

Erklärung scheint wohl zu sein, daß die (hier schon vorausgesetzten) Kollisionen die Außenschicht der TNOs abtragen und den Innenbereich offen legen, der chemisch anders zusammengesetzt sein soll. JEWITT gibt aber ehrlicherweise zu, daß die natürlichste Erklärung einfach die wäre, daß Kometen und TNOs nichts miteinander zu tun haben.

Das größte Rätsel der TNOs dürfte aber wohl sein, daß ca. 1% der Objekte als „Binary“, d.h. als doppeltes TNO vorkommt, wobei die beiden Komponenten sogar etwa gleich groß sind. Dies ist ein sehr hoher Anteil, der aus „langsamen Kollisionen“ nicht erklärt werden kann. Man ist sich darüber einig, daß dieser hohe Anteil mit der Entstehung der TNOs zusammenhängen muß. Wie dies geschehen ist, ist aber unklar. Als Modell wird zur Zeit diskutiert, daß die TNOs aus der ursprünglichen Gasscheibe, aus der das Sonnensystem entstanden sein soll, kondensiert sind. Damit wären die TNOs älter als die langperiodischen Kometen, die nach neuesten Theorien im inneren Teil des Sonnensystems entstanden sind und dann von den großen Planeten nach außen geschleudert wurden (WIEGERT 1996). Dieser hypothetische Prozeß ist aber weitestgehend unverstanden, insbesondere erklärt er nicht, warum gerade die Größe von 100-1000 km vorkommen soll, und warum es in über 50 AE Entfernung keine TNOs gibt.

Die Trans-Neptun-Objekte werden
nur deshalb als Kometenvorläufer
betrachtet, weil man keine andere
Erklärung für die Existenz
kurzperiodischer Kometen hat.

Die ungeklärten Fragen zeigen, daß die TNOs noch nicht verstanden sind. Insbesondere ist die Frage, ob die kurzperiodischen Kometen früher

TNOs waren, nach wie vor ungeklärt. Die gängige Wissenschaft ist zwar davon überzeugt, aber, um es mit den Worten von Dave JEWITT (2004) zu sagen: „The main reason is that there is no other plausible source.“ Mit anderen Worten: Die TNOs sind KBOs, nicht weil die Beobachtungen so gut passen, sondern weil man keine andere Erklärung für die Existenz kurzperiodischer Kometen hat. Eine interessante Feststellung, die sehr an das Argument erinnert, warum nach gängiger Meinung der Wissenschaft Evolution wahr sein muß: Es gibt keine andere Erklärung. Oder doch? Vielleicht wäre es an der Zeit, sich für unser Sonnensystem Kurzzeitszenarien auszudenken, die für Kometen, Asteroiden und TNOs eine passende Erklärung bringen.

Peter Korevaar

Anmerkungen

- ¹ Ein AE ist der mittlere Abstand der Erde zur Sonne, etwa 150 Millionen Kilometer.
- ² Das Perihel ist der Punkt der Umlaufbahn, an dem ein Objekt der Sonne am nächsten kommt.

Literatur

- JEWITT D C (2002) From KBO to Cometary Nucleus: The Missing Ultrared Matter, *Astron. J.* 123, 1039-1049.
 JEWITT DC (2004) Persönliche Mitteilung.
 KOREVAAR P (2002) Die rätselhafte Oortsche Wolke. *Stud. Int. J.* 9, 79-82.
 KUIPER GP (1951) *Astrophysics: A Topical Symposium*, ed. J. A. Hynek, New York: McGraw-Hill.
 OORT JH (1950) The structure of the cloud of comets surrounding the Solar System, and a hypothesis concerning its origin, *Bull. Astron. Inst. Neth.* 11, 91.
 WIEGERT PA (1996) The evolution of long-period comets, Doktorarbeit, Univ. Toronto.

Einschränkung durch Evolution?

Unumkehrbare Evolution. „Ein weithin akzeptiertes evolutives Prinzip ist“, so schreiben ZUFALL und Kollegen (2004), „daß adaptive Anpassung die Möglichkeiten zukünftiger evolutiver Anpassungen einschränkt.“ Eine Reihe von Beobachtungen führte bereits 1890 zur Formulierung eines „Gesetzes“, benannt nach dem Paläontologen Luis DOLLO. Dieses Gesetz besagt, daß Evolution nicht umkehrbar ist. Interessanterweise ergibt die relevante Literatur, daß mehr oder weniger ausnahmslos der *Verlust* von Merkmalen diskutiert wird. Dieser an sich

schon interessante Sachverhalt wird nun von ZUFALL und Kollegen (2004) durch ein Beispiel anhand der Blütenfarben bei Windengewächsen konkretisiert. Die Überschrift des Fachartikels in der Zeitschrift *Nature* lautet dementsprechend: „Genetische Veränderungen in Verbindung mit Blütenanpassungen schränken das zukünftige evolutive Potential ein.“

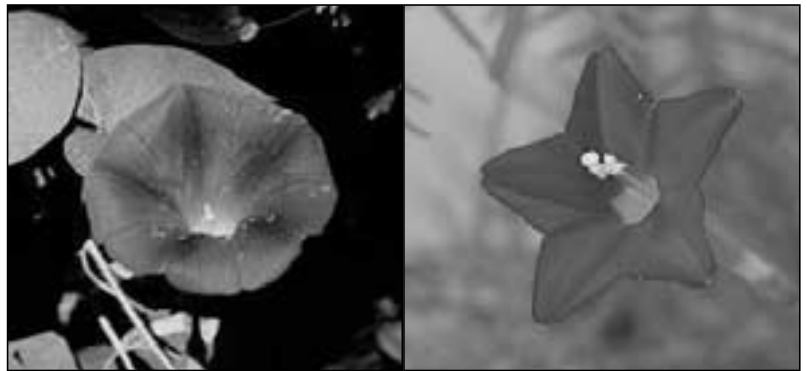
Worum geht es? Winden der Gattung *Ipomoea* haben ursprünglich eine blauviolette Blütenfarbe. Eine kleine Gruppe offensichtlich eng verwandter

Gattungen besitzt nun stattdessen rote Blüten, die nun von Kolibris besucht werden. Vögel „fliegen“ auf rote Blüten, während die blauvioletten Arten vorwiegend von Bienen und Hummeln aufgesucht werden. Die Änderung der Blütenfarbe ist nicht der einzige Unterschied zugunsten eines anderen Bestäubers, auch die Blütenform (längere Röhre), der Nektar (zunehmend flüssiger) und andere Merkmale haben sich verändert.

Farbstoffsynthese in Winden-Blüten. Für das Verständnis der erforschten Vorgänge ist es nötig, sich ein wenig mit der Synthese von Blütenfarbstoffen in diesen Pflanzen zu beschäftigen: Die Blütenfarbe wird bei *Ipomoea*-Arten zum größten Teil von der An- bzw. Abwesenheit bestimmter an Zucker gekoppelter Blütenfarbstoffe, den Anthocyanen, verursacht. So bewirkt der Blütenfarbstoff Cyanidin-Glucosid blauviolette und der Farbstoff Pelargonidin-Glucosid rote Farben. Der chemische Unterschied zwischen beiden Blütenfarben ist an sich gering, die blauviolette Variante besitzt lediglich eine bestimmte chemische Gruppe (Hydroxylgruppe; -OH) mehr als der rote Farbstoff. Die Anlagerung dieser chemischen Gruppe stellt einen Verzweigungspunkt in der Farbstoff-Synthese dar. Das heißt ab diesem Zeitpunkt unterscheiden sich alle nachfolgenden Farbstoffvorstufen durch jeweils das Vorhandensein der OH-Gruppe (später blauviolett) bzw. der Abwesenheit jener Gruppe (führt zu rot). Durch entsprechende Experimente über künstliche Mutanten konnte gezeigt werden, daß Enzyme von Pflanzen mit blauen Blüten in der Lage sind, auch die rote Variante des Farbstoffs zu erkennen und zu verarbeiten. Die betreffenden Stoffwechsel-Enzyme sind also Generalisten und unterscheiden nicht zwischen rot oder blau. Soweit, so blau.

Verlust & Degeneration. Um nun zu rotblühenden Pflanzen zu gelangen, würde es genügen, an die Vorstufen des Farbstoffs keine Hydroxylgruppe mehr anzulagern und somit nur die rote Variante zu produzieren. Tatsächlich ist das auch der Fall. In rotblühenden Arten ist nun – erstens – genau jenes Hydroxyl-anlagernde Enzym nicht mehr aktiv. Die Deaktivierung beruht, Versuchen zufolge, nicht direkt auf einem Verlust der enzymatischen Aktivität (wie man im Reagenzglas feststellen kann). Aus unbekannten Gründen funktioniert das Enzym aber *in der Pflanze* nicht mehr. Des weiteren – zweitens – ist die Ableserate des Gens für dieses Enzym drastisch reduziert.

Überraschend kam nun der dritte Befund, daß die nachfolgenden Enzyme in der Kette der Farbstoff-Produktion durch weitere Veränderungen (Mutationen) nicht mehr in der Lage sind, die Vorstufen für das blaue Pigment zu verarbeiten, selbst wenn diese vorhanden wären. (Wir erinnern uns, in blauvioletten Blüten können die Enzyme Vorstufen für blaue oder rote Farben gleichermaßen



verarbeiten.) Um in einem Beispiel zu sprechen wäre es so, als ob ich eine Taschenlampe funktionsunfähig mache, indem ich die Birne herausschraube, die Batterien entnehme und den Schalter demontiere. Ein Ereignis hätte dabei völlig genügt. Gleichermäßen läßt sich in den Blüten feststellen, daß das Hydroxyl-anlagernde Enzym funktionsunfähig geworden ist, dann aber sowieso nicht mehr hergestellt wird, und nachfolgende Enzyme auch nur die Vorstufen für rote Farbe verarbeiten können. Die Autoren der Studie schließen daraus, daß nachdem ein Ereignis zur Änderung von Blauviolett nach Rot eingetreten war, der Stoffwechselweg für Blauviolett durch Mutationen weiter degenerierte. Sie schreiben: „Diese Degeneration macht es sehr unwahrscheinlich, daß *I. quamoclit* [eine rotblühende Art] je fähig sein wird, Cyanidin-basierte blauviolette Farbpigmente wieder (zurück) zu evolvieren, denn das würde mindestens zwei, eher drei oder mehr [...] gleichzeitige Mutationen benötigen. Das Potential für eine evolutive

Abb. 1: *Ipomoea purpurea* (links; <http://biology.smsu.edu/Herbarium/default.htm>) und *Ipomoea quamoclit* (http://www.exot-nutz-zier.de/imagenes/prod_images/Ipomoea_quamoclit.jpg)

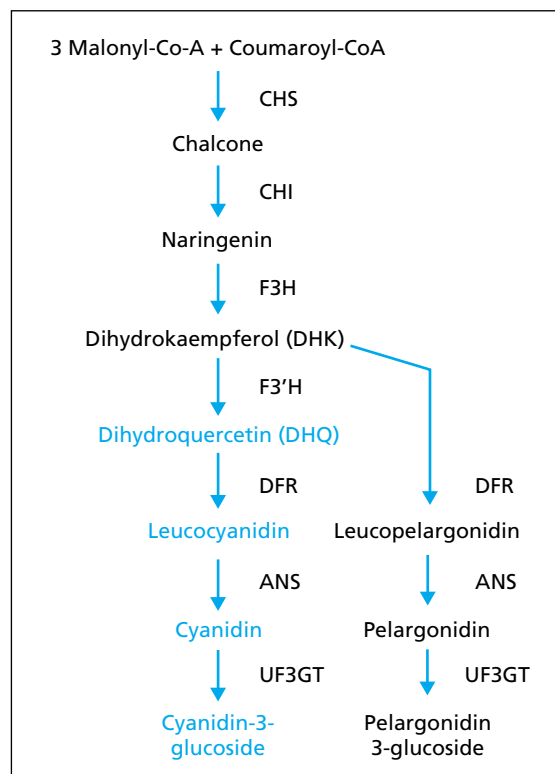


Abb. 2: Der zentrale Teil des Biosynthesewegs des Anthocyanins. CHS Chalcone-Synthase; CHI Chalcon-Isomerase; F3H Flavonon-3-Hydroxylase. Die Zwischenprodukte und Produkte des Cyanidin-Zweiges sind blau gesetzt, die schwarzen (rechts) gehören zum Pelargonidin-Zweig. (Nach ZUFALL & RAUSHER 2004)

Veränderung dieses Merkmals scheint also in *I. quamoclit* als Folge einer Anpassung durch die genetischen Änderungen eingengt zu sein“ (ZUFALL et al. 2004).

Evolutiver Aufbau neuer Funktionen fraglich. Diese Feststellung erinnert sehr an die von SCHERER (1996) postulierten Basisfunktionszustände: Der *Aufbau* von Funktionen, die mehr als 3 (und unter

„Wir verstehen es nicht,
Neuigkeiten aus dem Nichts
zu schaffen – das ist eine Frage
für Biologen in der Zukunft.“

optimistischen Annahmen höchstens 6) Mutationsereignisse voraussetzen, dürfen als nahezu ausgeschlossen gelten, so seine damalige These. Dagegen sind dem *Abbau* von Funktionen keine Grenzen gesetzt. Dies geht nahtlos in die allgemein anerkannte Feststellung über, daß Artbildung mit einem globalen Verlust von Variabilität (auf genetischer Ebene) einhergeht. Die Frage nach der Herkunft des Stoffwechselweges für blauviolette Blüten im Laufe

einer allgemeinen Evolution wird auch in unserem betrachteten Beispiel von den Autoren nicht gestellt. Eine Antwort darauf ist auch nicht bekannt.

Ungewöhnlich ehrlich heißt es zu einem ähnlichen Thema (Entstehung des ersten Lebens), wiederum in der Zeitschrift *Nature*: „Die Idee einer Gemeinschaft [von Lebewesen] mit gemeinsamer hochentwickelter Biochemie wirft eine weitere Frage auf: Wie evolvierte all dies? ‘Das ist von jemandem anders zu beantworten’, sagt WOESE, ‘Wir verstehen es nicht, Neuigkeiten aus dem Nichts zu schaffen – das ist eine Frage für Biologen in der Zukunft’“ (WHITFIELD 2004). Vielleicht ist diese Frage aber schon längst in einem Klassiker der Weltliteratur beantwortet worden?

Niko Winkler

Literatur

- ZUFALL RA & RAUSHER MD (2004) Genetic changes associated with floral adaptation restrict future evolutionary potential. *Nature* 428, 847-850.
 SCHERER S (1996) Entstehung der Photosynthese. Neuhäusen-Stuttgart, 2. erweiterte Auflage.
 WHITFIELD (2004) Borne in a watery commune. *Nature* 427, 674-676.

Brennpunkt Israel: Frühe Menschheitsentwicklung zwischen Afrika und Eurasien

Zusammenfassung: Israel ist auch für die früheste Menschheitsgeschichte ein maßgebliches, wenn nicht sogar das Hauptzentrum der Entwicklung: Hier findet man mit die frühesten Steinwerkzeuge, hier gibt es – vielleicht nach Afrika – das früheste Vorkommen von kultiviertem Feuer, und hier waren die ersten Menschen möglicherweise führend im Abbau von Feuerstein.

Einführung

MrJ: Millionen radio-metrisch bestimmte Jahre. Mit dieser Bezeichnung soll die Abhängigkeit der Zeitskala von geologisch-radiometrischen Altersbestimmungsmethoden verdeutlicht werden.

Eine der brennenden Herkunftsfragen ist trotz aller neuen Erkenntnisse nicht wirklich geklärt: Woher kommt der erste Mensch? Auch wenn Afrika viele Argumente auf seiner Seite hat, besteht bei dieser Woher-Frage eine fast geheime Rivalität mit dem Nahen Osten. Natürlich kann auch das Gebiet um das heutige Israel herum einiges anführen, was durchaus eine Konkurrenz zumindest bedenkenswert erscheinen läßt. Unbestritten ist auf jeden Fall die sehr enge zeitliche, faunistische und kulturelle

Verbindung, die diese beiden Bio- und Kulturräume auszeichnet: In der für die Menschheitsentwicklung kritischen Zeit um 2 MrJ ist ein wechselseitiger Faunen-Austausch offensichtlich, was kurz danach auch für den kulturellen zutrifft. Neue Ergebnisse weisen darauf hin, daß Israel trotz einiger geologischer und klimatischer Hindernisse ein durchaus genutzter Weg aus Afrika nach Eurasien gewesen sein könnte. Vielleicht war es ja auch eines oder das Zentrum der Menschheitsentwicklung?

1,8 MrJ-alte Spuren auf dem Weg nach Eurasien

Zeitgleich mit den ersten Spuren in Afrika beobachtet man um 1,8 bis 1,9 MrJ in China und Eurasien (Georgien) *Homo erectus*-Fossilien und Artefakte. Man wertet dies als deutliches Zeichen sehr schneller und massiver Einwanderungsbewegungen früher Menschenformen in völlig neue Klima-