

Anchiornis – nur „fast ein Vogel“?

Mittels Laserlicht neu rekonstruierte Details des befiederten Dinosauriers *Anchiornis* aus der Gruppe der Paraves zeigen überraschend „moderne“ Vogelmerkmale wie Flughaut und Bau der Beine. Diese geologisch älteste Gattung mit flächigen (echten) Federn war vierflügelig und konnte offenbar sehr viel besser fliegen als bisher angenommen. Die Merkmale von *Anchiornis* widersprechen einer allmählichen Entstehung der Flugfähigkeit.

Reinhard Junker

Eine neue Untersuchungstechnik ermöglicht es, bislang unerkannte Details an Fossilien sichtbar zu machen: Durch Laser können Details auch von erhaltenen Weichteilen zur Fluoreszenz gebracht und so sichtbar gemacht werden. Auf diese Weise konnten interessante Informationen über die Theropoden-Gattung *Anchiornis* gewonnen werden (WANG et al. 2017), die im Zusammenhang mit der Entstehung des Vogelzugs einige Bedeutung hat.

Anchiornis – noch nicht ganz Vogel?

Der Name *Anchiornis* bedeutet „einem Vogel nahe“. Von dieser Gattung sind über 200 Exemplare fossil überliefert. *Anchiornis* war üppig mit symmetrischen Federn befiedert, wird aber aufgrund von Skelettmerkmalen dennoch nicht zu den Vögeln gestellt, sondern zur Dinosaurierfamilie Troodontidae, die zu den sogenannten

„Nicht-Vogel-Dinosauriern“ gehört. Das ist eine eigenartige, evolutionstheoretisch motivierte Bezeichnung, die nur Sinn macht, wenn man davon ausgeht, dass Vögel von bestimmten Dinosauriern abstammen. Zusammen mit den Dromaeosauridae werden die Troodontidae als Deinonychosauria zusammengefasst, diese wiederum bilden zusammen mit den Vögeln die Gruppe der Paraves (vgl. Abb. 6, S. 75). Es wurde aufgrund des Besitzes vogeltypischer Merkmale auch vorgeschlagen, *Anchiornis* zu den Vögeln zu stellen (FEDUCCIA 2012, 163; AGNOLÍN & NOVAS 2013, 23).

Anchiornis huxleyi wurde in Oberjura-Schichten gefunden, die mit 151–161 Millionen radiometrischen Jahren etwas älter als *Archaeopteryx* datiert werden. Schon bisher war bekannt, dass *Anchiornis* ein eigenartiges Merkmalsmosaik besaß (HU et al. 2009, XU et al. 2009). Das Tier war mit ca. 35 cm Länge und geschätzten ca. 100 g Gewicht ziemlich klein und hatte gut ausgebildete Federn an Armen und Beinen (ähnlich wie der als Gleitflieger rekonstruierte Dromaeosaurier *Microraptor* und die Vogelgattung *Pedopenna*), war also vierflügelig. Vorderarm, Hand, Unterschenkel und Fuß hatten jeweils 10–13 lange Schwungfedern. Außer den Konturfedern wurden auch daunenähnliche Büschelfedern nachgewiesen.

Vieles spricht dafür, dass *Anchiornis* ein spezielles Merkmalsmosaik besaß, das sich nicht als Übergangsform deuten lässt.

Trotz der reichhaltigen Befiederung halten die Beschreiber HU et al. (2009) *Anchiornis* nicht für flugfähig, da die sehr langen Unterschenkel eher auf eine laufende Lebensweise hinweisen würden. Das lange und umfassende Federkleid passe allerdings wiederum dazu nicht. Federn an den Beinen kommen bei vielen heutigen Vögeln wie auch sehr wahrscheinlich bei *Archaeopteryx* vor, haben Schutzfunktion und dienen dem Wärmehaushalt. Sie sind dort aber

Abb. 1 *Anchiornis huxleyi*, Fossil mit gut erkennbaren Federn. (CC BY-SA 2.0)



nicht wie bei *Anchiornis*, *Microraptor* und *Pedopenna* in einer zusammenhängenden ebenen Oberfläche angeordnet. Daher ist zu vermuten, dass die Beinfedern dieser fossilen Formen eine andere Funktion hatten, so HU et al. (2009). SULLIVAN et al. (2014, 262) hielten bisher die Fähigkeit zum Gleitflug für naheliegend. Die Biologie von *Anchiornis* ist angesichts des ungewöhnlichen Merkmalsmosaiks unverstanden.

Bezüglich der zeitlichen Stellung würde *Anchiornis* in eine Vorfahrenstellung zu den Vögeln passen, allerdings ist diese Gattung vierflügelig, was der Vorstellung widerspricht, dass Vögel von zweibeinig sich fortbewegenden Dinosauriern abstammen. Vieles spricht dafür, dass *Anchiornis* ein spezielles Merkmalsmosaik besaß, das sich nicht als Übergangsform deuten lässt.

Was wurde durch das neue bildgebende Verfahren entdeckt?

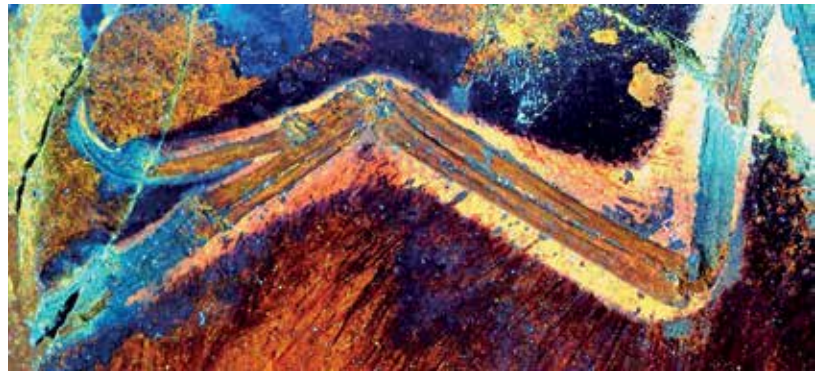
Viel besser als bisher kann nun der Körperumriss und das die Knochen umgebende Gewebe sichtbar gemacht werden. Die Forscher fanden Reste einer kräftigen Hautmembran, die Ober- und Unterarme verbindet (ein sogenanntes Propatagium); dieser Befund legt nahe, dass das Tier entgegen bisheriger Auffassung doch flugfähig gewesen sein könnte.

Die Flughaut am Ellenbogen hilft heutigen Vögeln beim Start vom Boden aus; somit könnte sie auch *Anchiornis* zu dieser Fähigkeit verholffen haben, so die Wissenschaftler; sicher kann das aber nicht festgestellt werden. Allerdings wurden offenbar keine asymmetrischen Federn nachgewiesen, was eine Voraussetzung für die Fähigkeit zu aktivem Flug darstellt.

Michael PITTMAN, einer der Forscher, kommentiert: „Die Laserbilder zeigen, dass dieser Nicht-Vogel-Dinosaurier Flügel besaß, die den Flügeln heutiger Vögel bemerkenswert ähnlich waren, bis hin zu den Weichgeweben.“¹

Regulär angeordnete Punkte auf der Körperoberfläche werden als Federfollikel interpretiert, diese bilden nicht wie bei heutigen Vögeln ein deutliches Muster von Federfluren und Federrainen (befiederte und unbefiederte Regionen), was neben der Symmetrie der Federn ein weiterer Hinweis auf eine besondere Art des Fluges ist (WANG et al 2017, 4). Die Forscher schließen aus der Existenz der Flughaut, dass *Anchiornis* den Arm relativ gerade ausrichten konnte, wie das bei heutigen Gleitern typisch ist; der Bau der Arme sei vermutlich auf eine bislang unter den Paraves unbekannte Weise gestaltet gewesen (WANG et al. 2017, 3).

Neu ist auch der Befund, dass die Beine keulenförmig waren und der Schwanz schlank war; die Füße besaßen Hornschuppen („podotheca“)



wie heutige Vögel; auch die Zehenballen haben eine „moderne“ Ausprägung.

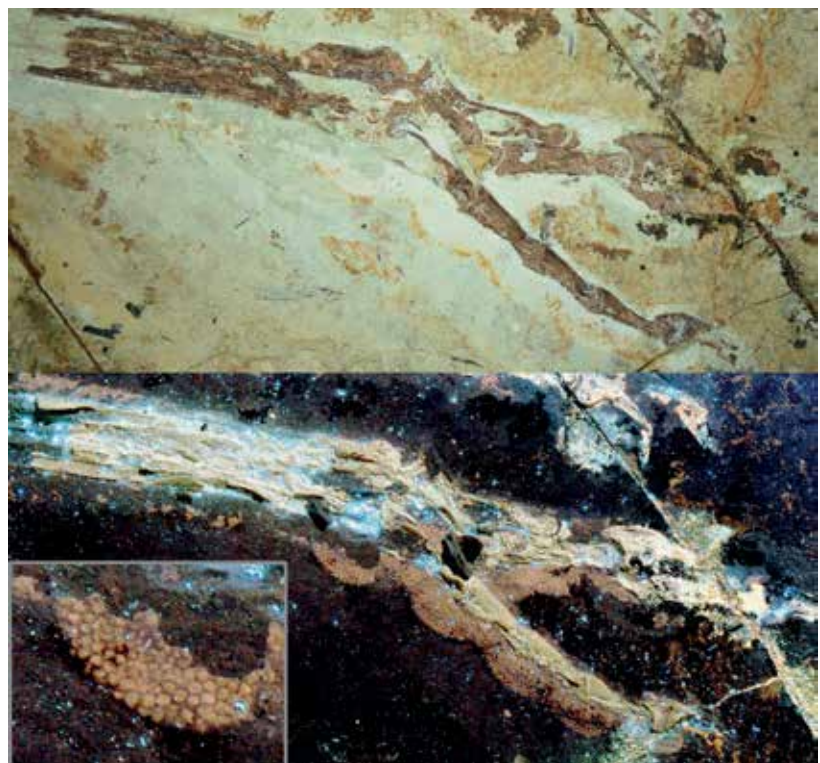
Abb. 2 Flügel von *Anchiornis* unter Laser-induzierter Fluoreszenz. Die Hautfalten (Patagien) vor dem Ellenbogen und hinter dem Handgelenk waren wie bei heutigen Vögeln mit Federn bedeckt. (Foto: WANG XL, PITTMAN M et al., Nature Communications, 2017; CC BY-SA 4.0)

Bewertung

Die Befunde lassen *Anchiornis* noch ausgeprägter als bisher als Mosaikform erscheinen und verstärken diesen Eindruck: Einerseits handelt es sich um einen „Nicht-Vogel-Dinosaurier“, andererseits besaß diese Gattung mehrere „moderne“ vogeltypische Merkmale, u. a. auch den Flugapparat betreffend. Die ausgeprägten Vogelmerkmale machen nur Sinn, wenn *Anchiornis* in irgendeiner – bislang wohl unbekannten – Weise flugfähig war. Als Kronzeuge für die Art und Weise der Entstehung des Vogelflugs scheidet diese Gattung wohl aus.

Aus dem Oberjura und der Unterkreide ist mittlerweile eine Vielfalt von Formen mit eindeutigen flächigen Federn und einer wie auch immer gearteten Flugfähigkeit bekannt. Sie lässt sich kaum in evolutionäre Schemata bringen (vgl. den Beitrag über „Vogelfedern und Vogelflug“

Abb. 3 Fuß von *Anchiornis* bei normalem Licht (oben) und unter Laserlicht (unten). Die schuppenartigen Details eines Fußballens sind unter Laserlicht erkennbar. (Foto: WANG XL, PITTMAN M et al., Nature Communications, 2017; CC BY-SA 4.0)



in dieser Ausgabe). In evolutionstheoretischer Perspektive repräsentieren die vierflügeligen Formen sehr wahrscheinlich eigene Linien, die

Die vierflügeligen Formen haben mit dem Übergang zum „normalen“ Vogelflug vermutlich nichts zu tun.

mit dem Übergang zum „normalen“ Vogelflug nichts zu tun haben. Zudem sind die vierflügeligen Formen wiederum so verschieden, dass sie auf verschiedene Äste gestellt werden müssen; die vierflügelige Gattung *Microraptor* hatte anders als *Anchiornis* asymmetrische Federn.

Vierflügelige Formen unterstützen die Baumtheorie der Entstehung des Vogelflugs, wonach der aktive Flug seinen Ausgang von baumlebenden Formen nahm, die zuerst als Gleiter unterwegs waren, bevor sie den aktiven Flug erworben haben. Mehr denn je liefern die Fossilfunde ein uneinheitliches Bild bezüglich der Flugentstehungskonkurrenten der Bodenstart- und Baumstart-Hypothese. Beide Hypothesen haben ohnehin mit so schwerwiegenden Problemen zu kämpfen, dass sie gleichermaßen unglaublich sind (JUNKER 2017).

Anmerkung

¹ Originalzitat: „The laser images show that this non-bird dinosaur had wings that were remarkably similar to those of living birds, down to the soft tissues.“ (<http://www.bbc.com/news/science-environment-39126987>)

Literatur

- AGNOLIN FL & NOVAS FE (2013) Avian ancestors: A review of the phylogenetic relationships of the theropods Unenlagiidae, Microraptoria, *Anchiornis* and Scansoriopterygidae. Dordrecht: Springer.
- FEDUCCIA A (2012) The riddle of the feathered dragons. New Haven & London: Yale Univ. Press.
- HU D, HOU L, ZHANG L & XU X (2009) A pre-*Archaeopteryx* troodontid theropod from China with long feathers on the metatarsus. *Nature* 461, 460–463.
- JUNKER R (2017) Entstehung von Vogelfeder und Vogelflug. Studiengemeinschaft Wort und Wissen Special Paper. In Vorbereitung.
- SULLIVAN C, WANG Y, HONE DWE, WANG Y, XU X & ZHANG F (2014) The vertebrates of the Jurassic Daohugou biota of Northeastern China. *J. Vertebr. Paleont.* 34, 243–280.
- WANG X, PITTMAN M, ZHENG X, KAYE TG, FALK AR, HARTMAN SA & XU X (2017) Basal paravian functional anatomy illuminated by high-detail body outline. *Nat. Comm.* 8:14576, doi: 10.1038/ncomms14576
- XU X, ZHAO Q, NORELL M, SULLIVAN C, HONE D, ERICKSON G, WANG XL, HAN FL & GUO Y (2009) A new feathered maniraptoran dinosaur fossil that fills a morphological gap in avian origin. *Chinese Science Bulletin* 54, 430–435.

Magnetfeld-basiertes GPS im Tierreich

Das satellitengestützte Global Positioning System (GPS) erweist sich in unserer mobilen Gesellschaft als große Hilfe. Aus dem Tierreich sind ausgedehnte Wanderungen sowohl zu Wasser als auch auf dem Luftwege bekannt. Bereits seit Langem gibt es Hinweise darauf, dass Tiere sich das Erdmagnetfeld für ihre Orientierung zunutze machen. Die zugrunde liegenden Mechanismen sind aber nach wie vor ein hochinteressantes Forschungsfeld, auf dem es viel Überraschendes zu entdecken gibt.

Harald Binder

Einführung

Die Erde ist von einem Magnetfeld umgeben. Für dessen Ursachen gibt es zwar Modelle, doch unsere Erkenntnis über sein Zustandekommen ist nach wie vor lückenhaft. Schon im schulischen Physikunterricht begegnen Lernende elementaren Zusammenhängen zwischen bewegter elektrischer Ladung und dem dadurch verursachten Magnetfeld und deren gegenseitiger Wechselwirkung. Das Magnetfeld nutzen wir z. B., wenn wir geographische Karten mit Hilfe eines Kompasses nach Norden ausrichten und uns damit orientieren.

Es gibt viele Hinweise darauf, dass Organismen Richtung und Intensität von magnetischen Feldlinien wahrnehmen können. Die entsprechende Sinnesleistung ist im Tierreich weit verbreitet: Meeresschildkröten, Brieftauben, Fledermäuse, Molche, Hummer, Fliegen, Küken, Bienen oder Weichtiere sind nur eine kleine Auswahl (vgl. Abb. 1). Dabei scheint diese Sinnesleistung nicht notwendigerweise an weite Wanderungen der Lebewesen gebunden zu sein. So zeigen Weichtiere einen Magnetsinn und unternehmen – wie auch viele andere magnetisch sensitive Organismen – keine ausgedehnten Wanderungen. Erste empirische