn je 3 Basen der DNA für 1 Aminosäure kodieren sollen (die kürzeste mögliche Kodierung), dann bleiben 44 Basenkombinationen (Triplets) übrig, die für keine Aminosäure kodieren müssen. Dies ist jedoch nicht sinnvoll, da so in vielen Fällen eine einzelne Punktmutation ein Stoppcodon erzeugen und das kodierte Protein zerstören würde. Daher kodieren 41 Triplets für manche Aminosäuren mehrfach. Diese Verteilung der Triplets auf die Aminosäuren ist praktisch optimal, wenn es darum geht, bestimmte phänotypische Wirkungen von Punktmutationen möglichst gering zu halten. HAIG & HURST (1991) testeten 10.000 mögliche Codes in Bezug auf die Veränderungen der Polarität bei einer Punktmutation und fanden nur zwei, die minimal konservativer waren, als die im universalen genetischen Code realisierte Zuordnung. Die Konservierung der Hydrophobizität ist zwar nicht ganz so hoch, aber immer noch auffällig. Die übrigen getesteten Eigenschaften (molekulares Volumen und isoelektrischer Punkt) werden dagegen vom universalen Code wesentlich weniger konserviert.

Welche Bedeutung diesem Design zukommt, und weshalb gerade die Polarität so streng konserviert wird, ist noch unklar. Doch zeigt sich wieder einmal, wie durchdacht und optimal das Design der Lebewesen sein kann. Wie YOCKEY (1992, 254) am Beispiel des iso-1-cytochrom c zeigte, ist es wesentlich unwahrscheinlicher, bestimmte enzymatische Funktionen durch Zufall zu erzeugen ($P \approx 2 \cdot 10^{-44}$), als einen guten Code zufällig auszuwählen ($P \approx 3 \cdot 10^{-4}$). Hierin liegt jedoch das Kernproblem, da für einen zufälligen Ursprung des Codes eine komplizierte enzymatische Übersetzungsmaschinerie erzeugt werden muß, die nach den Regeln des Codes arbeitet.

Ob es also ca. 10.000 in einer Population konkurrierende Protobionten mit jeweils unterschiedlichem genetischem Code gab, von denen sich der

am schnellsten replizierende durchsetzte, kann auch aus den anderen oben genannten Gründen durchaus bezweifelt werden. [HAIG D & HURST LD (1991) J Mol Evol 33, 412-417; YOCKEY HP (1992) Information theory and molecular biology. Cambridge, Cambridge University Press.] LL

Retrotransposons beschleunigen Mikroevolution bei Stress

DARWIN erkannte die Variabilität der Organismen als einen entscheidenden Faktor für Evolution. Mit der Entdeckung der Struktur der DNA und der neodarwinistischen Synthese machte die kausale Erforschung der Variabilität enorme Fortschritte: Punktmutationen, Deletionen, Insertionen, Genduplikationen, Rekombinationen etc. können zunehmend genauer erfaßt werden.

Ein weiterer Prozeß, der enorm zur Variabilität beitragen kann, ist das Springen retroviraler Elemente (Retrotransposons) im Genom eines Organismus (MCDONALD 1990; vgl. auch Abb. 1). Diese tragen durch ihr Hin- und Her-Springen nicht nur zur Erhöhung der Mutationsrate bei (gelegentlich werden kleine Genstücke mitversetzt), sondern sie können auch regulatorische Funktionen ausüben. Sobald solche Retrotransposons vor einem bestimmten Gen eingebaut werden, können sie dessen Expression herabsetzen. Zudem kann diese unterdrückende Wirkung der Retrotransposons aber selbst auch wieder durch Suppressorgene teilweise reprimiert werden, so daß das entsprechende Gen (hinter dem Retrotransposon) wieder ein bißchen funktioniert.

Von besonderem Interesse ist nun das Verhalten dieses Systems bei umweltbedingtem Stress: alle Mutationsraten erhöhen sich und die Suppressorgene können sich ausschalten. Letzteres könnte zur Folge haben, daß viele kleine, in längeren Zeiträumen akkumulierte Mutationen plötzlich voll aktiv werden, und zu drastischen Änderungen im Phänotyp führen können, wodurch dieser Organismus entweder besser oder schlechter an seine Umwelt angepaßt ist. Da sich außerdem der Phänotyp unter solchen Umständen durch die erhöhten Mutationsraten schneller als üblich ändert, kann dies zu einer deutlich spürbaren Beschleunigung der Evolution führen.

Dies wird von MCDONALD als mögliche molekulare Ursache für das sprunghafte Erscheinungsbild des Fossilberichtes gedeutet, auch wenn dabei völlig unklar bleibt, woher die vielen neuen (unterschiedlichen) Gene kommen sollen, die von den Retrotransposons reguliert werden.

Da jedoch durch diese Art von Mutationen vor allem bestehende Gene sehr effizient an- und abgeschaltet werden können, könnte dies auch eine Ursache dafür sein, daß nach Großkatastrophen in