

mehr stellt sich jetzt die Frage, wie der Wurmfortsatz oder ähnliche Strukturen mehrmals unabhängig entstehen konnten. Die Argumentation ist gegenüber früher somit auf den Kopf gestellt – oder besser: auf die Füße.

[BOLLINGER RR, BARBAS RS, BUSH EL, LIN SS & PARKER W (2007) Biofilms in the large bowel suggest an apparent function of the human vermiform appendix. *J. Theor. Biol.* 249, 826-831; OSTERKAMP J (2009) Wegoperierte Evolution. Entzündlicher Blinddarm-Anhang punktet bei vielen Säugetiergruppen. <http://www.wissenschaft-online.de/artikel/1005617>; SMITH HF, FISHER RE, EVERETT ML, THOMAS AD, RANDAL BOLLINGER R & PARKER W (2009) Comparative anatomy and phylogenetic distribution of the mammalian cecal appendix. *J. evol. Biol.* 22, 1984-1999. doi:10.1111/j.1420-9101.2009.01809.x] R. Junker

Immer wieder neue Zweifel: Sind Dinosaurier Vorfahren der Vögel?

Schon mehrfach äußerten Paläontologen die Auffassung, dass die Abstammung der Vögel von Theropoden-Dinosauriern definitiv gesichert sei. Dennoch kommen kritische Stimmen nicht zur Ruhe (vgl. die Streiflichter in *Studium Integrale Journal* 16 [2009], 118f.). So wurden immer wieder konstruktive Gründe gegen die Möglichkeit eines Umbaus genannt. Kritik kommt nun aber auch aufgrund einer umfangreichen cladistischen Analyse. Dabei werden möglichst viele Merkmale verschiedener Arten analysiert und daraus computergestützt ein möglichst widerspruchsfreies Cladogramm erstellt. Ein Cladogramm kann auch als „Ähnlichkeitsbaum“ bezeichnet werden. Dabei gilt das Sparsamkeitsprinzip, d. h. das Cladogramm, welches die wenigsten Merkmalswidersprüche aufweist, gilt als die wahrscheinlichste Widerspiegelung der tatsächlichen Abstammungsverhältnisse. Die Cladogramme selber sind allerdings nur Darstellungen von Ähnlichkeitsbeziehungen, die nicht notwendigerweise Abstammungsverhältnisse widerspiegeln.

JAMES & POURTLESS (2009) stellen in Frage, ob die Hypothese der Abstammung der Vögel von der Theropoden-Untergruppe der Maniraptora wirklich so „überwältigend gesichert ist wie manche behaupten“. Sie unterzogen 46 Taxa und 208 Merkmale einer erneuten Analyse und prüften fünf evolutionäre Hypothesen anhand ihrer Ergebnisse. Drei Hypothesen erwiesen sich dabei als nahezu gleich gut durch die Daten unterstützt, nämlich die allgemein bevorzugte Abstammung von den Theropoden, die Abstammung der Vögel von den Archosauriern und die Abstammung von den Crocodylomorphen. Einige Untergruppen der Theropoden (Oviraptorosaurier, Dromaeosaurier, Troodontiden) sind möglicherweise sekundär flugunfähige Vögel. Die Autoren sind weiter der Auffassung, dass den Unsicherheiten über die Hypothese, dass die Vögel von Maniraptora-Theropoden abstammen, nicht genügend Aufmerksamkeit gewidmet würde. Für

die Verbindung Theropoden – Vögel gelten cladistische Analysen als eines der wichtigsten Argumente. Dieses ist mit der Untersuchung von JAMES & POURTLESS in Frage gestellt. Die Alternativen haben allerdings mit dem Problem zu kämpfen, dass die als Vorläufer der Vögel am ehesten passenden Formen gleichsam viel zu früh in der Fossilabfolge überliefert sind, so dass zwischen diesen und den ersten Vogelfossilien eine große zeitliche Lücke klafft (LUSKIN 2009).

Für manche Paläontologen ist angesichts dieser Unsicherheiten und Mehrdeutigkeiten also offen, von welcher Ausgangsgruppe im Rahmen des Evolutionsparadigmas die Vögel abzuleiten sind. Dass es Vorfahren unter irgendeiner Reptiliengruppe geben muss, wird damit natürlich nicht in Frage gestellt. Die Merkmalsverteilungen ergeben aber offenbar in jedem Fall ein widersprüchliches Bild, das heißt jede Hypothese erfordert die Annahme zahlreicher Konvergenzen, also das unabhängige Auftreten ähnlicher Merkmale. Diese können für sich alleine genommen keine sicheren Indizien für gemeinsame Abstammung sein.

[JAMES FC & POURTLESS IV JA (2009) Cladistics and the Origin of Birds: A Review and Two New Analyses. *Ornithological Monographs* 66, 1-78, doi:10.1525/om.2009.66.1.1; Kommentar aus evolutionskritischer Perspektive: LUSKIN C (2009) Old Theories Die Hard: Birds-Evolved-From-Dinosaurs Hypothesis Takes Big Hits With Two Recent Papers. www.evolutionnews.org/2009/06] R. Junker

Mosaikform statt Übergangsform

Von den ältesten Vertretern fossiler Organismengruppen sollte man erwarten, dass sie möglichst viele „Primitivmerkmale“ besitzen. Das ist jedoch oft nicht der Fall. ZHU et al. (2009) beschrieben den bislang ältesten Knochenfisch *Guiyu oneiros* (Osteichthyes; Abb. 1). Die bisher bekannten frühesten Knochenfisch-Fossilien stammen aus der Ludlow-Stufe (Oberes Silur); sie waren nur bruchstückhaft erhalten. Der nun aus dem Ludlow von Yunnan (China) bekannt gewordene Fisch *Guiyu* gilt als primitiv und ist der älteste fast vollständig erhaltene Angehörige der Kiefermäuler (Gnathostomata). Vom postkranialen Skelett (unterhalb des Schädels) ist einerseits ein „primitiver“ Schultergürtel und ein medianer (in der Mitte liegender) Flossenstachel erhalten; beides ist ausgebildet wie bei Kiefermäulern, die nicht zu den Knochenfischen gehören. Andererseits seien die großen Schuppen („macromeric squamation“) abgeleitet wie bei den Kronen-Osteichthyern. Das ist ein „unerwarteter Mix“, wie er auch bei der Gattung *Psarolepis* entdeckt wurde, dem ältesten Fleischflosser. (Zu Kronengruppen gehören die in evolutionstheoretischer Deutung höher entwickelten Formen.) NICHOLLS (2009, 165) bezeichnet die neu entdeckte Gattung als „wirklich komplexen Fisch“. Damit müssten die meisten wichtigen evolutiven Schritte bei der Auf-

spaltung der beiden großen Fischgruppen (Strahl- und Fleischflosser) sich viel früher ereignet haben, als bisher vermutet wurde; aus dieser Zeit sind aber keine fossilen Überreste von Fischen bekannt. „The remains of cartilaginous, lobe-finned and ray-finned fish should populate the fossil record prior to *G. oneiros*, but nobody has found them“ (NICHOLLS 2009, 165).

Guiyu ist eines von vielen Beispielen dafür, dass frühe fossile Formen einer Gruppe eine unerwartete Merkmalskombination aufweisen: ausgeprägte Mosaikformen, die nicht als Übergangsformen interpretierbar sind. CONWAY MORRIS (2009, 1321) spricht sogar von einem „Leitmotiv“ bei solchen Übergängen, nämlich die „unerwartete Mischung“ aus primitiven und abgeleiteten Merkmalen, und nicht nur das, sondern auch die damit verbundenen vielen Parallelismen, hier zwischen den Strahl- und Fleischflossern. (Vgl. dazu auch den Artikel „Die ‘Wolke’ über den karbonischen Tetrapoden“ in dieser Ausgabe.)

[CONWAY MORRIS S (2009) The predictability of evolution: glimpses into a post-Darwinian world. *Naturwissenschaften* 96, 1313-1337; NICHOLLS H (2009) Mouth to mouth. *Nature* 461, 164-166; dort Kasten S. 165; ZHU M, ZHAO W, JIA L, LU J, QIAO T & QU Q (2009) The oldest articulated osteichthyan reveals mosaic gnathostome characters. *Nature* 458, 469-474.] R. Junker

Neuer Heiz-Mechanismus in Blüten entdeckt

Von verschiedenen Pflanzen ist bekannt, dass sie in ihren Blüten Wärme produzieren und dadurch möglicherweise den bestäubenden Insekten Energie zur Verfügung stellen. Letztere können bei höherer Temperatur eine größere Aktivität entwickeln, wovon wiederum die Pflanze profitieren kann (SEYMOUR et al. 2003). Manche Pflanzen nutzen die erhöhte Temperatur auch um flüchtige Duftcocktails verstärkt zu verbreiten (BINDER 2004).

Andere können die Temperatur sehr rasch steigern; LAMPRECHT et al. (2002) konnten 14,2 °C pro Stunde messen. Dabei kann die Temperatur in den Blüten bis zu 35 °C über derjenigen der umgebenden Luft liegen (SEYMOUR & SCHULTZE-MOTEL 1997). Dieselben Autoren haben verschiedene Heizphasen bei der Gemeinen Drachenwurz (*Dracunculus vulgaris*) sehr detailliert untersucht (SEYMOUR & SCHULTZE-MOTEL 1999). Weiter konnte bisher in Studien gezeigt werden, dass erhöhte Temperatur in den Blüten die Reproduktion der Pflanze begünstigt, u. a. durch verstärkten Besuch von Bestäubern, beschleunigtes Keimen der Pollen, gesteigertes Wachstum der Pollenschläuche, erhöhten Befruchtungserfolg, bessere Fruchtentwicklung und größere Samen.

Zwei Mechanismen zur Erhöhung der Temperatur in Blüten konnten in der Vergangenheit aufgezeigt werden. Einmal kann durch erhöhte (explosive) Stoffwechselaktivität (allgemein gesprochen:



exotherme Prozesse) in Gewebebereichen der Blüte die Wärme produziert werden. Eine andere Möglichkeit stellt die verstärkte Absorption einfallender Sonnenstrahlung dar, was durch die Konstruktion und Farbe der Blüte beeinflusst ist.

HERRERA & POZO (2010) beschreiben nun einen dritten Mechanismus zur Wärmeproduktion in den Blüten der Stinkenden Nieswurz (*Helleborus foetidus*). Diese mehrjährige krautige Pflanze öffnet ihre im Herbst entwickelten Blüten bereits im späten Winter bzw. zu Beginn des Frühjahrs. Die Autoren hatten an bergigen Standorten im Südosten Spaniens (Las Navillas und Puerto Llano) in Lagen von 1220 bzw. 1810 m über dem Meeresspiegel bereits früher beobachtet, dass die geöffneten Blüten – auch wenn die Pflanzen im Schnee standen – von Hummeln besucht wurden. Sie hatten auch bereits das Vorkommen von Hefezellen (*Metschnikowia reukauffii*) im Nektar der Blüten beschrieben. Der Nektar wird beim Besuch der Blüte durch Hummeln mit Hefezellen geimpft, und diese vermehren sich und wachsen im Nektar, wobei sie sich des darin enthaltenen Zuckers bedienen. HERRERA & POZO (2010) haben in ihrer Untersuchung durch Abdecken der Blüten die Infektion mit Hefezellen verhindert und in anderen Blüten den Nektar experimentell mit Hefezellen versetzt.

Sie konnten zeigen, dass die Temperatur im Nektar und in der Blüte bei Anwesenheit von Hefekulturen deutlich gegenüber der unmittelbaren Umgebung der Blüte erhöht war. Die Temperaturerhöhung korreliert mit der Zelldichte, d. h. je mehr Hefezellen im Nektar desto größer ist die Temperatursteigerung. Hefezellen konnten die Temperatur des Nektars gegenüber der Umgebungsluft um 5-6 °C erhöhen (bei Zelldichten von $1,5 \times 10^5$ Zellen mm^{-3}).

WIENS et al. hatten 2008 beschrieben, wie der durch Hefe erzeugte Alkohol (bis zu 3,8%) im Nektar einer tropischen Palme (*Eugeissona tristis*) die Attraktivität der Blüten für Alkohol suchende Säugtiere als Bestäuber deutlich erhöht.

Die Kooperation zwischen den beteiligten drei Partnern, Blüte der Stinkenden Nieswurz, Hefe und Hummeln muss in diesem Fall sehr fein abge-

Abb. 1: Künstlerische Darstellung von Guiyu oneiros. (GNU Freie Dokumentationslizenz)