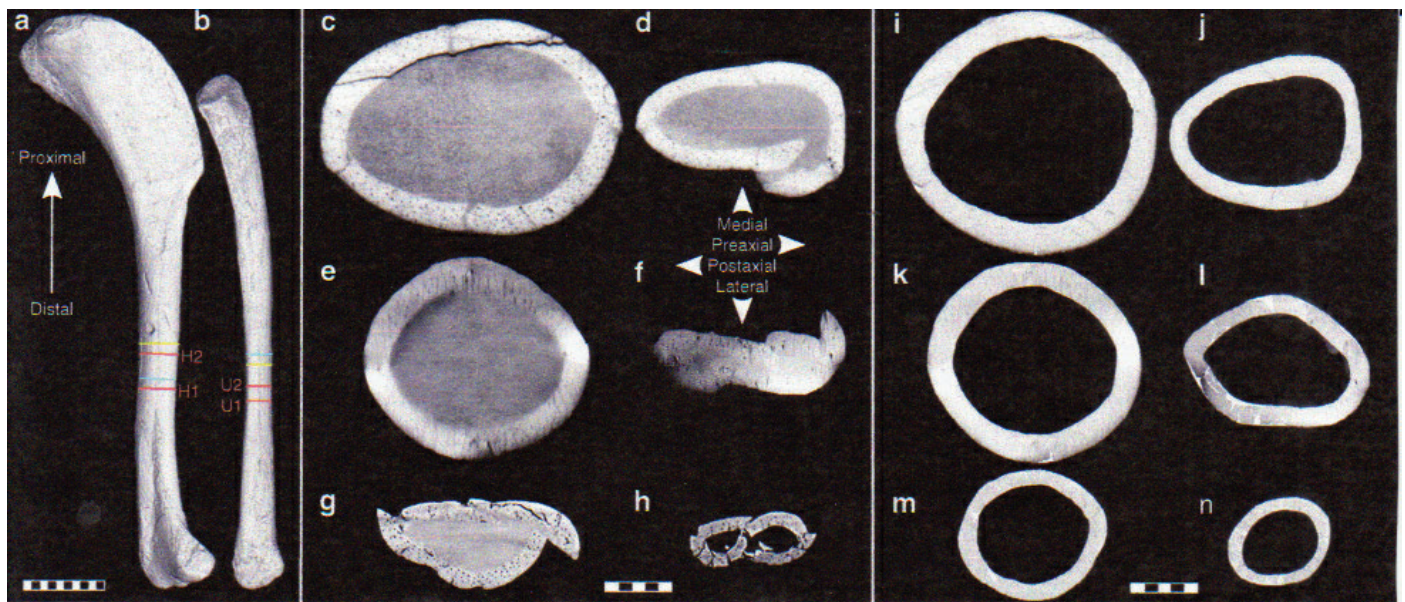


Flog der *Archaeopteryx* – oder flog er nicht?

Zusammengestellt von EIKE HARTWIG



Humere und ulnare virtuelle Querschnitte eines *Archaeopteryx*-Exemplars: [a] Rechter Humerus und [b] in lateraler bzw. medialer Ansicht; [c-h] Virtuelle Schnitte von (c, e) rechtem Humerus und (d, f) rechter Ulna, und (g) linkem Humerus und (h) linker Ulna; [i-n] Rekonstruierte Querschnittsgeometrie mit optimiertem Kontrast der Knochenränder von (i, k, m) Humerus und (j, l, n) Ulna; reines Weiß weist auf ergänzte Fragmente hin; morphologische Orientierung gilt für alle Abschnitte (c-h). Maßstabsbalken [a, b] 10 mm; Maßstabsbalken [c-n] 1 mm. (Abbildung verändert aus Voeten et al. 2018).

Die frühesten Phasen der Vogelentwicklung und der Entwicklung des Vogelflugs bleiben durch die Seltenheit des repräsentativen fossilen Materials und der daraus resultierenden begrenzten phylogenetischen Auflösung im Dunkeln (KSEPKA 2014). Als der älteste potentiell freifliegende bekannte Avialier (bezeichnet ausgestorbene Dinosaurier der Clade/Stamm Avialae zusammen mit lebenden Nachkommen der Klasse Aves) repräsentiert der *Archaeopteryx* den Hauptkandidaten, der bei der Lösung des ersten Kapitels des Vogelflugs zu berücksichtigen ist. Dieser rund 150 Millionen Jahre alte gefiederte Saurier aus dem Oberjura ist eines der berühmtesten Fossilien der Welt und wird als eine Ikone der Evolutionstheorie und als ein Bindeglied zwischen Reptilien und Vögeln bezeichnet. Das erste Exemplar dieses Sauriers wurde im Jahr 1860 in der Fränkischen Alb in den Solnhofener Plattenkalken gefunden.

Charles Darwin hatte in der von ihm entwickelten Evolutionstheorie 1859 vorhergesagt, dass es bei der Entwicklung neuer Arten Übergangsformen geben sollte, die noch Merkmale der alten, aber auch schon Merkmale der neuen Gruppe besitzen müssten (DARWIN 1859). Als Darwin seine Theorie veröffentlichte, waren noch keine solchen Fossilien bekannt. Sie wurden deshalb als fehlende Glieder (missing links) bezeichnet.

Nur zwei Jahre später wurde das erste Skelettexemplar des *Archaeopteryx* gefunden.

Seit mehr als 150 Jahren wird *Archaeopteryx* untersucht und ist daher ein relativ gut erforschtes fossiles Tier. Die äußere Morphologie seines Skeletts und die Form und Verteilung seiner Federn wurden im Detail beschrieben; nichtsdestoweniger „fossilisiert“ die Fortbewegung selbst nicht. Und obwohl *Archaeopteryx* eine sehr wichtige Position in der evolutionären Zeitschiene, die zu den Vögeln führt, einnimmt, sind lebenswichtige Fragen unbeantwortet geblieben, insbesondere wie er seine gefiederten Vordergliedmaßen verwendet hat und ob er fähig war zu fliegen. Weil *Archaeopteryx*-Fossilien sehr wertvoll sind, ist deren physikalische Beeinträchtigung wie das Schneiden in einen fossilen Knochen, um sein Inneres zu offenbaren, nicht möglich.

Traditionelle Forschungsmethoden konnten also bisher die Frage, ob *Archaeopteryx* geflogen ist oder nicht, nicht beantworten. Ein internationales Team aus Wissenschaftlern um Dennis Voeten von Forschungseinrichtungen aus Tschechien, Frankreich, Deutschland, Schweden und der „European Synchrotron Radiation Facility/ESRF“ aus Grenoble/Frankreich ist nun neue Wege gegangen. Sie haben mithilfe einer speziellen Form der Röntgen-Mikrotomographie (TAFFOREAU et al.

2006), die unbedenkliche mikroskopische Einblicke in fossile Knochen bietet und virtuelle 3D-Rekonstruktionen von außergewöhnlicher Qualität ermöglicht, die Fossilien erneut untersucht und versucht die Knochenstrukturen und die Querschnittsgeometrie von Oberarmknochen (Humerus) und Unterarmknochen (Ulna) dreier Exemplare sichtbar zu machen, ohne Schaden zu verursachen (VOETEN et al. 2018). Da Humerus und Ulna die klarsten flugbezogenen Anzeichen bei Vögeln widerspiegeln, wurden diese Knochen untersucht und dazu die Knochenstruktur anderer geflügelter Arten analysiert, etwa von ausgestorbenen Flugsauriern und modernen Vögeln.

Die Auswertung der Bilder der Röntgen-Mikrotomographie zeigte unerwartet, dass die Flügelknochen des *Archaeopteryx* wichtige Anpassungen mit denen moderner fliegender Vögel teilten; im Gegensatz dazu fehlten ihm jedoch Anpassungen am Schultergürtel, um fliegen zu können. Es fiel auf, dass die Knochenwände viel dünner waren als die der erdgebundenen Dinosaurier, aber den konventionellen Vogelknochen sehr ähnlich sahen (vergl. Abb.). Die Datenanalyse zeigte weiterhin, dass die Knochen des *Archaeopteryx* denen moderner Vögel wie Fasane oder dem Wegekuckuck („roadrunner“) am ähnlichsten sind, und sie offenbar

gelegentlich den aktiven Flug für Entfernungen zwischen 20 und 1500 Metern benutzten, um etwa Barrieren zu überschreiten oder Raubtieren auszuweichen. Die analysierten Knochen entsprechen aber nicht denen von gleitenden und hochfliegenden Formen, die optimiert sind für einen dauerhaften Flug wie viele Raubvögel und einige Seevögel. Die Autoren haben als weitere Besonderheit herausgefunden, dass ein relativ niedriger Torsionswiderstand der Knochen Vögel kennzeichnet, die einen zufälligen Schlagflug verwenden, während ein höherer Torsionswiderstand mit einem verlängerten aktiven Flug des Vogels verbunden ist und auch einen Segelflug aushält. Der niedrige Torsionswiderstand der Flügelknochen des *Archaeopteryx* verbindet ihn eng mit aufspringenden Fliegern (s.o.). Dies führte zu der Schlussfolgerung, dass der *Archaeopteryx* aktiv, wenn auch gelegentlich, seine Flügel benutzen musste, um zu fliegen.

Da der *Archaeopteryx* ausgestorben ist, kann sein Flugmodus nicht direkt beobachtet werden, doch die Forscher deuten seinen „aktiven Flug“ dahin, dass er in der Lage war, seine Flügel mehr nach vorn und oben zu bewegen, gefolgt von einem abwärtsgerichteten Rückschlag. Eine solche Bewegung liegt zwischen der Greifbewegung erdgebundener Dinosaurier und dem Flügelschlag moderner Vögel.

Auch gewährt die Studie der Forscher neue Einblicke in die Umwelt und den Lebensstil des *Archaeopteryx*. Die Wissenschaftler vermuten, dass sein Habitat, basierend auf der Grundlage geologischer Informationen und damit verbundener Fossilien, durch halboffene Buschlandschaften in der Nähe oder auf Inseln in der Solnhofener Lagune des Jura gebildet wurde. Es ist anzunehmen, dass sein Flug theoretisch die Wanderbewegungen zwischen Inseln ermöglicht haben könnte, ein sogenanntes „Insel-Hopping“ z.B. zur Nahrungssuche.

Das Autorenteam der Studie kommt zu dem Schluss, dass *Archaeopteryx* tatsächlich fliegen konnte und dass seine Flügelknochengeometrie am besten mit kurzen Phasen aktiven Fliegens übereinstimmt. Es zeigt, dass der Dinosaurierflug bereits im Oberjura entwickelt sein musste, was nicht nur neue Einblicke in die Fortbewegung des *Archaeopteryx* bietet, sondern auch die älteste aktive Dinosaurier-Fugfähigkeit darstellt. Dies bedeutet nach ihrer Meinung, dass die Suche



Archaeopteryx-Fossil aus dem Solnhofener Plattenkalk.

Foto: James L. Amos, National Geographic Society

nach den ersten frei fliegenden Dinosauriern sich auf Fossilien konzentrieren sollte, die älter sind als *Archaeopteryx*. Die Schlussfolgerungen der Studie geben keinen direkten Hinweis auf den modernen Vogelflug, sondern beleuchten dessen frühe Vorläufer.

Literatur

DARWIN, C. (1859): On the Origin of species by means of natural selection, or the preservation of favoured races in the struggle for life. John Murray, London.

KSEPKA, D. T. (2014): Evolution—a rapid flight towards birds. *Curr. Biol.* 24: 1052–1055.

TAFFOREAU, P., R. BOISTEL, E. BOLLER, A. BRAVIN, M. BRUNET, Y. CHAMANEE, P. CLOETENS, M. FEIST, J. HOSZOWSKA, J.-J. JAEGER, R.F. KAY, V. LAZZARI, L. MARI-VAUX, A. NEL, C. NEMOZ, X. THIBAUT, P. VIGNAUD & S. ZABLER (2006): Applications of X-ray synchrotron microtomography for non-destructive 3D studies of paleontological specimens. *Appl. Phys. A* 83: 195–202.

VOETEN, D. F. A. E., J. CUBO, E. DE MARGERIE, M. RÖPER, V. BEYRAND, S. BUREŠ, P. TAFFOREAU & S. SANCHEZ (2018): Wing bone geometry reveals active flight in *Archaeopteryx*. *Nature Communications* 9/923: 9 pp.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Seevögel - Zeitschrift des Vereins Jordsand zum Schutz der Seevögel und der Natur e.V.](#)

Jahr/Year: 2018

Band/Volume: [39_4_2018](#)

Autor(en)/Author(s): Hartwig Eike

Artikel/Article: [Flog der Archaeopteryx – oder flog er nicht? 24-25](#)