

um den devonischen Meeresboden ohne Ablenkung überblicken zu können, wodurch er dort kleinste Bewegungen auch aus einiger Entfernung feststellen kann. Mit dieser Sonnenblende ist nach Meinung der Autoren erstmals ein direkter Hinweis auf die Tagaktivität von Trilobiten vorgelegt worden, bisher war darüber nur spekuliert worden. Bei Nacht nützt diese Einrichtung nämlich wenig.

Dieser neue, in seinen Details faszinierende Befund gibt Anlaß zum Staunen über hochspezialisierte Einrichtungen selbst bei Lebewesen, die wir heute gar nicht mehr direkt lebend beobachten können.

[FORTEY R & CHATTERTON B (2003) A Devonian trilobite with an eyeshade. *Science* 301, 1689] HB

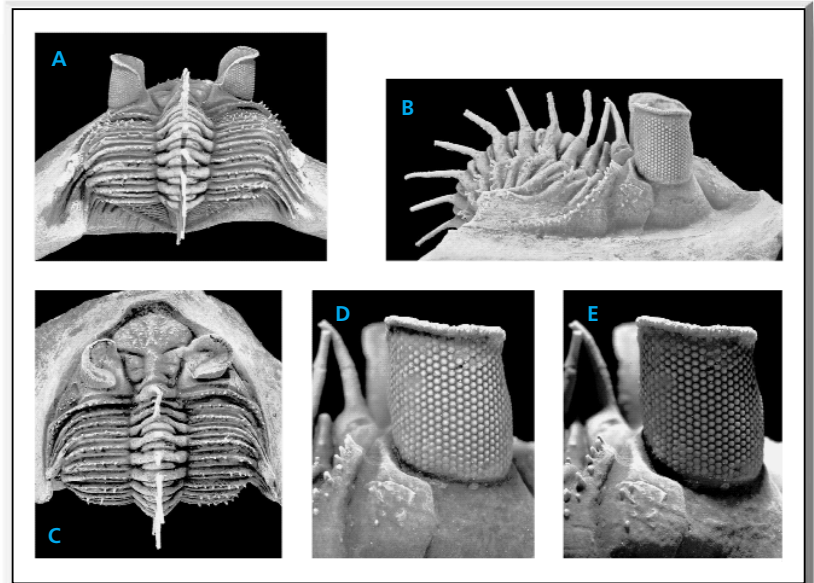
Warme Stube für Bestäuber

Aronstabgewächse (Araceae) weisen auffällige Besonderheiten im Aufbau ihrer Blüten und damit gekoppelt eigentümliche Stoffwechselphänomene auf (BINDER 2003, JUNKER & WISKIN 2002). In einem Kurzbericht dokumentieren SEYMOUR et al. (2003) ihre Untersuchungen über den Zusammenhang von Wärme produzierenden Blüten von *Philodendron solimoesense* (Araceae) und dem Energieverbrauch ihrer hauptsächlichsten Bestäuber, dem Blatthornkäfer *Cyclocephala colasi* (Scarabeae) in den neotropischen Wäldern von Französisch Guayana.

Nach Einbruch der Dunkelheit erfolgt eine schnelle Wärmeproduktion in der Blüte mit gleichzeitig starker Geruchsentwicklung. Dadurch wird der Blütenbesuch von *C. colasi* provoziert. Während der gesamten Nacht liegt die Temperatur in der Blüte 3,4 bis 5,0 °C über derjenigen der Umgebung.

Viele Insekten benötigen für ihre Aktivität eine erhöhte Körpertemperatur, diese erreichen sie, indem sie durch ihren Stoffwechsel diese Wärme erzeugen. Aufgrund der geringen Größe von Insekten kann die erforderliche Erhöhung der Stoffwechselrate z.B. um das 16-fache bei einigen Käfern anwachsen. Eine erhöhte Temperatur in der Umgebung könnte daher für die Käfer eine Energieeinsparung bedeuten.

In der Untersuchung von SEYMOUR et al. (2003) wurde der Energieverbrauch der Käfer anhand von deren CO₂-Produktion ermittelt. Zu diesem Zweck wurden Käfer aus der Familie der Scarabeae in einer entsprechenden Versuchsanordnung (Respirometer) bei verschiedenen Temperaturen untersucht. Käfer in der Ruhephase weisen niedrige Stoffwechselumsatzraten auf, diese steigen leicht mit zunehmender Umgebungstemperatur. Bei aktiven Tieren sind die Umsatzraten höher und steigen bei abnehmender Temperatur stark an. Sinkt die Temperatur unter 27 °C, dann zeigen manche Tiere explosionsartige Steigerungen der Atmung (150-fach) und zeigen damit eine Aufwärmphase an, bei höheren Temperaturen sind diese Phasen



kürzer, seltener und weniger ausgeprägt.

Bei einer Lufttemperatur von 24 °C und einer Temperatur von 28 °C in der Blüte beträgt der errechnete Faktor für die Energieeinsparung (Verhältnis von der zusätzlich für die Aktivität aufgewendeten Energie bei Lufttemperatur zu derjenigen bei erhöhter Temperatur in der Blüte) am Abend bei der Ankunft der Insekten 4,8 und am Morgen immer noch 2,0.

Somit verhilft die Pflanze durch die Wärmeproduktion in der Blüte den sie bestäubenden Insekten zu einer Energieeinsparung, die selbst bei verhältnismäßig geringen Temperaturunterschieden wie im Tiefland von Französisch Guayana (ca. 4 °C) beträchtlich ist. An Standorten mit größeren Temperaturunterschieden ist der Einfluß der Blütenheizung von größerer Bedeutung.

Die Autoren vermuten in der Bereitstellung von beheizten Blüten einen wichtigen Beitrag zur frühen Evolution von Blütenpflanzen. Angesichts der Tatsache, daß in tropischen Wäldern 900 Pflanzenarten mit Wärme produzierenden Blüten aus mindestens sechs Familien (Cyclanthaceae, Annonaceae, Araceae, Arecaceae, Magnoliaceae und Nymphaeaceae) bekannt sind und diese von mehr als 220 *Cyclocephala*-Arten besucht werden, dürfte eine einfache plausible Erklärung für deren offenbar mehrfach unabhängige Entstehung (Konvergenz) nicht einfach zu finden sein.

[BINDER H (2003) Verwesungsgeruch als Attraktion. *Stud. Int. J.* 10, 41; JUNKER R & WISKIN R (2002) Der Natur auf der Spur im Frühlingwald. Dillenburg; S. 54-59; SEYMOUR RS, WHITE CR & GIBERNAU M (2003) Heat reward for insect pollinators. *Nature* 426, 243-244.] HB

Abb. 1: Der Trilobit *Erbenochile erbeni* (ALBERTI) aus dem Unterdevon Südmalrokkos. A von hinten, B von der Seite, C von oben, D, E Details des Auges von der Seite aus. In E ist zu sehen, wie die Sonnenblende das Licht von oben abschirmt. (Aus FORTEY & CHATTERTON 2004, Abdruck mit freundlicher Genehmigung.)

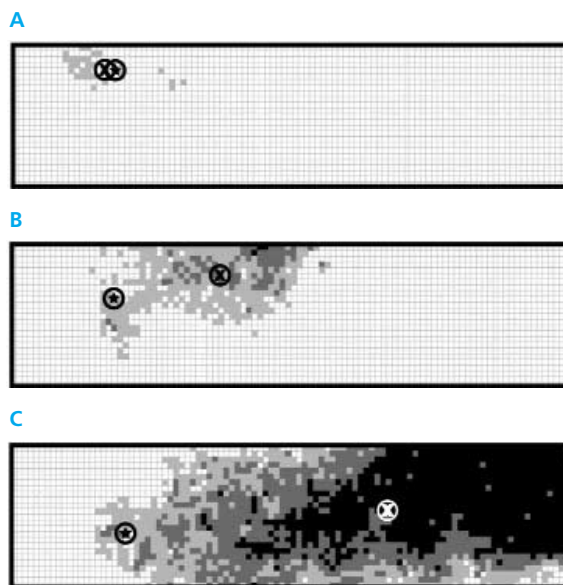
Schnelle Fixierung von Mutationen in sich ausdehnenden Populationen?

Mutationen sind eine wesentliche Quelle der Variabilität der Lebewesen. Allerdings müssen sich

Abb. 1: Ergebnisse von drei Computersimulationen zur Fixierung von Mutationen in wandernden Populationen. Die Fixierung von Mutationen geschieht durch Drift und ist damit ein zufallsabhängiger Prozeß. Von links nach rechts ist die Ausbreitungsrichtung der simulierten Population wiedergegeben; die Quadrate repräsentieren Subpopulationen. Ein Stern zeigt die Entstehung einer Mutation in einer Subpopulation an; ein Kreuz zeigt den Schwerpunkt der Mutation in der Gesamtpopulation am Ende der Simulation. Die Schattierungen stehen für die Frequenz der Mutante in den einzelnen Subpopulationen (weiß = 0-25%, hellgrau 25-50%, dunkelgrau 50-75%, schwarz = 75-100%). In **A** wurde die Mutante nicht durch Drift fixiert, in **B** kam es nur zur Fixierung in wenigen Subpopulationen; die Mutante im Simulationsexperiment **C** dominiert die Ausbreitungswelle. Zur statistischen Beurteilung müssen tausende von Einzelsimulationen durchgeführt werden. (Aus EDMONDS et al. 2004, Abdruck mit freundlicher Genehmigung)

Mutationen in einer Population auch durchsetzen („fixiert werden“), damit sie eine Population nachhaltig verändern. Dies geschieht, wenn die Mutation einen deutlichen Selektionsvorteil bietet. Das ist aber bei den allermeisten Mutationen nicht der Fall, sie sind neutral oder nahezu neutral und können nur durch evolutionäre Drift (neutrale Theorie der Evolution nach KIMURA) fixiert werden. Die Chance, daß eine neutrale Mutation durch Drift fixiert wird, sinkt jedoch proportional zum Kehrwert der Populationsgröße. In kleinen Populationen laufen demnach schnelle mikroevolutive Prozesse ab („bottleneck-Effekt“ durch Populationsengpässe). Diese einfache Beziehung gilt jedoch nur für „statische“ Populationen (konstanter Lebensraum bzw. Populationsgröße).

EDMONDS und Mitarbeiter (2004) stellten dagegen die Frage, wie es um die Fixierung von Mutationen in sich ausbreitenden Populationen bestellt ist. Wenn sich eine Population ausbreitet und damit einen neuen Lebensraum besiedelt, geschieht diese Ausbreitung am Rand der Population, an einer Ausbreitungsfront, die durch Wanderung in neue Gebiete entsteht. Die Autoren der Studie stellen eine Computersimulation vor, die eine solche Situation aufgrund verschiedener Parameter wie Vermehrungsrate, Wanderungsgeschwindigkeit und Mutationsrate modelliert. Die Simulationen zeigten, daß in den Ausbreitungsfronten ausgesprochene Gründereffekte zu beobachten waren, welche die Fixierung von Mutationen durch extreme lokale Populationsengpässe stark begünstigte.



Wenn dieses theoretische Modell das Verhalten realer wandernder Populationen beschreibt, wird man davon ausgehen können, daß solche Populationen einer viel schnelleren Mikroevolution unterliegen als man auf den ersten Blick annehmen würde. Dies dürfte insbesondere von Bedeutung sein, wenn sich Organismen in neue Lebensräume ausbreiten. Das ist beispielsweise der Fall bei Ver-

schleppung durch den Menschen, etwa bei der Dreikantmuschel oder der Aussetzung von Kaninchen in Australien. Ein anderes bedeutendes Szenario sind Katastrophen, durch welche die Fauna und/oder Flora ganzer Lebensräume teilweise oder ganz ausgelöscht werden, welche danach durch Einwanderung wieder besiedelt werden.

[EDMONDS AC, LILLIE AS, CAVALLI-SFORZA LL (2004) Mutations arising in the wave front of an expanding population. Proc. Natl. Acad. Sci. USA 101, 975-979.] SS

Artbildung bei Schnecken durch Mutation in einem Gen

Das Gehäuse von Schnecken kann rechts- („dextral“) oder linksdrehend („sinistral“) aufgebaut sein (Chiralität, Abb. 1). Die Drehrichtung ist von einem einzelnen genetischen Locus abhängig. Wenn sich dieser in einem Weibchen durch Mutation entsprechend verändert, weisen alle Nachkommen dieses Tieres ausschließlich diesen chiralen Phänotyp auf, und zwar unabhängig vom Genotyp des männlichen Elters. Allerdings haben die chiral umgedrehten Nachkommen Fortpflanzungsprobleme: Wenn sie sich mit chiral entgegengesetzten Individuen ihrer Population paaren (heterochirale Paarung), beträgt der Fortpflanzungserfolg nur einen Bruchteil dessen einer homochiralen Paarung. Damit ist eine solche Mutation durch Selektion stark benachteiligt, solange in einer Population die Mehrheit der Individuen eine andere Chiralität besitzt; in sehr kleinen Randgruppen (Gründerpopulation), die von einem mutierten Weibchen stammen, könnte sich die Spiegelbild-Variante jedoch halten. Sobald sie mehr als 50% der Population stellt, wird sie sogar selektiv begünstigt und die Reversion der Chiralität wird fixiert (allelfrequenzabhängige Selektion).

Rei UESHIMA und Takahiro ASAMI haben über 60 Populationen/Unterarten/Arten mehrerer *Euhadra*-Spezies anhand ihrer mitochondrialen DNS untersucht. Etwa die Hälfte der *Euhadra*-Populationen ist dextral, die andere Hälfte dagegen sinistral. Der errechnete mtDNS-Stammbaum legt eine dextrale Ausgangsart nahe; die Autoren vermuten, daß es im Lauf der Aufspaltung der Gattung in mindestens 6 Fällen zu einer Umkehr der Chiralität gekommen sein dürfte. Insbesondere zeigen die beiden Arten *E. quaesita* und *E. aomoriensis* gegensätzliche Chiralität (Abb. 1), doch sind die unterschiedlichen Populationen im mtDNS-Stammbaum unabhängig von der Artzugehörigkeit gemischt. *E. aomoriensis* ist vermutlich dreifach unabhängig aus *E. quaesita*-Populationen entstanden. Damit würde es sich hier – neben einer sehr schnellen Artbildung – auch um den seltenen Fall einer polyphyletischen Tierspezies innerhalb eines Grundtyps handeln, da die Gattung *Euhadra* zweifellos zu einem Grundtyp gehört (Kreuzung zwischen Spe-