

der Vögel abdecken. Das charakteristische Merkmal des Vogel-schnabels ist für seine faszinierende Vielfalt von Gestaltungen bekannt. Die unterschiedlichen Schnabelformen ermöglichen den Vögeln, sehr verschiedene Nahrungsquellen zu nutzen. Durch die Kombination der Ergebnisse der Untersuchungen der Schnabelformen mit neueren DNA-basierten Cladogrammen ergab sich, dass die Vielfalt der Schnäbel sehr schnell in der mutmaßlichen evolutionären Geschichte aufgetreten ist, also innerhalb kurzer Zeit stark zunahm. Evolutionstheoretisch folgt daraus, dass ein extrem schneller evolutiver Wandel angenommen werden muss – die Autoren sprechen von „früher schneller Quanten-Evolution“ (COONEY et al. 2017, 345), das bedeutet eine anfänglich sehr schnelle Divergenz (Aufspaltung und Verschiedenwerden) in neue Formen und Funktionen. Von wenigen Ausnahmen abgesehen änderten sich die Schnabelformen nach der Anfangsdivergenz nur noch relativ geringfügig in der Art eines Fine-Tunings und durch ökologische Anpassungen (vgl. BHULLAR 2017).

Fossilfunde wurden in die Untersuchung nicht einbezogen. BHULLAR (2017) weist aber darauf hin, dass der Fossilbericht den Befund von COONEY et al. unterstützt, dass eine große Vielfalt von Schnabelformen nach der Kreide-Tertiär-Grenze rasch präsent war, ja dass es anfangs noch weitere Schnabelformen gab, die heute nicht mehr vertreten sind. Die Gründe für dieses Muster mutmaßlicher evolutionärer Sprünge und anschließender Stabilität seien nicht bekannt.

Mikroevolution, Makroevolution und Schöpfung. Die Autoren stellen fest, dass es einen qualitativen Unterschied zwischen Mikroevolution (z.B. Fine-Tuning) und Makroevolution (neuartige Baupläne oder Bauplan-Elemente) gibt. Sie schreiben: „Auf welche Weise mikroevolutive Prozesse addiert werden, um die Ausweitung der gestaltlichen Vielfalt über viel größere evolutionäre Zeiträume hinweg zu formen, ist unklar“ (COONEY et al. 2017, 344). Und weiter: „Untersuchungen an kleineren (evolutiven) Zweigen

haben Einsichten in die Rolle der natürlichen Auslese als verändernde Kraft ermöglicht, sie können aber nicht den Prozess erhellen, der die Vielfalt und Diskontinuitäten von Radiationen über längere evolutionäre Zeiträume formt“ (ebd.). Das entspricht vielen ähnlich lautenden Einschätzungen zum Unterschied von Mikro- und Makroevolution.

Das Muster der Entfaltung der Schnabelformen kann bei Zugrundelegung eines Schöpfungsansatzes mit programmierter Variabilität gut erklärt und eingeordnet werden. Dass innerhalb einer Formengruppe eine große Vielfalt relativ plötzlich auftaucht und Cladogramme an der Basis kaum auflösbar sind bzw. anfangs sehr enge Verzweigungen beinhalten, könnte als Indiz dafür gewertet werden, dass es gar keine Abstammung der größeren Einheiten gab, sondern dass diese in fertiger Form durch Schöpfungsakte ins Dasein kamen und sich anschließend ein anfangs bereits angelegtes Potenzial an Ausprägungs- und Spezialisierungsmöglichkeiten entfaltet hat.

Für die biblische Schöpfungslehre bleibt jedoch die Frage offen, warum zum einen Vögel heutiger Grundtypen fossil weitgehend erst ab dem unteren Tertiär überliefert sind, aber auch, weshalb Vögel, die im älteren geologischen System der Kreide fossil überliefert sind, andere

Baupläne besitzen als die tertiären und heute lebenden Vögel.

[BHULLAR BAS (2017) Catastrophe triggers diversification. *Nature* 542, 304-305 • COONEY CR, BRIGHT JA et al. (2017) Mega-evolutionary dynamics of the adaptive radiation of birds. *Nature* 542, 344-347 • ZHOU Z (2004) The origin and early evolution of birds: discoveries, disputes and perspectives from the fossil record. *Naturwissenschaften* 91, 455-471 • THOMAS GH (2015) An avian explosion. *Nature* 526, 516-517] R. Junker

■ **Urvogel *Confuciusornis* unerwartet „modern“**

Die Vogelgattung *Confuciusornis* gehört nach dem berühmten oberjurassischen „Urvogel“ *Archaeopteryx* zu den stratigraphisch ältesten Vögeln. Im Jahr 1995 wurden gut erhaltene fossile Exemplare dieser Gattung in großer Zahl in Süßwasserablagerungen der unteren Kreide im Nordosten Chinas gefunden. Während manche Merkmale (z.B. Becken, Finger, Schädel mit zwei Schläfenfenstern) als „ursprünglich“ eingestuft werden, besaß *Confuciusornis* – anders als *Archaeopteryx* und viele andere „Urvögel“ – einen Hornschnabel und eine Reihe weiterer „fortschrittlicher“ Merkmale. So hatte er keinen langen, reptilienähnlichen Schwanz, sondern wie heutige Vögel ein Pygostyl (mehrere verschmolzene Schwanzwirbel), an dem die Schwanzfedern



Abb.1 Von *Confuciusornis sanctus* sind zahlreiche Skelette fossil erhalten. (Eduard Solà, CC BY-SA 3.0)

fächerförmig ansitzen. Bei einigen Exemplaren ist auf dem Brustbein ein niedriger Kiel in der hinteren Hälfte zu erkennen; das Rabenbein ist ähnlich wie bei heutigen Vögeln lang und strebenförmig. Wie bei heutigen Vögeln dürften Ellbogen- und Handwurzelgelenk mechanisch gekoppelt gewesen sein, was ebenso wie das gut ausgebildete Federkleid mit asymmetrischen Flugfedern für eine Fähigkeit zu aktivem Flug spricht.

Die Lebensweise und die Art der Flugfähigkeit von *Confuciusornis* wurden dennoch kontrovers diskutiert (WANG et al. 2011, 1229). PETERS & JI (1998) hielten den Konfuzius-Vogel wegen der großen Schwingen für einen ausdauernden Segler; ob *Confuciusornis* klettern konnte, war bisher ebenfalls umstritten (z.B. FEDUCCIA 2001, 143; CHIAPPE et al. 1999, 1). NUDDS & DYKE (2010) hatten eine Studie veröffentlicht, wonach die Schäfte der Federn von *Confuciusornis* zu schwach für eine Tauglichkeit zu aktivem Flug gewesen seien, doch ihre Schlussfolgerungen wurden wegen methodischer Fehler zurückgewiesen (PAUL 2010; LONGRICH et al. 2012; LINGHAM-SOLIAR 2015).

Neue Einsichten zu diesen Fragen und weitere Erkenntnisse über die Flug- und Kletterfähigkeit brachten nun Untersuchungen mit Laser-unterstützter Fluoreszenzmikroskopie (FALK et al. 2016). Damit konnten bisher unbekannte Details der Weichteil Anatomie (Bänder, Muskeln, Sehnen) sichtbar gemacht werden. Sie zeigen, dass *Confuciusornis* „moderner“ gebaut war als bisher angenommen. Die Autoren stellen fest, dass *Confuciusornis* „eine Reihe relativ moderner Weichgewebe-Strukturen besaß, die fortschrittlicher waren, als erwartet werden konnte“ (FALK et al. 2016, 6). Außerdem konnten gut entwickelte und widerstandsfähige Flughäute (Pro- und Postpatagium an Innen- und Außenseite der Flügel) nachgewiesen werden, was laut FALK et al. enormen Auftrieb ermöglicht haben müsse und zusammen mit den robusten Federschäften für die

Fähigkeit zum aktiven Flug spreche. Die Autoren schließen unter evolutionstheoretischen Voraussetzungen, dass das Flughautsystem früh entstand und ein gemeinsames Merkmal (Synapomorphie) aller Vögel sein könnte (FALK et al. 2016, 8).

Auch zur Flügelform konnten neue Erkenntnisse gewonnen werden; diese sei einzigartig gewesen, folgern FALK et al. aus dem erhaltenen Federkleid. Die Breite des Flügels unterstreiche einen anderen Flugstil als bisher angenommen und sei typisch für Vögel, die in einem dicht bewachsenen Lebensraum vorkommen und daher ein hohes Maß an Manövrierfähigkeit benötigen, oder auch für Segler. Sie schließen aus der Flügelstreckung (aspect ratio), dass *Confuciusornis* in seinem Lebensraum eher Manövrierfähigkeit als Geschwindigkeit benötigte.

Netzförmige Schuppen auf den Beinen, kräftige Fingerpolster und stark gebogene Klauen an den Zehen unterstützen nach FALK et al. nachhaltig die Rekonstruktion als baumlebender Vogel. Die netzförmigen Schuppen sind mehr abgerundet als schildförmig, was die Flexibilität der Zehen verbessert.

Aus den neuen Befunden schließen die Forscher insgesamt, dass *Confuciusornis* Kurzstrecken gut fliegen konnte und dass dieser Urvogel viele relativ „fortschrittliche“ („advanced“) vogeltypische anatomische Merkmale besaß. Insgesamt war der Konfuzius-Vogel also keinesfalls primitiv, weshalb die Autoren evolutionstheoretisch mutmaßen, dass seine modernen Merkmale viel früher als bisher angenommen entstanden sein müssten; ältere Gesteinsschichten könnten vielleicht entsprechende Antworten über Vorstufen bringen.

Erst kürzlich waren bei einem anderen Vogel aus Schichten der Unterkreide ebenfalls Weichteilmerkmale identifiziert worden, die als überraschend modern charakterisiert wurden und für eine sehr gute Flugfähigkeit sprechen (NAVALÓN et al. 2015), so dass auch in diesem Fall eine Revision bezüglich der Flugfähigkeit vorgenommen wurde: Die

Gegenvögel, zu welchen der Fund gerechnet wird, werden nun als gute Flieger angesehen.

Diese Befunde und Interpretationen sind letztlich aber nicht überraschend. Der Besitz asymmetrischer Federn wie bei *Confuciusornis* und anderen Vögeln aus Kreideschichten macht nur Sinn, wenn die betreffenden Arten flugfähig wären; dafür aber benötigen sie zugleich auch eine ausgefeilte passende Weichteil Anatomie. Flugfähigkeit erfordert einen Komplex von Merkmalen und Fähigkeiten – vom geeigneten „Baumaterial“ für die Federn bis zum Verhalten mit den dafür erforderlichen Gehirnleistungen und Rückkopplungsmechanismen. Eine schrittweise Entstehung einer Grundausstattung ist hier kaum denkbar. Die neuen Daten zu *Confuciusornis* bestätigen diese Sicht.

[CHIAPPE LM, JI SA, JI Q & NORELL MA (1999) Anatomy and systematics of the Confuciusornithidae (Theropoda, Aves) from the late Mesozoic of northeastern China. Bull. Amer. Mus. Nat. Hist. 242, 1-89 • FALK AR, KAYE TG, ZHOU Z & BURNHAM DA (2016) Laser fluorescence illuminates the soft tissue and life habits of the Early Cretaceous bird *Confuciusornis*. PLoS ONE 11(12): e0167284. doi:10.1371/journal.pone.0167284 • FEDUCCIA A (2001) The problem of bird origins and early avian evolution. J. Ornithol. 142 Sonderheft 1, 139-147 • HOU L, ZHOU Z, GU Y & ZHANG H (1995a) *Confuciusornis sanctus*, a new late Jurassic sauriurine bird from China. Chinese Sci. Bull. 40, 1545-1551 • HOU L, ZHOU Z, MARTIN LD & FEDUCCIA A (1995b) A beaked bird from the Jurassic of China. Nature 377, 616-618 • LINGHAM-SOLIAR T (2014) Feather structure, biomechanics and biomimetics: the incredible lightness of being. J. Ornithol. 155, 323-336 • LONGRICH NR, VINTHER J, MENG Q, LI Q & RUSSELL AP (2012) Primitive wing feather arrangement in *Archaeopteryx lithographica* and *Anchiornis huxleyi*. Curr. Biol. 22, 2262-2267 • NAVALÓN G, MARUGÁN-LOBÓN J, CHIAPPE LM, SANZ JL & BUSCALIONI A (2015) Soft-tissue and dermal arrangement in the wing of an Early Cretaceous bird: Implications for the evolution of avian flight. Sci. Rep. 5:14864 • PAUL GS (2010) Comment on „Narrow Primary Feather Rachises in *Confuciusornis* and *Archaeopteryx* Suggest Poor Flight Ability“. Science 330, 320b • PETERS D & JI Q (1998) The diapsid temporal construction of the Chinese fossil bird *Confuciusornis*. Senckenbergiana lethaea 78, 153-155 • WANG X, NUDDS RL & DYKE GJ (2011) The primary feather lengths of early birds with respect to avian wing shape evolution. J. Evol. Biol. 24, 1226-1231] R. Junker