

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

einer von Umweltstress geprägten Umwelt eine besonders schnelle Artbildung stattfand. [McDONALD JF (1990) Macroevolution and Retroviral Elements. *BioScience* 40, 183-191] LL

Mythos oder Geschichte? Erkenntnisse aus der Zeit der Patriarchen

Sind die Berichte über die Patriarchen: Abraham, Isaak, Jakob, . . . historisch bedeutungslose Literaturschöpfung aus der Zeit des babylonischen Exils im 6. Jahrhundert v. Chr. oder später, nichts anderes als glorifizierende Phantasiegebilde, wie sie bereits vor mehr als 100 Jahren der einflussreiche Alttestamentler Julius WELLHAUSEN sah? Oder handelt es sich um historische Dokumente? Dieser Frage geht ein kürzlich in „Biblical Archaeology Review“ erschienener Aufsatz des Liverpools Ägyptologen Kenneth A. KITCHEN nach. Der Autor vergleicht dabei eher beiläufige Informationen aus den alttestamentlichen Texten mit vergleichbaren Informationen aus außerbiblischen Quellen. So ist beispielsweise aus einer Reihe antiker Quellen bekannt, daß der Preis für einen Sklaven zwischen 2250 und 500 v. Chr. von 10 bis 15 auf 90 bis 120 Silberschekel gestiegen ist. Die wenigen alttestamentlichen Erwähnungen von Sklavenpreisen zwischen 1700 und 750 v. Chr. geben diese Entwicklung quantitativ und chronologisch exakt wieder. Woher, so fragt KITCHEN, wußten die nachexilischen Autoren zu einer Zeit, als für einen Sklaven um 100 Schekel verlangt wurden, daß Joseph für nur 20 Schekel an die Ismaeliter verkauft wurde (Gen. 37), einem Preis, der, wie wir heute aus dem Gesetz des Hammurabi und Quellen aus Mari wissen, gerade im 19. und 18. Jahrhundert v. Chr. üblich war? Eine ähnliche Beobachtung macht KITCHEN bezüglich des Aufbaus von Vertragstexten, der seit der mesopotamischen Frühzeit immer wieder Veränderungen unterworfen war. Die Patriarchenberichte überliefern eine Reihe von Verträgen. Um nur zwei zu nennen: den Vertrag Abrahams mit Abimelech von Gerar (Gen 21) und den Vertrag Jakobs mit Laban (Gen 31). Die Struktur dieser Verträge weist große Ähnlichkeit auf mit Verträgen, die aus der entsprechenden Zeit zu Beginn des zweiten Jahrtausends aus Mari und Tel Leilan bekannt sind. Sie beginnen mit der Nennung der Zeugen, schließen einen Eid und den eigentlichen Vertragstext an und enden mit einer Verwünschung für den Fall, daß einer der Partner den Vertrag bricht. Mehrere Jahrhunderte später weisen die Verträge der Hethiter eine sehr viel kompliziertere Struktur auf. Sie enthalten zusätzlich eine formale Überschrift, einen Prolog, ein Deposit und einen Segen. Auch die Reihenfolge der einzelnen Punkte ist verändert. KITCHEN zeigt auf, daß die zeitgenössischen alttestamentlichen Verträge, etwa im Buch Josua diesem Muster genau folgen. Im Abra-

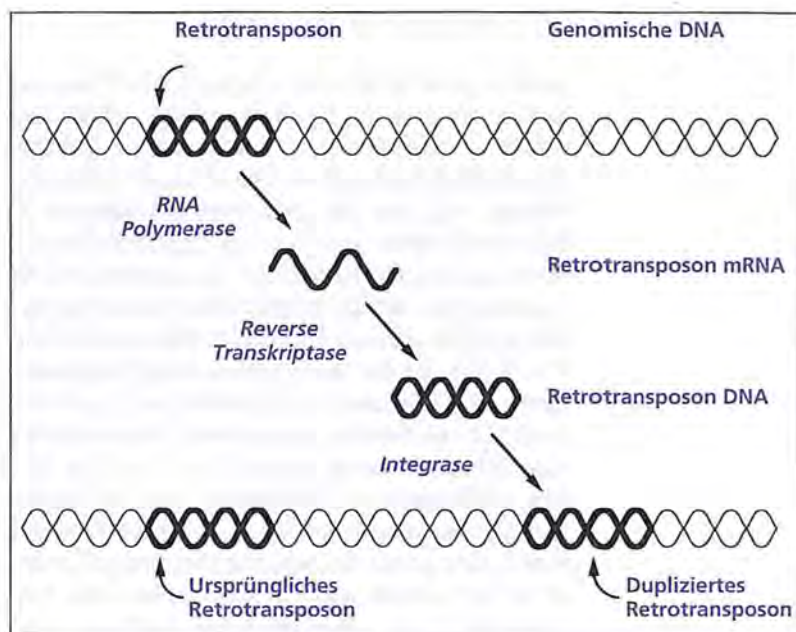


Abb. 1: Vermehrungszyklus von Retrotransposons. Retrotransposons und ähnliche genetische Elemente lassen eine RNA-Kopie von sich anfertigen (Enzym: RNA-Polymerase), die zu einer DNA-Kopie revers transkribiert wird (Enzym: Reverse Transkriptase). Diese wird nun an einer anderen Stelle in das Genom eingebaut (Enzym: Integrase). (Nach STRYER L (1995) *Biochemie*, New York, S. 837)

ham-Bericht wird wiederholt von Bündnissen unter Kleinkönigen berichtet (z.B. Gen 14). KITCHEN weist darauf hin, daß in der gesamten nahöstlichen Geschichte nur eine kurze Zeitspanne durch eine derartige Situation beschrieben ist, die Zeit der Patriarchen. Im späten dritten Jahrtausend wird Mesopotamien durch die 3. Dynastie von Ur dominiert, um 2000 v. Chr. gefolgt durch Elam. Dann, in der fraglichen Zeit, wird das politische Bild für etwa 250 Jahre durch unablässig wechselnde Allianzen von kleinen Stadtstaaten charakterisiert. Einige wie Isin, Larsa, Mari, später Assyrien und Babylon sind bedeutender als die anderen, keiner ist jedoch stark genug, die anderen zu beherrschen. Diese Ära der rivalisierenden Stadtstaaten wird dann durch die Erfolge eines Hammurabi von Babylon und eines Schamsi-Adad I. von Assyrien beendet. Sie wird nie wiederkehren. In weiteren Abschnitten setzt sich KITCHEN mit den Namen der Patriarchenzeit und mit sozialen Gegebenheiten wie dem Familiensegen und dem Erbrecht auseinander, wobei ihm ebenfalls der Beleg dafür gelingt, daß die alttestamentlichen Texte und die Zeit, über die sie berichten, in erstaunlich guter Weise zusammenpassen. KITCHEN beendet seinen Aufsatz mit einem Rat: Anstatt (die biblischen Berichte) weiter zu demontieren, sollte versucht werden, ein klares Bild von dem historischen Rahmen zu gewinnen und diesen Rahmen dann mit der großen Fülle an Datenmaterial, die uns die Archäologie bereitstellt, zu füllen. [KITCHEN KA (1995) *The Patriarchal Age. Myth or History?* *Biblical Archaeology Review* 21, 48-95] UZ