

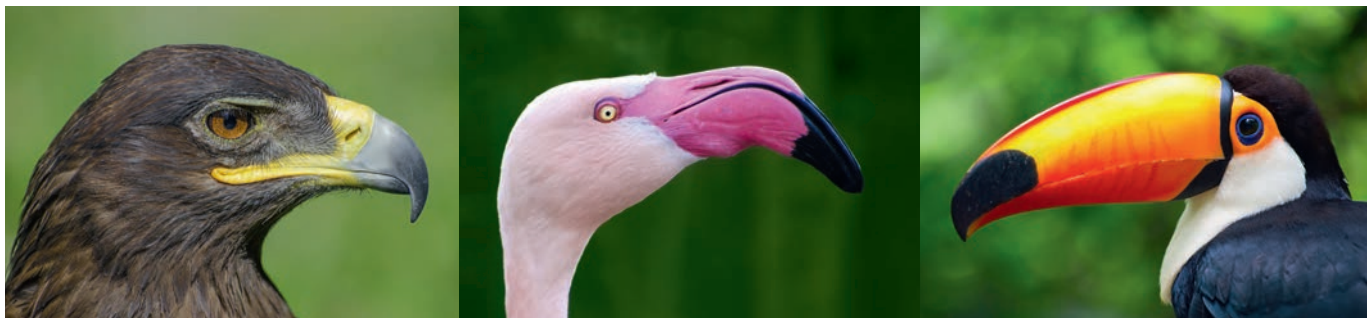


Abb.1 Verschiedene Schnabelformen bei heutigen Vögeln; von links: Adler, Flamingo, Tukan. Nach einer aktuellen Studie entstanden verschiedenste Schnabeltypen in sehr kurzer Zeit. (fotolia.com)

bezeichnen MALYSHEW et al. (2014) als semisynthetische Organismen.

Dieser Prototyp einer Zelle, die in der Lage ist, einen erweiterten genetischen Code zu nutzen, hatte aber gravierende Begrenzungen. Die entsprechende *E.coli*-Kultur wuchs nur sehr langsam; die Zeit für die Verdoppelung der Zellen war im Vergleich zum ursprünglichen Stamm doppelt so hoch. Das nicht natürliche Basenpaar wurde unter verschiedenen Kulturbedingungen abgebaut – vermutlich aufgrund von Enzymen (Phosphatasen). Schließlich konnten die Bakterienzellen selbst unter optimalen Kulturbedingungen im Verlauf ihrer Vermehrung die genetische Modifikation nicht erhalten.

Um diese grundlegenden Hindernisse zu beseitigen und semisynthetische Mikroorganismen mit einem erweiterten genetischen Code zu kultivieren, veränderte die Arbeitsgruppe ihre Experimente (ZHANG 2017).

Die Autoren experimentierten mit Veränderungen des Transportproteins, das sich als zelltoxisch erwiesen hatte, und mit dessen gentechnischer Integration in *E. coli*. Weiter prüften sie auch alternative unnatürliche Basenpaare. Um zu verhindern, dass das bakterielle Immunsystem (Cas9) die veränderten Sequenzbereiche eliminiert, musste empirisch ermittelt werden, unter welchen Bedingungen dies möglich ist.

Schließlich erhielten ZHANG et al. (2017) einen semisynthetischen Mikroorganismus, der stabiles Wachstum zeigte und dabei synthetische Nukleotidtriphosphate in die Zellen aufnahm. In den Bakterienzellen wurden diese stabil in die Nukleinsäure eingebaut und bildeten

dort nicht natürliche Basenpaare, und zwar in vielen verschiedenen Sequenzumgebungen. So konnten die Autoren genetisch veränderte *E. coli* kultivieren, die in ihrem Erbgut sechs verschiedene DNA-Bausteine enthielten und somit drei Basenpaare bilden können. Diese könnten zukünftig, so die Hoffnung der Autoren, als Plattformen dienen, um experimentell den genetischen Code zu erweitern.

Unter technischen Gesichtspunkten ist das ein hochinteressantes Ergebnis, das vielfältige Möglichkeiten eröffnet. Betrachtet man jedoch die Mühe und den enormen Aufwand, der betrieben werden musste, um Bakterienzellen dazu zu bringen, die entsprechenden Veränderungen zu tolerieren und tatsächlich auch – zumindest im Rahmen der bisherigen experimentellen Überprüfung – stabil weiterzugeben, dann könnte dies auch ein Hinweis darauf sein, dass die Art und Weise, wie die Erbinformation im Erbgut abgespeichert ist, nicht so ohne weiteres ausgedehnt und „verbessert“ werden kann.

Wenn sich der Aufbau der DNA mit dem entsprechenden genetischen Code, der sich praktisch in allen Lebewesen etabliert hat, nur mit großem Aufwand manipulieren lässt, dann eröffnet das Fragen um den möglichen Ursprung dieser molekularen Strukturen. Sind es vielleicht doch Konstrukte, d.h. könnten sie letztlich geistigen Ursprungs sein? Jedenfalls sind die natürlichen Konstrukte auffällig robust und selbst mit modernsten Methoden bisher nicht nachhaltig zu modifizieren.

[MALYSHEW DA, DHAMI K, LAVERGNE T, CHEN T, DAI N, FOSTER JM, CORREA JR. IR & ROMESBERG FE (2014) A semi-synthetic organism with an expanded genetic alphabet. *Nature* 509, 385-388 • ZHANG Y, LAMB BM, FELDMAN AW,

ZHOU AX, LAVERGNE T, LI L & ROMESBERG FE (2017) A semisynthetic organism engineered for the stable expansion of the genetic alphabet. *Proc. Nat. Acad. Sci. USA* doi:10.1073/pnas.1616443114.] H. Binder

■ Anfangs explosiv – dann nur noch Fine-Tuning: Vielfalt der Vogelschnäbel

Die heute existierenden Vogelordnungen (Neornithes) erscheinen im Fossilbericht plötzlich in großer Vielfalt in den ältesten Schichten des Tertiärs. Wie bei vielen anderen Tier- und Pflanzengruppen ist von einer explosiven Entfaltung oder Radiation die Rede. In den letzten Jahren wurde zwar immer wieder über Funde von Vertretern der Neornithes auch in der Oberkreide berichtet, doch ändern diese nichts daran, dass die Vielfalt der Vogelbaupläne – gemessen an den Fossilfunden – nach der berühmten Kreide-Tertiär-Grenze abrupt und in einem geologisch kurzen Zeitraum zunimmt. Ein gemeinsamer Vorfahr ist nicht bekannt und der Fossilbericht gibt über die Anfänge der Neornithes fast keine Auskunft (ZHOU 2004, 456, 467). Vergleichend-biologische Studien der heutigen Vogelordnungen bestätigen dieses Bild: Cladogramme (Ähnlichkeitsbäume) lassen sich auf der Ebene der Ordnungen kaum auflösen (vgl. z.B. THOMAS 2015). Sie gleichen daher in den unteren Teilen eher einem Busch als einen Baum.

Eine solche vergleichende Studie führen COONEY et al. (2017) anhand von 3D-Scans von Schnäbeln von 2028 heutigen Vogelarten aus 194 Familien durch, die im Natural History Museum Tring (England) und im Manchester Museum archiviert sind und einen Großteil des Systems

der Vögel abdecken. Das charakteristische Merkmal des Vogelschnabels 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)