



REPTILIEN

Die Welt **der Kriechtiere**

Krokodile

Einmal kräftig zubeißen

Schlangen

Perfektioniertes Gleiten

Schildkröten

Gigantische Gärtner



Antje Findekle
E-Mail: findekle@spektrum.de

Liebe Leserin, lieber Leser,
ich habe vor vielen Jahren mein Herz an Chamäleons verloren. Ihre kugeligen Augen, die vorsichtig tastenden Bewegungen und dann die so unerwartet heraus-schnellende Zunge, wenn sie etwas Fressbares erspürt haben – ich könnte ihnen stundenlang zusehen.

Doch die Welt der Reptilien bietet noch weit mehr Faszinierendes. Wann zum Beispiel verloren die Schlangen ihre Beine? Wie kräftig beißt ein Krokodil zu? Und warum sind die Riesenschildkröten auf Galapagos gigantische Gärtner? Kommen Sie mit auf Entdeckungsreise!

Eine spannende Lektüre wünscht Ihnen

Erscheinungsdatum dieser Ausgabe: 08.06.2020

Folgen Sie uns:



CHEFREDAKTEUR: Dr. Daniel Lingenhöhl (v.i.S.d.P.)

REDAKTIONSLEITERIN: Alina Schadwinkel

ART DIRECTOR DIGITAL: Marc Grove

LAYOUT: Oliver Gabriel, Marina Männle

SCHLUSSREDAKTION: Christina Meyberg (Ltg.),

Sigrid Spies, Katharina Werle

BILDREDAKTION: Alice Krüßmann (Ltg.), Anke Lingg, Gabriela Rabe

PRODUKTMANAGEMENT DIGITAL: Antje Findekle,

Dr. Michaela Maya-Mrschtik

VERLAG: Spektrum der Wissenschaft Verlagsgesellschaft mbH,

Tiergartenstr. 15–17, 69121 Heidelberg, Tel. 06221 9126-600,

Fax 06221 9126-751; Amtsgericht Mannheim, HRB 338114,

UStd-Id-Nr. DE229038528

GESCHÄFTSLEITUNG: Markus Bossle

MARKETING UND VERTRIEB: Annette Baumbusch (Ltg.),

Michaela Knappe (Digital)

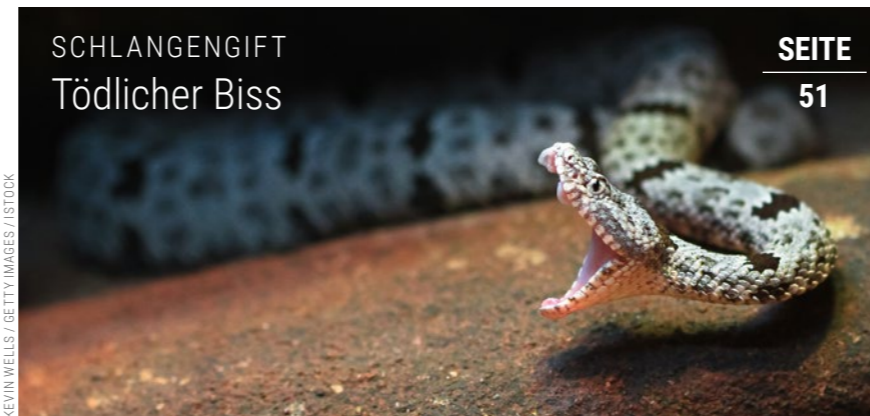
LESER- UND BESTELLSERVICE: Helga Emmerich, Sabine Häusser,

Ilona Keith, Tel. 06221 9126-743, E-Mail: service@spektrum.de

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: © 2020 (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. Für unaufgefordert eingesandte Manuskripte und Bücher übernimmt die Redaktion keine Haftung; sie behält sich vor, Leserbriefe zu kürzen.



- 18 KROKODILE
Bitte einmal kräftig zubeißen!
- 28 JAGDVERHALTEN
Lauern mit dem perfektionierten
Scanner-Blick
- 30 FOSSILIEN
Das Urkrokodil aus Bamberg
- 42 JAGDTAKTIKEN
Die Tricks der Fühlerschlange
- 61 BRUTFÜRSORGE
Auch Pythons kennen Mutterliebe
- 63 GESCHLECHTSENTWICKLUNG
Männchen oder Weibchen?
- 67 OPTIK
Wie kommt die Farbe ins Chamäleon?
- 71 UV-LICHT
Wenn das Chamäleon blau leuchtet
- 73 TIERISCHE REKORDE
Kleine Chamäleons haben
die schnellsten Zungen
- 75 BIONISCHE VORBILDER
Geckohaut bleibt auch im Feuchten
knochentrocken
- 77 HILFREICHER SCHUTZPANZER
Wie Komodowarane sich schützen
- 87 MEERESSCHILDKRÖTEN
Warme Jahrzehnte ließen fast
ausschließlich Weibchen schlüpfen

EVOLUTION

Der unwahrscheinliche Triumph der Dinosaurier

von Stephen Brusatte

War den Dinosauriern die Vorherrschaft im Erdmittelalter quasi vorbestimmt? Neue Fossilien und Analysen zeichnen ein anderes Bild: Der Anfang der »schrecklichen Echsen« verlief vermutlich viel bescheidener.



Um die Jahrtausendwende, als ich mich als Teenager zum ersten Mal für Fossilien begeisterte, baute das Field Museum in Chicago sein *Brachiosaurus*-Skelett ab und stellte dafür einen *Tyrannosaurus rex* auf. Damit wurde eine Dinosaurierikone gegen eine andere ausgetauscht: Der Pflanzen fressende Koloss, der einst das Gewicht von mehr als zehn Elefanten auf die Waagschale gebracht hatte und dessen Hals sich in einem eleganten Bogen weit über die Zuschauergalerie im zweiten Stock des Museums erstreckte, musste weichen. An seine Stelle trat das größte Landraubtier aller Zeiten – eine Bestie von den Ausmaßen eines Omnibusses, die einst mit ihren Zähnen, so groß wie Eisenbahnnägel, die Knochen ihrer Beute zermalmt hatte.

Diese Tiere beflügelten meine Fantasie. Ich besuchte sie, so oft ich meine El-

Stephen Brusatte ist promovierter Paläontologe an der University of Edinburgh (Großbritannien). Seit seinem Studium beschäftigt sich der 1984 geborene US-Amerikaner mit der Evolution der Dinosaurier und hat bereits mehrere Spezies wissenschaftlich beschrieben. Dies ist sein vierter »Spektrum«-Artikel.

tern überreden konnte, die mehr als 100 Kilometer lange Autofahrt nach Chicago zu unternehmen. Unter den riesigen Skeletten zu stehen, war berauschend: Ihre Größe, ihre Kraft, ihr Körper erschienen so fremdartig im Vergleich zu allen heute lebenden Tieren. Kein Wunder, dass sie mehr als 150 Millionen Jahre lang die Erde beherrschten; sie waren einfach großartig.

Aber wie schafften die Dinosaurier das? Über diese Frage dachte ich in meinem jugendlichen Elan kaum nach. So wie ich mir nicht richtig vorstellen konnte, dass meine Eltern auch einmal so jung waren wie ich, so ging ich einfach davon aus, dass die Dinosaurier irgendwann in ferner Vergangenheit als Riesen mit langem Hals und spitzen Zähnen auf der Bildfläche erschienen waren. Damals wusste ich noch nicht, dass ich damit ziemlich nah bei der Meinung lag, die dazu während des späten 20. Jahrhunderts in der Wissenschaft vorherrschte: Die Dinosaurier, so die allgemeine Ansicht, waren etwas Besonderes – ausgestattet mit überragender Stärke, Gewandtheit und Geschwindigkeit, so dass sie ihre anfänglichen Rivalen leicht über-

AUF EINEN BLICK

Glück in der Evolutionslotterie

01 Nach herkömmlicher Sichtweise überflügelten die Dinosaurier ihre Konkurrenz dank ihrer Überlegenheit an Schnelligkeit, Stoffwechsel sowie Intelligenz und breiteten sich daher rasch über die ganze Erde aus.

02 Neue Fossilien und Analysen stellen dieses Szenario in Frage. Demnach spielten die Dinosaurier über Jahrmillionen nur eine unbedeutende Nebenrolle.

03 Erst nachdem ihre stärksten Konkurrenten, die Vorläufer der Krokodile, am Ende der Trias weitgehend verschwanden, begann der Siegeszug der »schrecklichen Echsen«.



wanden und rasch ihre Herrschaft über die ganze Erde ausbreiteten.

In den vergangenen Jahren jedoch erschütterten eine Fülle an weltweit entdeckten Fossilien, neue Erkenntnisse über die Umweltbedingungen der ersten Dinosaurier sowie verbesserte evolutionsbiologische Verfahren diese Vorstellung. Damit kristallisierte sich eine ganz andere Geschichte heraus: Der Aufstieg der Dinosaurier vollzog sich allmählich, und die ersten 30 Millionen Jahre ihrer Existenz verweilten sie in wenigen Winkeln der Erde im Schatten anderer Tiere. Erst dank einiger glücklicher Zufälle begann ihr großer Aufschwung.

Wie viele erfolgreiche Lebewesen, so entsprangen auch die Dinosaurier einer

JAGDSZENE ZUR TRIASZEIT | Während sich im Hintergrund *Dromomeron*, ein Vorfahr der Dinosaurier, vorsichtig einem See nähert, liegt das riesige krokodilähnliche Amphib Koskinodon schon auf der Lauer nach Beute. Eine Szene wie diese war vor 212 Millionen Jahren auf dem Gebiet der heutigen Ghost Ranch im US-Bundesstaat New Mexico möglicherweise alltäglich.

Katastrophe: Vor 252 Millionen Jahren, am Ende der Permzeit, rumorte unterhalb des heutigen Sibirien ein Magmasee. Die hier lebende Tierwelt – eine exotische Mischung aus großen Amphibien, runzeligen Reptilien sowie Fleisch fressenden Vorläufern der Säugetiere – ahnte nichts von dem drohenden Unheil. Ströme aus flüssigem Gestein drangen durch Erdmantel und Erdkruste nach oben und brachen aus kilometerbreiten Rissen an der Erdoberfläche hervor. Die Eruptionen hielten einige hunderttausend, wenn nicht gar Millionen Jahre an und spien Hitze, Staub, Giftgase sowie Massen an Lava aus, die etliche Millionen Quadratkilometer der asiatischen Landschaft unter sich begruben. Die Temperaturen schossen in die Höhe, die Ozeane versauerten, die Ökosysteme kollabierten und bis zu 95 Prozent aller biologischen Arten starben aus. Die Katastrophe am Ende des Perm ging als das schlimmste Massenaussterben in die Erdgeschichte ein. Nur eine Hand voll Organismen schaffte es in die nächste geologische Periode: die Trias. Als die Vulkane sich beruhigten und die Ökosysteme sich stabilisierten, fanden die Überlebenden um sich herum

eine mehr oder weniger leere Welt vor. Unter ihnen waren verschiedene kleine Amphibien sowie Reptilien, die sich nun allmählich auseinanderentwickelten und die heutigen Frösche, Salamander, Schildkröten, Echsen und Säugetiere hervorbringen sollten.

Wissenschaftler kennen diese Tiere durch Fußabdrücke, die sie in aufeinander folgenden Sedimentschichten im Heiligkreuzgebirge im heutigen Polen hinterlassen haben. Grzegorz Niedzwiedzki, der in der Gegend aufwuchs und inzwischen als Paläontologe an der schwedischen Universität Uppsala forscht, sammelt seit mehr als 20 Jahren solche fossilen Spuren, und mitunter durfte ich ihn dabei begleiten. 2005 stieß er an einem schmalen, von Brombeergestrüpp überwucherten Bach in der Nähe des Dorfs Stryczowice auf ungewöhnliche Spuren, die zu keiner der bekannten Reptilien- und Amphibiengruppen passen wollten. Die seltsamen, etwa katzenpfotengroßen Abdrücke bildeten schmale Fährten, wobei die fünffingrigen Vorderfüße sich vor den etwas größeren hinteren Extremitäten positionierten, deren drei längere mittlere Zehen beider-

seits von jeweils einem Zehenstummel flankiert waren. Die Verursacher der Spuren tragen heute den Gattungsnamen *Prorotodactylus*. Alles, was wir über dieses Wesen wissen, verdanken wir seinen Abdrücken – Fossilien des Tiers selbst sind unbekannt.

Noch kein echter Dinosaurier

Mit einem Alter von ungefähr 250 Millionen Jahren entstanden die Spuren von *Prorotodactylus* nur eine oder zwei Millionen Jahre nach den Vulkanausbrüchen, die das Perm beendeten. Der geringe Abstand zwischen linker und rechter Spurmache von Anfang an klar, dass sie zu einer spezialisierten Reptiliengruppe gehörten: den Archosauriern. Diese Tiere entstanden nach dem Massenaussterben des Perm und entwickelten eine aufrechte Körperhaltung, dank derer sie schneller und weiter laufen und somit ihre Beute leichter verfolgen konnten. Da die Spuren von einem frühen Archosaurier stammten, könnten sie Fragen nach dem Ursprung der Dinosaurier beantworten. Nahezu unmittelbar nach ihrer Entstehung bildeten die Archosaurier zwei Abstammungslinien, die während der gan-

zen Triaszeit in einem evolutionären Rüstungswettlauf verstrickt blieben: Auf der einen Seite standen die Pseudosuchia, aus der unter anderem die heutigen Krokodile hervorgingen, und auf der anderen die Avemetatarsalia, die sich zu den Dinosauriern weiterentwickelten. Zu welchem Zweig gehörte *Prorotodactylus*?

Das wollte ich zusammen mit Grzegorz Niedzwiedzki und Richard Butler, heute an der englischen University of Birmingham, herausfinden. Unsere 2011 veröffentlichte Analyse offenbarte einige Besonderheiten der Fußabdrücke, die sie mit charakteristischen Merkmalen von Dinosaurierfüßen teilen: die Anordnung der Knochen, bei der nur die Zehen beim Laufen den Boden berühren, sowie den schmalen Fuß mit drei großen Zehen. Demnach gehörte *Prorotodactylus* zu den Dinosauriomorpha. Er war also noch kein richtiger Dinosaurier, aber ein primitives Mitglied des Zweigs der Avemetatarsalia, der auch die Dinosaurier und ihre engsten Verwandten umfasst. Die Angehörigen dieser Gruppe besaßen einen langen Schwanz, große Beinmuskeln und zusätzliche Knochen an den Hüften, die das Bein mit dem Rumpf verbanden und sie



GRZEGORZ NIEDZWIEDZKI, UPPSALA UNIVERSITET

damit in die Lage versetzen, sich schneller und effizienter zu bewegen als andere Archosaurier.

Diese ersten Dinosauriomorpha wirkten alles andere als Furcht erregend. Sie waren nur ungefähr so groß wie eine Hauskatze und liefen auf langen, dünnen Beinen. Es gab auch nicht sehr viele von ihnen: In Stryczowice gehören noch nicht

VERRÄTERISCHE FUSSABDRÜCKE | Vor rund 250 Millionen Jahren streifte *Prorotodactylus* durch das Heiligkreuzgebirge im heutigen Polen, wie diese Spuren verraten. Die Gattung gehörte zu den Dinosauriomorpha, war also noch kein echter Dinosaurier.

einmal fünf Prozent aller Fußspuren zu *Prorotodactylus*. Viel zahlreicher tauchen Spuren kleiner Reptilien, Amphibien sowie anderer Archosaurier auf. Die Zeit der Dinosauromorpha war noch nicht gekommen.

Im Lauf der nächsten 10 bis 15 Millionen Jahre entwickelten sich die Dinosauromorpha weiter auseinander. Funde aus dieser Zeit offenbaren zunächst in Polen und dann weltweit eine zunehmende Zahl verschiedenartiger Abdrücke. Die Spuren werden größer und entwickeln eine höhere Formenvielfalt. In manchen Fährten zeigen sich keine Handabdrücke mehr – die Tiere liefen demnach ausschließlich auf den Hinterbeinen. Nun tauchen auch Skelette auf. Dann, irgendwann vor 230 bis 240 Millionen Jahren, entwickelten sich einige dieser primitiven Dinosauromorpha zu echten Dinosauriern. Radikal verändert hat sich dabei aber nur der Name – der Übergang selbst bestand aus wenigen, geringfügigen anatomischen Neuerungen: Ein langer Vorsprung am Oberarm diente als Verankerung für größere Muskeln, vorstehende Platten an den Halswirbeln stützten stärkere Bänder, und ein offenes, fensterähnliches Gelenk

zwischen Oberschenkel und Becken stabilisierte die aufrechte Körperhaltung. Aber so bescheiden diese Veränderungen aussehen, sie kennzeichnen den Beginn einer großen Entwicklung.

Die ersten Fossilien, die sich eindeutig als Dinosaurier klassifizieren lassen, sind ungefähr 230 Millionen Jahre alt und stammen aus den bizarr anmutenden Landschaften des Naturreservats Ischigualasto in Argentinien. Hier suchen Wissenschaftler schon seit Jahrzehnten Fossilien, wie der legendäre US-amerikanische Paläontologe Alfred Romer (1894–1973) in den 1950er Jahren oder die argentinischen Wissenschaftler Osvaldo Reig (1929–1992) und José Bonaparte (*1928) in den 1960er Jahren. In den 1980er und 1990er Jahren leiteten Paul Serreno von der University of Chicago und Ricardo Martínez von der argentinischen Universidad Nacional de San Juan weitere Expeditionen in das Ischigualasto-Reservat. Sie stießen hier auf Fossilien von *Herrerasaurus*, *Eoraptor* und anderen Kreaturen, die alle drei Hauptäste der Dinosaurier repräsentieren: den Fleisch fressenden Theropoda, den Pflanzen fressenden Sauripodomorpha mit ihrem langen Hals

sowie den ebenfalls vegetarischen Vogelbeckensauriern oder Ornithischia, die einen Schnabel besaßen.

In der mittleren Phase der Trias, etwa vor 230 bis vor 220 Millionen Jahren, erlebten diese drei wichtigen Dinosauriergruppen ihren Aufschwung und gründeten in einer uns fremdartig vorkommenden Welt ihre eigenen Familien. Damals erstreckte sich von Pol zu Pol ein einziger Superkontinent namens Pangäa, der von dem globalen Ozean Panthalassa umgeben war. Ein behaglicher Ort sieht anders aus. Insgesamt war es auf der Erde viel wärmer als heute, und am äquatornahen Zentrum Pangäas herrschte sommersonnige Hitze, während sich die andere Hälfte der Landfläche im Winter deutlich abkühlte. Diese ausgeprägten Temperaturunterschiede führten zu heftigen »Megamonsunen«, die Pangäa in Umweltzonen mit jeweils unterschiedlichen Niederschlags- und Windverhältnissen unterteilten: eine unerträglich heiße und feuchte Äquatorregion, beiderseits flankiert von subtropischen Wüsten, an denen die etwas kühleren und viel feuchteren Regionen der mittleren Breiten angrenzten.