

Spektrum
der Wissenschaft

KOMPAKT

VÖGEL

Die vielfältigen Nachfahren
der Dinosaurier

Evolution

Als die Federn
fliegen lernten

Ökologie

Die 5 wichtigsten Fragen
zur Vogelfütterung





Daniel Lingenhöhl
E-Mail: lingenhoehl@spektrum.de

Liebe Leserin, lieber Leser,

»Vögel haben etwas Besonderes an sich; ihrer Schönheit und Freiheit wohnt etwas inne, das für die Seele eines Menschen wie Balsam ist.« Diese Zeilen stammen aus dem wunderbaren Buch »Kleine Vogelkunde Ostafrikas«, das kein Bestimmungsbuch ist, sondern zur Belletristik gehört. Für mich trifft das Zitat perfekt zu, denn als Hobbyornithologe gibt es fast nichts, was mehr entspannt, als Vögel zu beobachten. Wie mir geht es auf der Welt Millionen Menschen, denn »Birdwatching« gehört in vielen Ländern zu den beliebtesten Freizeitbeschäftigungen in der Natur – Grund genug, dieser faszinierenden Tierklasse ein »Spektrum – Kompakt« zu widmen.

Stets freie Sicht wünscht

Erscheinungsdatum dieser Ausgabe: 23.01.2017

Folgen Sie uns:



CHEFREDAKTEURE: Prof. Dr. Carsten Könneker (v.i.S.d.P.), Dr. Uwe Reichert
REDAKTIONSLEITER: Christiane Gelitz, Dr. Hartwig Hanser, Dr. Daniel Lingenhöhl
ART DIRECTOR DIGITAL: Marc Grove
LAYOUT: Oliver Gabriel
SCHLUSSREDAKTION: Christina Meyberg (Ltg.), Sigrid Spies, Katharina Werle
BILDREDAKTION: Alice Krüßmann (Ltg.), Anke Lingg, Gabriela Rabe
PRODUKTMANAGERIN DIGITAL: Antje Findeklea
VERLAG: Spektrum der Wissenschaft Verlagsgesellschaft mbH, Tiergartenstr. 15–17, 69121 Heidelberg, Tel. 06221 9126-600, Fax 06221 9126-751; Amtsgericht Mannheim, HRB 338114, USt-Id-Nr. DE147514638
GESCHÄFTSLEITUNG: Markus Bossle, Thomas Bleck
MARKETING UND VERTRIEB: Annette Baumbusch (Ltg.)
LESER- UND BESTELLSERVICE: Helga Emmerich, Sabine Häusser, Ute Park, Tel. 06221 9126-743, E-Mail: service@spektrum.de

Die Spektrum der Wissenschaft Verlagsgesellschaft mbH ist Kooperationspartner des Nationalen Instituts für Wissenschaftskommunikation gGmbH (NaWik).

BEZUGSPREIS: Einzelausgabe € 4,99 inkl. Umsatzsteuer
ANZEIGEN: Wenn Sie an Anzeigen in unseren Digitalpublikationen interessiert sind, schreiben Sie bitte eine E-Mail an anzeigen@spektrum.de.

Sämtliche Nutzungsrechte an dem vorliegenden Werk liegen bei der Spektrum der Wissenschaft Verlagsgesellschaft mbH. Jegliche Nutzung des Werks, insbesondere die Vervielfältigung, Verbreitung, öffentliche Wiedergabe oder öffentliche Zugänglichmachung, ist ohne die vorherige schriftliche Einwilligung des Verlags unzulässig. Jegliche unautorisierte Nutzung des Werks berechtigt den Verlag zum Schadensersatz gegen den oder die jeweiligen Nutzer. Bei jeder autorisierten (oder gesetzlich gestatteten) Nutzung des Werks ist die folgende Quellenangabe an branchenüblicher Stelle vorzunehmen: © 2017 (Autor), Spektrum der Wissenschaft Verlagsgesellschaft mbH, Heidelberg. Jegliche Nutzung ohne die Quellenangabe in der vorstehenden Form berechtigt die Spektrum der Wissenschaft Verlagsgesellschaft mbH zum Schadensersatz gegen den oder die jeweiligen Nutzer. Bildnachweise: Wir haben uns bemüht, sämtliche Rechteinhaber von Abbildungen zu ermitteln. Sollte dem Verlag gegenüber der Nachweis der Rechtsinhaberschaft geführt werden, wird das branchenübliche Honorar nachträglich gezahlt. Für unaufgefordert eingesandte Manuskripte und Bücher übernimmt die Redaktion keine Haftung; sie behält sich vor, Leserbriefe zu kürzen.



- 19 VOGELGESANG
Frühes Schnattern
- 21 URZEIT
Die größten Vögel aller Zeiten
- 29 VOGELFLUG
Monatelang in der Luft
- 31 BRUTPARASITISMUS
Stinkende Kuckuckskinder bieten Schutz
- 33 ANATOMIE
Warum bekommt der Specht beim Hämmern kein Kopfweg?
- 35 GENETIK
Wie die Darwinfinken zu ihren unterschiedlichen Schnabelformen kamen
- 37 GESCHLECHTSBESTIMMUNG
Ein Mann ist nicht genug
- 40 JAGDTECHNIK
Der agilste Kickboxer des Tierreichs
- 42 WERKZEUGGEBRAUCH
Kakadus wissen sich auch mit Pappkarton zu helfen
- 45 ROTE LISTE 2016
Hunderte neue Vogelarten, dutzende bedroht
- 48 ARTENVIELFALT
Die Geierkrise weitet sich aus
- 51 SINGVOGELJAGD
Europas schwarzes Loch für Vögel
- 66 PHYSIOLOGIE
Wieso erfrieren Vögel im Winter nicht die Füße?

SYSTEMATIK

Der Stammbaum der Vögel

von Daniel Lingenhöhl



Vögel sind die Nachfahren der Dinosaurier – und profitierten von deren Aussterben. Und alle Landvögel stammen wohl von nur einem Spitzenräuber ab: eine der Überraschungen des neuen Stammbaums.

A

ls die Dinosaurier ausstarben, wurde der Weg frei für die Vögel – die ohnehin die direkten Nachfolger bestimmter Raubsaurier sind.

In geologisch kurzer Zeit explodierte ihre Artenzahl, die sie zu einer der vielfältigsten Wirbeltiergruppen macht, die heute auf der Erde leben. Das ist eines der Ergebnisse der bislang umfangreichsten Genomanalyse, die Biologen gemacht haben.

Zwar untersuchten die Forscher um Guojie Zhang von der Nationalen Genbank am BGI in China, Erich Jarvis von der Duke University, Thomas Gilbert vom Naturkundlichen Museum Dänemarks und Alexandros Stamatakis vom Heidelberger Institut für Theoretische Studien nur das Genom von 48 Vogelarten, doch stammten diese aus allen wichtigen Abstammungslinien heutiger Vögel – darunter Raben und andere Singvögel, Enten, Papageien, Adler,

Spechte, Kraniche und Ibis. Im Gegensatz zu früheren Arbeiten, die den Stammbaum mit Hilfe einzelner Gene und Gensequenzen beziehungsweise basierend auf anatomischen und Verhaltensstudien entwickelten, betrachteten Zhang und Co das gesamte Erbgut der jeweiligen Spezies.

Da sich die modernen Vögel jedoch sehr rasch entwickelten und in immer neue Arten aufspalteten, unterscheiden sich viele der einzeln untersuchten Gene kaum. Dadurch lässt sich nur schwer und ungenau ermitteln, wie sich der Stammbaum ursprünglich verzweigte. Gerade die Gene, die Proteine kodieren, führten in die Irre, so Erich Jarvis, der eine der Hauptstudien in »Science« anleitete. Stattdessen müsse man ebenso auf nichtkodierende DNA-Bereiche sowie DNA-Sequenzen zwischen einzelnen Genen blicken. Insgesamt bezogen die Forscher pro Spezies etwa 14 000 Gene in ihre Analyse ein.

Der Falke zum Papagei

Mit diesem riesigen Datensatz und nach umfangreichen Computerberechnungen – laut Stamatakis benötigte man für die Ergebnisse eine Rechenleistung von 300 Prozessorjahren – rüttelten die Biologen kräftig am Stammbaum der Vögel. So teilen sie die modernen Vögel, die Gruppe der Neoaves, in zwei Untergruppen auf: die Columbea – die viele Nichtsingvögel umfasst – und die Passerea, die echten Singvögel. Diese Aufspaltung hatte zuvor noch keine evolutionäre Beachtung gefunden.

Bei den Columbea finden sich nun beispielsweise die Flamingos, die damit deutlich näher verwandt mit den Tauben als mit Pelikanen sind, obwohl sie sich in Aussehen und Verhalten auffällig von Felsen- oder Kronentauben unterscheiden. Die bislang häufig den Greifvögeln nahe gestellten Falken stehen wiederum den Papageien und sogar Singvögeln nahe, obwohl

sie wie viele Adler ihre Beute aus der Luft jagen und entsprechende anatomische Ähnlichkeiten aufweisen. Der bizarre Hoatzin aus dem Amazonasbecken, dessen Jungtiere noch Krallen an den Flügelknochen besitzen, gehört zu den Kranichen und Regenpfeifern, denen er überhaupt nicht ähnelt. Manche dieser Resultate bestätigen frühere Stammbaumänderungen, deren Ergebnis angezweifelt wurde.

Überhaupt zählen zu den Neoaves rund 95 Prozent aller heute lebenden Vogelar-

ten. Diese Linie hat sich innerhalb von 15 Millionen Jahren nach dem Aussterben der Dinosaurier (das vor etwa 66 Millionen Jahren stattfand) nahezu explosionsartig aufgespalten: Die besetzten damit rasch die frei gewordenen ökologischen Nischen, die das Verschwinden ihrer Verwandtschaft hinterlassen hatte. Dieses Ergebnis widerspricht allerdings älteren Studien, die das Aufkommen der Neoaves 10 bis 80 Millionen Jahre früher datiert. Tatsächlich hatten auch nur sehr wenige Vogellinien das Mas-

sensterben am Ende der Kreidezeit überlebt, doch diese nutzten anschließend die Gunst der Stunde.

Ein Topprädator als Urvogel

Nur wenige Arten der Laufvögel und Steißhühner zählen dagegen zu den **Urkiefern** (*Palaeognathae*), die den ältesten Zweig des Stammbaums bilden. Einen weiteren früh abgespaltenen Ast besetzen die Hühnervögel und Enten. Letztere bilden auch ein Musterbeispiel für konvergente Evolution, die zu unterschiedlichen Zeiten Arten mit ähnlichen Anpassungen hervorbrachte: Die verschiedenen Wasservögel lassen sich auf drei Ursprünge zurückführen.

Eine Überraschung hält auch der gemeinsame Vorfahr von so harmlosen Vögeln wie den Kolibris, Papageien oder Sperlingen parat: Wie Adler oder Falken gehen sie wahrscheinlich auf einen gleichen Vorfahren zurück – den die Forscher als Spit-

MUSEUMSSAMMLUNG

Für ihre Studie zum Vogelstammbaum analysierten 200 Biologen weltweit 48 Vögel aus den unterschiedlichsten Familien und Gattungen.

AAAS / CARLA SCHÄFFER



zenraubtier seiner Zeit betrachten. Weniger erstaunlich ist hingegen, dass dieser wohl auch der Urahn der Terrorvögel war, die im Miozän vor 20 Millionen Jahren die südamerikanischen Steppen dominierten.

Perfekt ist der neue Stammbaum allerdings auch nicht: Sechs der insgesamt 46 Verzweigungslinien konnten bisher nicht eindeutig bestimmt werden. Der Platz der Eulen etwa ist noch nicht festgelegt. Auch das sei eine Folge der raschen Aufspaltung, so die Biologen: Die zügige Evolution erzeugte einen Flickenteppich aus neuen Genabschnitten und Sequenzen, die sich verschiedene Familien teilen – was die Analyse entsprechend erschwert.

Kleines Genom

Dabei sind die Genome der Vögel insgesamt recht klein, wie eine zweite Studie von Zhang und Co zusammenfasst. Verglichen mit den relativ nahe verwandten Reptilien besitzen sie weniger repetitive DNA und verloren hunderte Gene etwa verglichen mit einer Anolisechse. Noch deutlicher sind die Differenzen zu den Säugetieren, da die Vogelgenome um rund 70 Prozent kleiner ausfallen. Ihnen fehlen etwa Gene, die beim Menschen wichtige Rollen

bei der Fortpflanzung, dem Skelettaufbau und der Ausbildung der Lunge spielen. »Das beeinflusste wahrscheinlich nachhaltig die Entwicklung der zahlreichen unterschiedlichen Erscheinungsformen der Vögel. Normalerweise denken wir, dass Innovationen aus neu entstandenem Genmaterial hervorgehen – und nicht aus dessen Verlust. Doch manchmal ist weniger wohl mehr«, so Zhang. Sie brachten aber auch einzigartige Gene hervor, die mit ihren Federn zusammenhängen.

Bei vielen Abstammungslinien blieb die Genomstruktur teilweise mehr als 100 Millionen Jahre intakt. Überhaupt läuft die Genevolution beim Federvieh deutlich langsamer ab als beispielsweise bei den Säugetieren – wenn man von einzelnen Bereichen des Genoms absieht. Darunter fällt unter anderem der Abschnitt, der mit dem Gesang der Vögel zusammenhängt.

Der Gesang der Vögel

Die Fähigkeit zum erlernten Gesang entstand mindestens dreimal an den Abspaltungen, die hin zu Singvögeln, Papageien und Kolibris führten – was bei Letzteren überrascht, da diese nicht durch besonders lautmalerische Töne auffallen. Wie beim

Menschen ist dafür das Gen *FOXP2* verantwortlich.

Die Sprachregionen im Hirn von Menschen und Vögeln machten dabei ebenfalls eine konvergente Entwicklung durch, die zu veränderter Aktivität bei 50 Genen führte – viele davon sind an der Bildung neuer Synapsen beteiligt. Während diese Neurone beim Singen und Erlernen von Gesang beziehungsweise Sprache kräftig feuern, tut sich hier im Hirn von Makaken oder Tauben kaum etwas: Beide verfügen über weniger ausgefeilte Kommunikationsmittel. Ohnehin verlassen sich Vögel wie Menschen auf ähnliche Hirnareale bei der Kommunikation. Welche Bedeutung der Gesang für die Tiere hat, zeigt sich daran, welcher hoher Anteil des Genoms vom Singen zumindest reguliert wird: Als sich Wissenschaftler um Osceola Whitney von der Duke University um die Genaktivität im Hirn zwitschernder Zebrafinken kümmerten, identifizierten sie mehr als 2700 Gene, die dadurch reguliert wurden – etwa zehn Prozent des gesamten Genoms. Sie verteilten sich in spezifischen Mustern auf alle vier Hirnareale, die mit den Lautäußerungen in Verbindung gebracht werden. Bei den Papageien ist das Gesangssystem so-



gar noch komplexer, wie Mukta Chakraborty von der Duke University und ihre Kollegen herausgefunden haben. Denn es besteht nicht nur aus der üblichen Struktur im Hirn, wie sie sich auch bei den Singvögeln findet, sondern um das Gesangszentrum befindet sich noch ein zweites, einzigartiges Sprachzentrum. Dieses erkläre womöglich, warum Papageien in der Lage sind, menschliche Sprache zu imitieren, so die Biologen.

Zähne und Geschlechter

Das Geschlecht der Vögel wird durch die sogenannten Z- und W-Chromosomen bestimmt, wobei das »W« die Weibchen bestimmt, so wie das Y-Chromosom viele männliche Säugetiere charakterisiert. Viele Säugetiere – inklusive der Menschenmänner – teilen sich eine ähnliche Evolutionsgeschichte ihres Y-Chromosoms, das mittlerweile viele degenerierte und funktionslose Gene aufweist. Doris Bachtrog von der

VOGELBÄLGER

Die bislang umfangreichste Genomuntersuchung der Vogelfamilie rüttelte kräftig am Stammbaum.