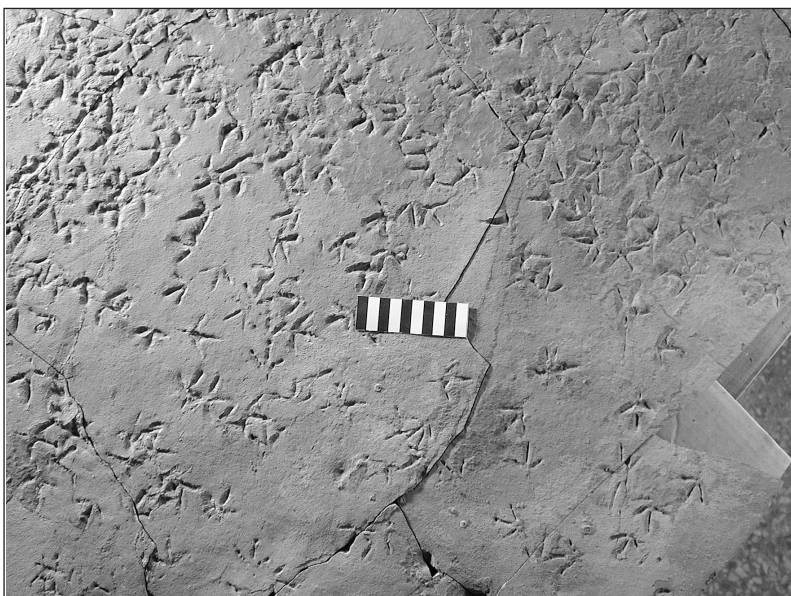


[MORTONE PT, ESTEVEZ JM, LU F, RUEL K, DENNY MW, SOMERVILLE C & RALPH J (2009) Discovery of lignin in seaweed reveals convergent evolution of cell-wall architecture. *Curr. Biol.* 19, 169-175.] R. Junker

Fußspuren von Vögeln lange Zeit vor dem „Urvogel“?

Im Jahr 2002 berichteten MELCHOR et al. über hunderte fossiler Fußabdrücke aus Argentinien, die bezüglich Abfolge und Morphologie verblüffend vogelähnlich aussehen (vgl. *Studium Integrale Journal* 9, 95-96; Abb. 1). Sie werden der Spurengattung (Ichnotaxon) *Gruipeda* zugeordnet. (Von Ichnotaxa kennt man nur Spuren, nicht aber deren Verursacher.) Diese Fußabdrücke sind allerdings 55 Millionen Jahre älter als die ältesten Skelettfunde früher Vögel wie z.B. des bekannten *Archaeopteryx* und werden erdgeschichtlich in den Übergang Obertrias/Unterjura gestellt. In einer umfangreichen Studie wurden diese Spuren nun mit verschiedenen Arten von Fußspuren heutiger Vögel verglichen, die in küstennahen Biotopen – Tümpeln mit zeitweise trockenfallenden Ufern – vorkommen, weil sie den fossilen Lebensräumen mutmaßlich gleichen oder ähneln (GENISE et al. 2009). Als moderne Vergleichsgruppe wurden Watvögel (Strandläufer *Calidris* sp.) ausgewählt. Den unterschiedlich ausgeprägten Fußspuren der Watvögel ließen sich bestimmte Verhaltensweisen zuordnen, z.B. vor- und seitwärts gerichtete Laufbewegungen, Stochern nach Nahrung oder Flugbewegungen. Fünf dieser Verhaltensweisen konnten auch auf die fossilen Spuren bezogen werden, darunter Merkmale, die auf Flugfähigkeit der Verursacher schließen lassen. Die Autoren werten dies als deutlichen Hinweis auf eine Vogelverwandtschaft der Verursacher der Spuren. Alternativ wäre denkbar, dass sich entsprechende Füße und die von ihnen

Abb. 1: Vogelartige Fußspuren aus der Santo Domingo-Formation der Obertrias. Balken: 10 cm. (© Ricardo N. MELCHOR, Abdruck mit freundlicher Genehmigung)



gesetzten Arten der Spuren konvergent bei zweibeinigen Theropoden-Dinosauriern entwickelt haben, doch ist diese Annahme spekulativ. Das Alter der Schichten, das mittels fossiler Bäume, radiometrischer Datierungen und paläomagnetischer Studien bestimmt wurde, wird von den Autoren aufgrund dieser Funde angezweifelt. Damit der Befund besser mit der zeitlichen Einordnung von Körperfossilien zusammenpasst, müssten die betreffenden Schichten jünger sein (GENISE et al. 2009, 143, 159, 160). Weitere vogelähnliche Fußspuren waren schon früher in Südafrika entdeckt worden, ebenfalls im Bereich der Grenze Obertrias/Unterjura.

Das Hinterfragen eines (auch) radiometrisch bestimmten Alters aufgrund unerwarteter Fossilfunde ist ungewöhnlich. In einem Kurzzeitszenario wäre das deutlich frühere Auftreten von Spuren vor der Überlieferung von Körperfossilien nicht so ungewöhnlich (vgl. STEPHAN 2002). Denn ein Individuum kann sehr viele Spuren hinterlassen, aber nur einen Körper. Dass Spurenfossilien vor Körperfossilien gefunden werden, ist so gesehen nicht überraschend, wohl aber dass beides durch einen Zeitraum von 55 Millionen Jahren getrennt sein soll. Kein Wunder also, wenn die zeitliche Einstufung der Spurenfossilien in Frage gestellt wird.

[GENISE JF, MELCHOR RN, ARCHANGELSKY M, BALA LO, STRANECK R & DE VALAIS S (2009) Application of neoichnological studies to behavioural and taphonomic interpretation of fossil bird-like tracks from lacustrine settings: The Late Triassic–Early Jurassic? Santo Domingo Formation, Argentina. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 272, 143-161; MELCHOR RM, DE VALAIS S & GENISE JF (2002) Bird-like fossil footprints from the late Triassic. *Nature* 417, 936-938; STEPHAN M (2002) Der Mensch und die geologische Zeittafel. Holzgerlingen; s. auch: http://www.arn.org/blogs/index.php/literature/2009/06/16/did_birds_fly_in_the_late_triassic] R. Junker

Scheiden die Dinosaurier als Vorfahren der Vögel aus?

In den letzten Jahren galt die Hypothese, dass zweibeinige kleine Raubdinosaurier (Theropoden) die evolutionären Vorfahren der Vögel seien, als zunehmend gesichert. Überspitzt formuliert lautet das Schlagwort: „Vögel sind überlebende Dinosaurier.“ Nur wenige Paläontologen und Ornithologen widersprachen.

Als Kritikpunkte an der Dino-Vogel-Hypothese wurden genannt (vgl. JUNKER 2005): 1. Die den Vögeln ähnlichsten Theropoden stammen alle aus der Oberkreide und sind damit sehr viel jünger als der oberjurassische „Urvogel“ *Archaeopteryx*. 2. Fast alle Theropoden sind zweibeinige Läufer und wegen ihres zu großen Gewichts aus aerodynamischen Gründen nicht als Vogelvorläufer geeignet. 3. Einem hypothetischen evolutiven Umbau von Theropoden zum Vogel-Bauplan stehen konstruktive Aspekte entgegen: So entspricht die Vogel-

hand den Fingern II, III und IV, während die Theropoden die Finger I, II und III besaßen. Eine homeotische Transformation als Erklärung für diese Verschiebung ist hypothetisch und wegen eines fehlenden Selektionsdrucks schwer zu begründen (vgl. ULLRICH 2008). Ein kontrovers diskutiertes weiteres Beispiel ist der Bau der Lunge. Fossilfunde deuten darauf hin, dass Theropoden eine krokodilartige Lunge besaßen, die nach Auffassung einiger Forscher konstruktiv nicht in die ganz anders gebaute Vogellunge umgebaut werden könne (JONES & RUBEN 2001).

Der letztgenannte Kritikpunkt erhält neuerdings durch eine Studie von QUICK & RUBEN (2009) weitere Unterstützung. Die beiden Forscher weisen auf einen bisher offenbar nicht beachteten anatomischen Zusammenhang hin: Lungenfunktion und Oberschenkelanatomie hängen bei Vögeln eng miteinander zusammen. Damit hat es folgende Bewandnis: Der Oberschenkelknochen sitzt bei den Vögeln relativ fest, und die Hauptbewegung findet im Unterschenkel und im Fuß statt. Diese Anatomie hängt damit zusammen, dass Knochen und Muskulatur der Oberschenkelregion benötigt werden, um die Luftsack-ähnliche Lunge der Vögel vor dem Kollabieren zu bewahren. Die Position der Oberschenkelknochen und Muskeln ist also entscheidend für die Lungenfunktion der Vögel, und erst diese gibt den Vögeln ausreichend Lungenkapazität für den Flug. Die einzigartige Lungenstruktur wird gebraucht, weil die Vögel etwa 20 Mal mehr Sauerstoff als Reptilien benötigen.

Die Theropoden-Dinosaurier weisen dagegen eine ganz andere Anatomie der beweglichen Oberschenkelknochen auf, die nicht in die Vogelanatomie überführbar sei. Daher müsse die Evolution der Vögel unabhängig von den Dinosauriern verlaufen sein. QUICK & RUBEN stellen damit eine etablierte Sicht in Frage und vermuten gemeinsame Vorfahren von Dinosauriern und Vögeln unter den älteren thecodonten Reptilien (Urwurzelzähnern). Sie weisen auch auf das oben genannte Problem hin, dass die Dinosaurier, von denen die Vögel abstammen sollen, durchweg in erheblich jüngeren Schichten als die ältesten Vögel gefunden seien.

Bemerkenswert an der Position von QUICK & RUBEN ist, dass sie behaupten, eine konstruktive Umwandlung sei unmöglich. Dann stellt sich aber die Frage, ob diese Unmöglichkeit auch anderen postulierten Übergängen entgegensteht. Die Atmung bei Vögeln ist auf so vielfältige Weise mit anatomischen Konstruktionen verwoben, dass der Umbau zur Vogellunge ein entsprechend komplexer Vorgang gewesen sein muss. Ob natürliche Evolutionsmechanismen das erlauben, kann ernsthaft bezweifelt werden. Für evolutionstheoretische Deutungen sind Merkmalsübereinstimmungen – einer der Belege für die Dino-Vogel-Hypothese – zu wenig, um evolutive Übergänge zu begründen. Man kann die Mechanismenfrage nicht ausblen-

den, zumal Merkmalsübereinstimmungen auch funktionelle Gründe haben können, ohne dass ein Bezug auf Evolution genommen werden müsste.

[JONES TD & RUBEN JA (2001) Respiratory structure and function in theropod dinosaurs and some related taxa. In: GAUTHIER J & GALL LF (eds) *New Perspectives on the Origin and Early Evolution of Birds*. New Haven, pp 443-461; JUNKER R (2005) Der Ursprung der Vögel – ein Update. *Stud. Int. J.* 12, 51-57; QUICK DE & RUBEN JA (2009) Cardio-pulmonary anatomy in theropod dinosaurs: implications from extant archosaurs. *J. Morphol.*, 2009, May 20 (online); ULLRICH H (2008) Sind Vogelflügel umgestaltete Dinosaurierhände? Zum Konflikt zwischen fossilen und entwicklungsbiologischen Daten bei der phylogenetischen Herleitung des Vogelflügels. *Stud. Int. J.* 15, 18-30; Vögel doch nicht Nachfahren der Dinos? <http://www.scinexx.de/wissen-aktuell-10026-2009-06-10.html>] R. Junker

Protofedern bei einem Ornithischier?

Die Hypothese der Abstammung der Vögel von zweibeinigen sich fortbewegenden kleinen Raubdinosauriern (vgl. das vorige Streiflicht) wurde in den letzten Jahren vor allem auch durch zahlreiche Funde von Dinosauriern postuliert, die federartige Strukturen besitzen. Allerdings ist die Federnatur dieser Hautstrukturen teilweise umstritten (FEDUCIA et al. 2005). ZHENG et al. (2009) berichten nun vom Fund eines Dinosaurier-Teilskeletts mit Schädelresten, genannt *Tianyulong confuciusi*. Es gehört zur Untergruppe der Ornithischia und besitzt unverzweigte filamentöse (fadenförmige) Hautstrukturen, die als Protofedern interpretiert werden. Die bis zu 60 mm langen und 0,4 mm dicken Filamente wurden an drei Stellen in der Nähe der Wirbelsäule gefunden und scheinen hohl gewesen zu sein. Die Autoren interpretieren dies als äußere Hautstrukturen; es soll sich nicht um innere Versteifungselemente der Haut handeln.

Besonders bemerkenswert ist bei diesem Fund, dass er nicht der Dinosaurier-Großgruppe Saurischia (Echsenbeckensaurier) mit der Untergruppe Theropoda angehört, aus der die Vögel hergeleitet werden, sondern der anderen Großgruppe, den Ornithischia (Vogelbeckensaurier). Sie sollen sich schon sehr früh (in der Mittel-/Obertrias) von den Saurischiern getrennt haben. Damit müssten sich die Hautstrukturen von *Tianyulong* unabhängig von den Hautstrukturen der Saurischier entwickelt haben. WELLNHOFFER (2009) ist der Auffassung, der letzte Beweis fehle, dass es sich wirklich um epidermale und nicht um innere Strukturen handle. Dazu müsse sicher geklärt werden, ob sie wirklich hohl waren, was für eine äußere Hautstruktur sprechen würde. Gegen eine Festigungsfunktion führt er an, dass die Filamente im Schwanzbereich extrem lang sind und die Schwanzwirbelsäule ohnehin durch verknöcherte Sehnen versteift gewesen sei. Vergleichbare epidermale Bildungen kennt man schon lange von den ebenfalls nicht näher verwandten Flugsauriern. Der Besitz haarartiger Körperanhänge steht in diesen Fällen offenbar nicht im