

der Faltung (mehrere fächerförmige und eine quere Faltung) vorkommt. Die Flügel des Siebenpunkt-Marienkäfers (*Coccinella septempunctata*, Coccinellidae) weisen neben fächerförmigen Falten zwei Querfalten auf, entlang derer die Flügel z-förmig zusammengelegt werden können. Auch hier kann Resilin an beweglichen Verbindungsstellen und in Bereichen hoher Beweglichkeit nachgewiesen werden.

So bewirkt Resilin eine besondere Elastizität in bestimmten Bereichen der Käferhinterflügel und ermöglicht dynamische Verformungen der Flügelprofile während des Flügelschlags. Der Einbau von Resilin verleiht den Flügeln entlang der Faltungsbereiche eine erhöhte Stabilität und verhindert Materialermüdung durch häufiges Falten und Entfalten. Während andere Flügelbereiche bei älteren Insekten typische Verschleißerscheinungen (z.B. ausgefrante Flügelränder) zeigen, sind gerade die besonders belasteten Strukturen durch das Resilin sehr robust. So tragen nicht nur die Flügeladern, sondern auch die Materialkomposition der Käferflügel dazu bei, den unterschiedlichsten und z. T. einander zuwiderlaufenden Anforderungen (hohe Stabilität und Belastbarkeit bei hoher mechanischer Flexibilität) zu genügen.

Die Autoren vermuten, daß die Flügeldeformation während des Flügelschlags zu einer elastischen Energiespeicherung in den Flügelbereichen führt, deren Profil nicht aktiv manipuliert werden kann. Die Flügel nehmen dann wieder ihre ursprüngliche Form an, indem das Resilin wie gespannte Federn, die gespeicherte Energie wieder freisetzt. Einen ersten Hinweis dafür konnten die Autoren in Videosequenzen eines Flügelschlags vorlegen. Solche elastischen Elemente wie das Resilin in Käferflügeln stellen nach Ansicht der Autoren eine essentielle Anpassung für den Flügelschlag von Insekten dar. Staunenswert sind sie auf jeden Fall.

[BINDER H (2001) Libellen – urtümliche, perfekte Flugkünstler. Stud. Int. J. 8, 33-34; HAAS F, GORB S, BLICKHAN R (2000) The function of resilin in beetle wings. Proc. R. Soc. Lond. B 267, 1375-1381]

Rasche Mikroevolution bei Finken

Eine kürzlich veröffentlichte Studie (BADYAEV et al. 2002) hat bei einer nordamerikanischen Finkenart eine rasche, an äußeren Merkmalen sichtbare Anpassung an einen neuen Lebensraum nachgewiesen. Die ursprünglich in Kalifornien und in den Wüstengebieten des Südwesten der USA beheimatete Finkenart *Carpodacus mexicanus* breitete sich in die angrenzenden Staaten aus. Vor ungefähr 25 Jahren hat sie den Staat Montana erreicht, zeitgleich begann sie auch die Besiedelung des Staates Alabama. Die Finken in Alabama haben sich von New York aus bis dorthin ausgebreitet. In New York waren sie vor etwa 60 Jahren durch den

Menschen eingeführt worden. Heute sind Unterschiede Größe und Form sowie in der Fortpflanzung feststellbar: Männliche Finken in Alabama sind größer als Weibchen, haben größere Schnäbel und längere Schwänze, während in Montana Weibchen größer sind. Diese Unterschiede rühren von unterschiedlichen Wachstumsmustern in der Jugendphase her. Als ursächliche Selektionsdrücke werden Unterschiede in Klima und Lebensweise angenommen.

Unmittelbare Ursache sind unterschiedliche Reproduktionsmuster: Es ist bekannt, daß Vögel das Geschlecht ihrer Nachkommen kontrollieren können. Weibchen aus Alabama legen zuerst männliche Eier, das letzte Ei eines Geleges ist weiblich. In Montana ist dies umgekehrt. Es wird etwa ein Ei pro Tag gelegt. Da die zuerst gelegten auch zuerst schlüpfen, wäre die „klassische“ Erklärung, daß diese einen Wachstumsvorteil haben, weil sie auf Kosten ihrer Geschwister mehr Futter von den Eltern erlangen könnten. Die Befunde von BADYAEV et al. (2002) werden von den Autoren allerdings eher durch eine unterschiedliche Menge von mütterlichen Wachstumshormonen im Ei erklärt, die von der Legeposition abhängt.

Die von BADYAEV et al. geschilderte Studie reiht sich ein in eine Reihe ähnlicher Beobachtungen, die zeigen, daß mikroevolutionäre Änderungen sehr viel schneller ablaufen können, als früher vermutet worden war.

[BADYAEV V, HILL GE, BECK ML, DERVAN AA, DUCKWORTH RA, MCGRAW KJ, NOLAN PM, WHITTINGHAM LA (2002) Sex-biased hatching order and adaptive population divergence in a passerine bird. Science 295, 316-318.] WL

Bakteriengenome im Vergleich

Rickettsien sind intrazellulär lebende Bakterien, die durch Läuse und Zecken übertragen werden. *Rickettsia prowazekii* (natürlicher Wirt: Läuse) verursacht Fleckfieber, *R. conorii* (natürlicher Wirt: die Hundezecke *Rhipicephalus sanguineus*) die Mittelmeerform des Fleckfiebers. *R. prowazekii* und *R. conorii* sollen vor 80 bzw. 40 Millionen Jahren aus einem gemeinsamen Vorfahren hervorgegangen sein, der heute ausgestorben sein soll (COUZIN 2002). Nachdem das *R. prowazekii*-Genom mit einer Länge von 1,1 Milliarden Basenpaaren bereits 1998 sequenziert worden war, folgte kürzlich auch das *R. conorii*-Genom (1,3 Milliarden Basenpaare). Ein Vergleich der beiden Genome gibt interessante Einsichten über (mikro-)evolutionäre Veränderungen eines Genoms zwischen nahe verwandten Arten (OGATA et al. 2001): *R. conorii* hat 1374 funktionelle Gene, *R. prowazekii* nur 834. Trotzdem hat letztere Art (*R. prowazekii*) 30 Gene, die bei *R. conorii* entweder völlig fehlen (24 Gene) oder nur als nicht-funktionelle Reste vorkommen

(6 Gene). Die überzähligen Gene bei *R. conorii* wiederum betreffen deutlich häufiger die Bereiche DNA-Verdopplung, Transporterproteine, regulatorische Proteine und Antibiotika-Resistenz.

Die Reihenfolge der Gene in beiden Genomen ist größtenteils identisch bis auf einige kurze Abschnitte am Ende des einzigen Chromosoms, in welchem die Gene in umgekehrter Reihenfolge angeordnet sind, was sich als eine Umkehrung durch eine Mutation (Inversion) erklären läßt. Diese Umkehrung findet sich auch bei anderen Arten der Gattung *Rickettsia*, wobei die Verteilung mit der bisherigen Taxonomie übereinstimmt: *R. prowazekii* näherstehende Bakterien haben das *R. prowazekii*-Genmuster; fernerstehende Arten unterscheiden sich davon.

In vielen Fällen besitzt *R. conorii* nicht andere Gene, sondern einfach nur mehr Kopien einiger bestimmter Gene als *R. prowazekii*. Die Hälfte der Gene, die bei *R. prowazekii* nicht mehr funktionell sind, existieren noch fragmentarisch an derselben Stelle wie im *R. conorii*-Genom. Es sind verschiedene Stadien des Genverlustes erkennbar: Einige Gene sind fast völlig verschwunden, andere noch zu einem erheblichen Teil erhalten, wieder andere sind in mehrere Einzelteile zerlegt und werden oft noch zum Teil abgelesen. Der Zerfall des Genoms der als jünger eingestuften Art *R. prowazekii* wirkt wie das Gesamtergebnis von Mutationen und Anpassung an die Lebensbedingungen in den Wirten. Die durch Mutationen verringerte Funktionsfähigkeit des DNA-Reparatursystems bei *R. prowazekii* hat vielleicht zu dem stärkeren Genverlust beigetragen.

Ansätze für die Entstehung funktionell neuer Gene sind trotz der behaupteten langen Zeitspanne seit der behaupteten Abspaltung vom „letzten gemeinsamen Vorläufer“ nicht zu erkennen.

[COUZIN J (2001) Painting a Picture of Genome Evolution. *Science* 293, 1969-1970; OGATA H, AUDIC S, RENESTO-AUDIFFREN P, FOURNIER PE, BARBE V, SAMSAN D, ROUX V, COSSART P, WEISSENBACH J, CLAVERIE JM, RAOULT D (2001) Mechanisms of Evolution in *Rickettsia conorii* and *R. prowazekii*. *Science* 293, 2093-2098.] WL

Chemie im Weltraum – fruchtbare Beiträge zur Lebensentstehung?

Jüngst wurde auf den Wissenschaftsseiten der Tagespresse der spektroskopische Nachweis von Vinylalkohol im interstellaren Raum (Sagittarius B2N, Sternbild: Schütze) zitiert. Der Befund von TURNER & APPONI (2001) wurde in den populären Darstellungen im Gegensatz zur Originalarbeit mit Spekulationen über die Beteiligung dieses Stoffes am Aufbau biologisch wichtiger Moleküle verknüpft und damit in Zusammenhang mit der Entstehung des Lebens gebracht. Den Wissenschaftlern geht es in der erwähnten Arbeit jedoch nur

darum, die durch die spektralen Daten repräsentierten Stoffe in ihrer chemischen Synthese und Häufigkeitsverteilung nachvollziehen zu können.

Die chemischen Vorgänge im Weltall unterscheiden sich von gängigen Synthesereaktionen im Labor dadurch, daß die Konzentration der Ausgangsstoffe um viele Größenordnungen geringer ist, d.h. es kommt viel seltener zu einem Zusammenstoß, der eine chemische Reaktion zur Folge haben könnte. Außerdem kommen im Weltraum die einzelnen Moleküle typischerweise völlig isoliert vor, d.h. sie sind nicht von einem anderen Medium, z.B. dem Lösungsmittel, umgeben. Lösungsmittelmoleküle nehmen bei Reaktionen durch verschiedenste Formen der Energieübertragung teil, diese Prozesse entfallen also im Kosmos.

TURNER & APPONI haben mit Hilfe eines 12 m-Teleskops in einer bestimmten Region des Weltalls im Sternbild Schütze (Sagittarius B2N) durch die Analyse von Radiowellen Hinweise auf das Vorhandensein von Vinylalkohol gefunden. Durch Vergleiche mit den Isomeren Acetaldehyd und Ethylenoxid, welche bereits in früheren Arbeiten im Weltall nachgewiesen wurden, diskutieren sie verschiedene Modelle der Synthese. Vinylalkohol, Acetaldehyd und Ethylenoxid werden als Isomere bezeichnet, weil sie alle dieselbe Summenformel C_2H_4O aufweisen, sich aber in der Verknüpfung der Atome unterscheiden. Die am häufigsten diskutierten Modelle sind Reaktionen in der Gasphase oder an der Oberfläche von kleinsten Partikeln. Die bisher vorliegenden Daten reichen aber für eine Klärung noch nicht aus.

Vinylalkohol ist aufgrund der darin enthaltenen $C=C$ -Doppelbindung für den Aufbau von komplexeren Molekülen interessant. Eine erhöhte Reaktivität gilt aber nicht nur für den Aufbau gewünschter Verbindungen, sondern ist unspezifisch, d.h. Reaktionen führen auch zu biologisch nicht erwünschten Produkten. Vinylalkohol ist im Labor gar nicht beständig, sondern isomerisiert unter katalytischer Beteiligung eines Wassermoleküls zu Acetaldehyd. Der Nachweis von Vinylalkohol ist somit zwar eine chemisch durchaus interessante Entdeckung, diese eröffnet aber noch lange nicht die Tür zu einem Syntheselabor, welches im Weltall die erwünschten Bausteine für biochemische Systeme erzeugen könnte.

Entsprechendes gilt auch für den Nachweis von Glycolaldehyd ($C_2H_4O_2$) im interstellaren Raum, der von HOLLIS et al. (2000) veröffentlicht worden ist. In dieser Arbeit weisen die Autoren auf die Bedeutung von Glycolaldehyd für die Synthese von Kohlenhydraten und in Verbindung damit auf die biologische Relevanz hin. Sie deuten aber auch an, daß bisher kein chemisch plausibles Modell zur Synthese von Kohlenhydraten auf der Basis der Formose-Reaktion (in deren Verlauf Glycolaldehyd als Zwischenstufe auftritt) vorliegt.

Die hier dargestellten Entdeckungen sind also