

Zusammenhang mit der Entstehung von Federn, und ob das bei den Gattungen der Fall ist, die man aus anatomischen Gründen eher als Vogelvorläufer ansieht, ist ebenso fraglich. Ein Problem für die Deutung dieser Strukturen ist die Unklarheit ihrer Funktion.

Wie die bisher bekannten Dinosaurier mit federähnlichen Strukturen ist auch *Tianyulong* jünger als der Urvogel *Archaeopteryx*, der echte, „moderne“ Federn besaß. Die Gruppe der Heterodontosauridae, zu der *Tianyulong* gehört, ist aber schon aus dem frühen Jura bekannt (Alter 200 Millionen Jahre nach herkömmlicher Zeitrechnung), so dass *Tianyulong* in der Unterkreide (vor 125-130 Millionen Jahren) ein lebendes Fossil darstellt. Die systematische Stellung der Heterodontosauridae ist unsicher, sie gelten aber als eine der ursprünglichsten Gruppen der Ornithischia (ZHENG et al. 2009).

[FEDUCCIA A, LINGHAM-SOLIAR T & HINCHLIFFE JR (2005) Do feathered dinosaurs exist? Testing the hypothesis on neontological and paleontological Evidence. J. Morphol. 266, 125-166; WELLNHOFER P (2009) Protofedern bei Vogelbeckensauriern? Nat. Rdsch. 62, 311-312; ZHENG XT, YOU HL, XU X & DONG ZM (2009) An Early Cretaceous heterodontosaurid dinosaur with filamentous integumentary structures. Nature 458, 333-336.] R. Junker

Protofedern in Bernstein?

Eine der zentralen Neuheiten der Vögel gegenüber ihren mutmaßlichen Vorläufern nach der Evolutionslehre sind die Federn. Federn können verschiedene Funktionen ausüben, sind aber nur dann für den Flug brauchbar, wenn sie entsprechend detailliert gebaut, zweckmäßig und flexibel in der Körperoberfläche verankert und in einem funktionalen Federkleid zusammengefügt sind. Außerdem benötigt ein Vogel ein entsprechendes Verhaltensrepertoire, um den Flugapparat mit allen seinen Einzelteilen überhaupt nutzen zu können. Es ist klar, dass der Sprung von federlosen Reptilien zu

flugfähigen Vögeln so groß ist, dass er evolutiv allenfalls dann überbrückt werden kann, wenn es Zwischenstufen mit anderen Funktionen gibt. So wird beispielsweise angenommen, dass einfachere Federstrukturen – sogenannte Protofedern – ursprünglich der Wärmeisolierung dienten, zumal es auch heute Federn gibt, die nur diese Funktion ausüben.

Eine notwendige, wenn auch bei weitem nicht hinreichende Voraussetzung für die Plausibilität einer evolutiven Entstehung der Federn ist der Nachweis verschieden ausgeprägter Federstrukturen. Hierzu existieren zum einen theoretische Modelle (PRUM 1999, PRUM & BRUSH 2003), die in den vergangenen Jahren zum anderen mit Funden mutmaßlicher Protofedern gestützt wurden (kritisch dazu aber PETERS 2001). Ein Fund von einfachen federähnlichen Strukturen in Bernstein aus der oberen Unterkreide Frankreichs scheint hier einen wichtigen Baustein zu liefern (PERRICHOT et al. 2008), da er möglicherweise zwischen zwei Stufen des Modells von PRUM vermittelt. Es handelt sich um sieben identische Federn, die Seite an Seite im Bernsteinstück liegen (Abb. 1). Ihre Basis scheint zu fehlen. Die drei am besten untersuchbaren Federn sind 2,3, 1,6 und 1,1 mm lang, also winzig, und fiederig verzweigt. Die Rachis (Schaft) ist abgeflacht. Den Federästen fehlen die Federstrahlen, die die Äste der Federn bei vielen heutigen Vögeln miteinander verknüpfen. Ihre Form kommt Daunenfедern, Schmuck- oder Doppelfedern (Feder mit zwei Schäften, an der Basis verzweigt) morphologisch am nächsten; diese sind jedoch den Konturfedern nicht ähnlich. Anders als typische Daunenfедern haben sie eine dicke und lange Rachis, deren Äste allgemein von der sehr kurzen Spitze der Rachis abgehen (PERRICHOT et al. 2008, 1198). Die Autoren betrachten den Fund als intermediäre Ausprägung in der hypothetischen Federevolution, deren Existenz durch Theorien vorhergesagt worden sei, die sich an der ontogenetischen Federentwicklung orientieren (PRUM 1999).

Ob es sich um eine evolutive Übergangsform handelt, ist aber aus mehreren Gründen fraglich. Da die fossilen Federn morphologisch Daunenfедern stark ähneln, könnte es sich auch um solche Federn handeln, auch wenn eine Entsprechung mit heutigen Daunenfедern nicht durchweg vorliegt. Da die Fossilien so klein sind, müssten sie mit Daunenfедern frisch geschlüpfter Küken verglichen werden, nicht mit denen ausgewachsener Vögel. Es könnte sich auch um degenerierte Federn handeln. Federn mit einem Schaft, aber ohne Federstrahlen an den Ästen, sind von heutigen Vögeln wie den Kiwis bekannt. Wie alle anderen bisher entdeckten mutmaßlichen Protofedern ist auch der neue Bernsteinfund deutlich zu jung für die Deutung als Vorfeder, denn die den heutigen Federn vergleichbaren *Archaeopteryx*-Federn sind älter. Unklar ist auch, welche Selektionsvorteile die Aus-

Abb. 1: Winzige federähnliche Strukturen in Bernstein.
(© Museum für Naturkunde Berlin, s. <http://www.uni-protokolle.de/nachrichten/id/151999/>; Abdruck mit freundlicher Genehmigung)



prägung der fossilen Bernsteinfedern gehabt haben könnten.

[Anonymus: Annotations from the literature. <http://www.grisda.org/origins/62026.pdf>; PERRICHOT V, MARION L, NERAUDEAU D, VULLO R & TAFFOREAU P (2008) The early evolution of feathers: fossil evidence from Cretaceous amber of France. *Proc. R. Soc. 275B*, 1197-1202; PETERS DS (2001) Probleme der frühen Vogelevolution. I. Die Sache mit den Federn. *Nat. Mus. 131*, 387-401; PRUM RO (1999) Development and evolutionary origin of feathers. *J. Exp. Zool. 285B*, 291-306; PRUM RO & BRUSH AH (2003) Zuerst kam die Feder. *Spektr. Wiss. 10/2003*, 32-41; TYLER D (2008) Feathers with „remarkably primitive features“. http://www.arn.org/blogs/index.php/literature/2008/02/26/feathers_with_remarkably_primitive_featu] R. Junker

Vorsicht mit überhöhter Ladung

In einer kürzlich veröffentlichten Studie berichten DUSSUTOUR und Mitarbeiter über eine Anpassung der Blattschneiderameisen an äußere Gegebenheiten, die bisher so nicht beobachtet worden war. Die Ameisen schneiden Blätter und transportieren die Blattstücke in ihr Nest, um darauf Pilze zu züchten. Die Forscher studierten nun das Verhalten der Ameisen, nachdem sie die lichte Höhe des Transportwegs auf 1 cm Höhe verringerten. Nach kurzer Zeit schnitten die Ameisen kleinere und rundere Blattfragmente. Um nun die kleinere Blattmenge pro Transportameise auszugleichen, wurden nicht mehr Ameisen ausgeschickt als vorher, sondern mehr Ameisen kehrten beladen heim. Dadurch wurde die Transportmenge an Pflanzenmaterial sogar überkompensiert, d.h. mit Verengung trugen die Ameisen mehr ein als ohne sie. Woher wissen die Ameisen nun, dass sie kleinere Blattstücke schneiden müssen, um den Tunnel passieren zu können? Entweder können Ameisen, die nach draußen laufen, bereits beim Durchqueren des Tunnels dessen lichte Höhe abschätzen (solch ein Verhalten konnte bei Blattschneiderbienen beobachtet werden) oder sie gehen nach Versuch und Irrtum vor, d.h. sie merken sich nach einiger Zeit, mit welcher Blattgröße sie zurücklaufen können und mit welcher nicht. Welche der beiden Vermutungen die richtige ist, ist noch völlig offen. Insgesamt reagieren die Ameisen auf zwei Ebenen, um der Situation zu begegnen. Einerseits auf der Ebene des Individuums: „Schneide kleinere Blattstücke!“, und andererseits auf Ebene der Gemeinschaft: „Hilf beim Transport!“. DUSSUTOUR kommentiert die Ergebnisse in einem Interview mit den Worten: „Es legt nahe, dass die Tiere viel klüger sind, als wir dachten.“

[DUSSUTOUR A, DENEUBOURG J-L, BESHES S & FOURCASSIÉ V (2009) Individual and collective problem-solving in a foraging context in the leaf-cutting ant *Atta colombica*. *Anim. Cogn. 12*:21–30; BOEDDEKER M (2008) Logistik, die mitdenkt. <http://www.wissenschaft.de/wissenschaft/news/292611.html>] N. Winkler

Evolution des Jagdverhaltens von Bodenbakterien – Optimierung hat ihren Preis

Im Rahmen evolutionärer Erklärungsansätze werden auch Theorien zur Evolution der Nahrungssuche in Räuber-Beute-Systemen entwickelt. Anhand von Mikroorganismen wurde jetzt der Einfluss von viel oder wenig Beute auf das Jagdverhalten der Räuber untersucht. Dabei konnte gezeigt werden, dass die Suchgeschwindigkeit stark durch die Verteilung der Beute geprägt wird. Es wurde aber auch deutlich, dass ein effektiveres Jagdverhalten mit einer verringerten Überlebensfähigkeit unter ungünstigen Lebensbedingungen einhergeht. Die Optimierung grundlegender Verhaltensweisen ist also begleitet von Nachteilen, die den Fortbestand einer Population in Frage stellen können.

Mikroorganismen zeigen charakteristische Eigenschaften, wie z. B. kurze Generationszeit, geringer Platzbedarf und leichte Handhabbarkeit, die sie als Studienobjekte im Labor attraktiv machen. Für experimentelle Untersuchungen zur Evolution des Jagdverhaltens haben HILLESLAND et al. (2009) dem räuberisch lebenden Bodenbakterium *Myxococcus xanthus* in verschiedenen Versuchen kleine Kolonien des Darmbakteriums *Escherichia coli* als Beute angeboten. Myxobakterien bewegen sich auf Oberflächen (z.B. Bodenpartikel oder Agarplatten) auf unterschiedliche Weise und suchen dabei nach Beute. Treffen sie auf geeignete Mikroorganismen, so setzen sie verschiedene Enzyme und Antibiotika frei, mit denen die Zellen der Beute abgetötet und aufgelöst werden. Die dadurch zugänglichen Proteine und Peptide nutzen die Räuber als Nahrungsmittel. Ist eine Nahrungsquelle erschöpft und die Lebensbedingungen verschlechtern sich, dann bildet *M. xanthus* durch koordinierte Abläufe vieler einzelner Zellen einen Fruchtkörper, in dessen Inneren sich einzelne Zellen in Sporen differenzieren. Diese sind von dicken Zellwänden umgeben, die sie gegen schädliche Umwelteinflüsse wie beispielsweise Wassermangel und UV-Strahlung schützen und das Überleben auch über längere Perioden unter extremen Mangelbedingungen ermöglichen.

Für die Experimente wurden Myxobakterien fast 1 Jahr lang kultiviert, entweder in Gegenwart von viel Beute (hohe Dichte an kleinen *E. coli*-Kolonien in der Umgebung) oder bei wenig Beute (geringe Dichte). Die Ausgangskultur von *M. xanthus* hatte mehr *E. coli* als einzige Nahrungsquelle zur Verfügung als die Kulturen in beiden Versuchsreihen. In den Versuchen wurden im Labor in quadratischen Petrischalen (12 x 12 cm) mit Agar kleine, nicht mobile *E. coli*-Kolonien an Gitterpunkten im Abstand von 1 cm (hohe Dichte der Beute) oder 2 cm (geringe Dichte der Beute) platziert. Auf einem Gitterpunkt im Zentrum der Platte wurden die Myxobakterien aufgetragen. Diese schwärmen auf