



Saurier-Massengrab auf Madagaskar

Mehrere Millionen Jahre vor dem Ende der Dinosaurier bildete sich aus ihren Knochen ein gewaltiges Lager auf der viertgrößten Insel der Erde. Paläontologen enthüllen dessen Geschichte.

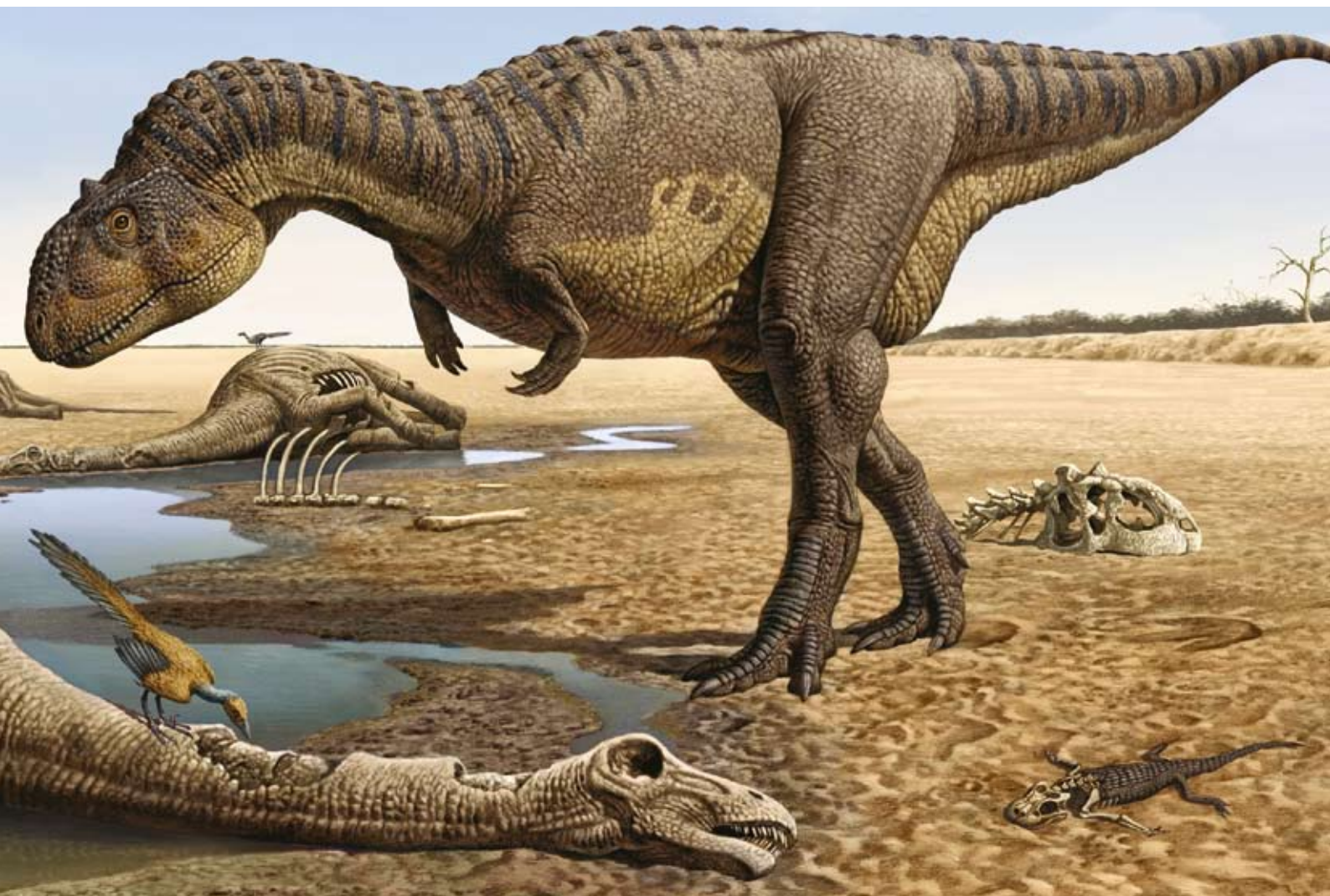
Von Raymond R. Rogers
und David W. Krause

Ein Skelett liegt auf der linken Seite, den Kopf weit nach hinten gebogen, eine typische Todeshaltung. Arme und Beine sitzen noch anatomisch korrekt. Genaueres Hinsehen zeigt: Auch die Kno-

chen von Händen und Füßen sind fast vollständig vorhanden, wenn auch teilweise verschoben. Der Schädel besteht ebenfalls aus mehreren getrennten Teilen. Zusammengehörige Stücke liegen aber noch beieinander. Merkwürdigerweise fehlt die Schwanzspitze.

Nahebei finden sich mehr Skelette. Auffälligerweise sind sie unterschiedlich

komplett und die Knochen zudem mal mehr, mal weniger gut erhalten. Bei einigen Skeletten fehlen kaum Teile, bei manchen liegen die Knochen sogar noch in ziemlich korrekter Position. Andere Funde sind weniger vollständig. Teils existiert nur noch der Schädel oder ein Schulterblatt oder ein einzelner Bein-knochen.



Warum wirken diese Knochenreste so verschiedenartig – warum bietet die Szenerie ein solches Durcheinander? Verendeten all diese Tiere am Fundort? Oder kamen ihre Überreste erst später dorthin? Starben sie überhaupt zur gleichen Zeit? Vor allem: Warum ließen sie hier so zahlreich ihr Leben?

Unser Team – madagassische und amerikanische Paläontologen und Geologen – entdeckten das Massengrab im Sommer 2005 im Nordwesten Madagaskars. Wie üblich, gaben wir dem Fundort zuerst eine Bezeichnung: MAD05-42, was die Insel, das Fundjahr und die laufende Nummer von Fossilfundstätten in dem Gebiet benennt. Anschließend identifizierten wir die Skelette und Knochenreste. Da wir in der Gegend schon länger paläontologisch arbeiteten, konnten wir die einzelnen Tierarten bald bestimmen. Überwiegend handelte es sich um Relikte verschiedener Dinosaurier.

Faszinierenderweise ist dies nicht das einzige Massengrab dieser Art, auf das wir in Nordwestmadagaskar stießen. Während der mittlerweile gut zehn Jahre, in denen wir in der halbtrockenen Grassteppe in der Umgebung des Dorfs Berivotra geologische Studien durchführen, begegnete uns wiederholt Ähnliches. Nicht selten fanden wir sogar mehrere Massengräber in übereinanderliegenden Schichten, jede voller Dinosaurierfossilien, und jedes Lager ein Sammelsurium von großen wie kleinen Arten, von jungen und alten Tieren. Rätselhaft war allerdings, wie diese Ansammlungen entstanden sind. Warum gab es gerade hier so viele davon, und wieso hatten sich die Knochen und Skelette häufig so gut erhalten?

Die Antworten steckten im Gestein. Um sie zu finden, mussten wir die Ablagerungen datieren, also geologische Methoden anwenden, und wir mussten die

▲ Auf Madagaskar starben Dinosaurier bei anhaltender Dürre oft an Wasserlöchern. Vorn liegt ein Elefantenfußdinosaurier der Gattung *Rapetosaurus*. An ihm frisst ein *Majungatholus*. Dieser Raubsaurier verzehrte auch Artgenossen (hinten links). Das Fossilager enthielt zudem Knochen von frühen Vögeln, hier die Gattung *Rahonavis*.

Begleitumstände des Sterbens sowie der Einbettung, Fossilisation und Lagerung erforschen, das heißt taphonomische Studien durchführen.

Nur in unseren Labors in den USA war es möglich, die fossilen Knochen eingehend genug zu untersuchen. Folglich mussten wir die gebrechlichen Gebilde aus dem umgebenden Gestein heraushauen und dann zum Transport herrichten. Die über den Fossilien liegenden Sedimente konnten wir zunächst mit Schaufeln und speziellen Geologenhäm- ▷



FOTOS DIESER DOPPELSEITE: RAYMOND R. ROGERS

▷ mern entfernen. Danach griffen wir zu Zahnarztbesteck und feinen Pinseln, denn die Oberfläche der Knochen war hochempfindlich und durfte nicht beschädigt werden. Jedes freigelegte Teil kartierten und fotografierten wir. Auch die Lagebeziehungen der Einzelstücke zueinander hielten wir genau fest. Als Nächstes tränkten wir die Knochen mit einem stabilisierenden Leim. Dann umhüllten wir sie noch sorgfältig mit Sackleinen und Gips – was sich später gut wieder entfernen lässt. Nachdem dieser Schutzmantel ausgehärtet war, nummerierten und katalogisierten wir die Fos-

silien. Nun endlich konnten wir sie für die lange Reise verpacken. Erst in unseren Labors würden wir vorsichtig die letzten anhaftenden Sedimentreste abkratzen und die Knochen akribisch auf Besonderheiten hin prüfen, vor allem auf Anzeichen von Todesursachen.

Wie alt ist das Dinosaurier-Massengrab? Bereits am Fundort erkannten wir, dass es in einer Schicht liegt, die bei den Fachleuten Maevarano-Formation heißt. Jene Formation erstreckt sich ein paar Dutzend Meter unterhalb der so genannten Kreide-Tertiär-Grenze: dem markanten Schnitt vor rund 65 Millionen

Jahren, als nicht nur fast alle Dinosaurier (nur nicht die Vögel), sondern auch viele andere Organismen ausstarben. Unser Fossilager befand sich 44,5 Meter unter dem Horizont aus der Zeit jenes Massenaussterbens, war somit deutlich älter.

Desaster lange vor der globalen Katastrophe

Es lag zudem 14,5 Meter tiefer als die lokale Obergrenze der Maevarano-Formation. Die Schichten vulkanischen Gesteins unmittelbar unterhalb dieser Formation bildeten sich Radioaktivitätsmessungen zufolge vor etwa 88 Millionen Jahren. Direkt über der Formation, teils auch in sie eingebettet, konnten wir Meeresablagerungen bestimmen, die von den Gezeiten an der Westküste der Insel stammen. Diese Sedimente enthalten Schalen von Meeresmuscheln und anderen Weichtieren sowie Skelette von einzelligen Mikroorganismen, deren Alter Forscher andernorts ermitteln konnten. Jene Arten lebten gegen Ende der Kreidezeit, allerdings nicht unmittelbar davor. Nach diesen Informationen dürfte das Massengrab MAD 05-42 ungefähr 70 Millionen Jahre alt sein. Somit star-

In Kürze

- ▶ Madagaskar beherbergt **reiche Fossilstätten von Dinosauriern** aus der späten Kreidezeit. Sie zeugen von einer Reihe tödlicher Katastrophen – Millionen Jahre vor dem Untergang dieser im Erdmittelalter ökologisch so erfolgreichen Echsen.
- ▶ Wiederholt verendeten am selben Ort viele Tiere, verteilt über Wochen oder Monate. Sie starben in **Dürrezeiten** an den letzten Wasserstellen. Später begruben **Schlammfluten** der nächsten Regenzeit die herumliegenden Kadaver, die dann fossilisierten.



ben diese Tiere mehrere Millionen Jahre, bevor die großen Dinosaurier von der Erde verschwanden, und aus anderen Gründen. Mit der Katastrophe am Ende der Kreidezeit hatte dieser Friedhof offensichtlich nichts zu tun.

Weitere Erkenntnisse brachten die taphonomischen Studien – die ermitteln, was während des Todes und danach geschieht. In dieses Forschungsfeld gehören verschiedenste Veränderungen an den Knochen, etwa Biss- und Brandspuren oder Knochenbrüche. Taphonomen interessiert auch, ob ein Kadaver oder Skelett nachträglich noch von Tieren verschleppt oder auf andere Weise verlagert wurde, und ob Raubtiere oder Aasfresser zunächst einzelne Teile wegbrachten. Des Weiteren ergründen sie, wie lange die Knochen noch frei lagen, wann und wie die Überreste eingebettet wurden und was ihnen später widerfuhr. Hierunter fällt auch die Fossilisation, der Prozess der Versteinerung.

Wir erkannten, dass die Dinosaurier vom Fundort MAD05-42 nicht alle gleichzeitig verendet waren. Denn manche Skelette wirkten fast unversehrt, von anderen lagen die Einzelteile weit ver-

streut herum. Außerdem erschien bei einigen Tieren die Oberfläche der Knochen intakt, bei anderen stark verwittert. Das alles kann nur bedeuten: Manche dieser Saurier müssen Wochen, vielleicht Monate später als andere gestorben sein. Genauer können wir die Zeitspanne leider nicht ermitteln. Wir wissen aber: Die ziemlich intakten Skelette dürften rasch zugedeckt worden sein, während die oberflächlich stark zersetzten vor der Fossilisierung noch eine Zeit lang frei gelegen hatten und Sonne und Witterung ausgesetzt waren. Wenn Skeletteile fehlen oder weit verstreut herumliegen, mögen mitunter auch Tiere zugegriffen haben.

Auf die Ursache des Massensterbens liefert unter anderem die geologische Geschichte Madagaskars Hinweise (siehe Karte S. 28). Vor 250 Millionen Jahren, am Anfang des Erdmittelalters oder Mesozoikums, lag dieses Land im Herzen des Großkontinents Gondwana (der südlichen Hälfte des Ur-Superkontinents Pangäa). Es steckte damals gewissermaßen zwischen Afrika und Indien und reichte im Süden fast bis ans Gebiet der späteren Antarktis. Bald danach veränderten und verschoben sich aber die fes-

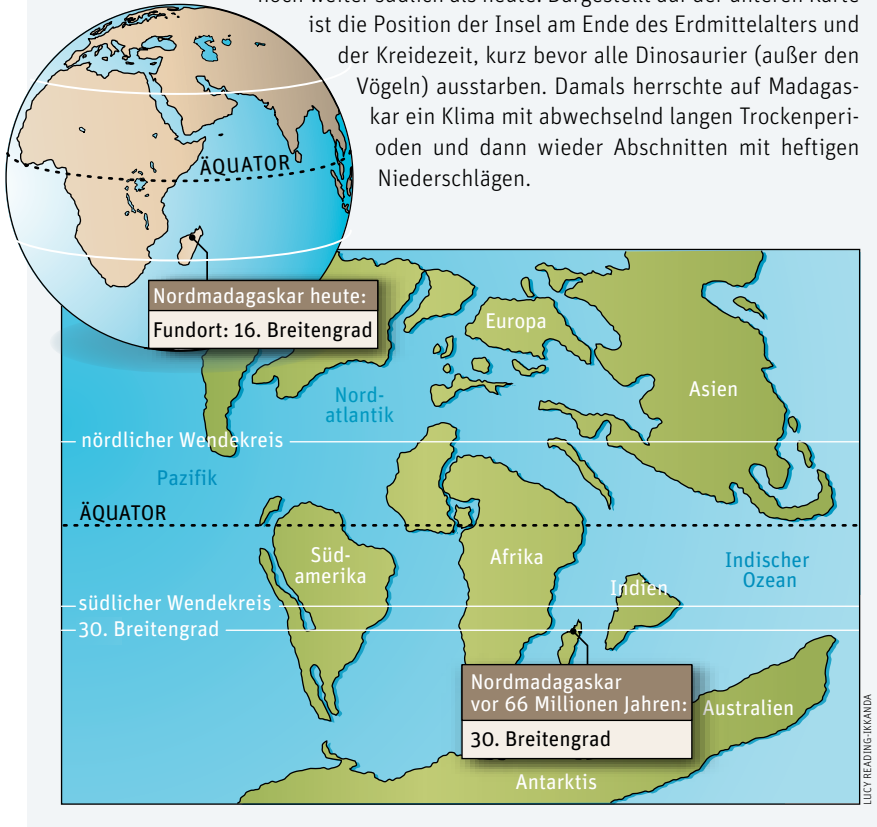
▲ Das Massengrab MAD05-42 liegt in Nordwestmadagaskar (ganz links). Unter anderem enthält es Fossilien von dem Fleisch fressenden Theropoden *Majungatholus atopus* (Mitte). Im Bild rechts unten einer seiner Unterkiefer. Bevor die Fossilien zu genaueren Studien in die USA gebracht wurden, mussten sie eingegipst und sorgsam verpackt werden (oben rechts).

ten Platten der Erdoberfläche durch tektonische Aktivitäten beträchtlich. Vor 160 Millionen Jahren, im späten Jura, hatte sich Madagaskar von Afrika getrennt und driftete nun nach Süden, mit Indien im Schlepptau. Vor 88 Millionen Jahren, in der späten Kreidezeit, verband sich Madagaskar wieder mit der afrikanischen Platte, blieb aber eine Insel, die heute an der nächsten Stelle rund 400 Kilometer vom afrikanischen Festland entfernt liegt. Da Indien und die Antarktis allein weiterdrifteten, blieb die heute viertgrößte Insel der Erde isoliert im Indischen Ozean zurück.

Nach der Vereinigung mit der afrikanischen Platte wanderte Madagaskar wieder nordwärts. So erreichte es schließ-

MADAGASKAR IN DER SPÄTEN KREIDEZEIT

ALS DIE FOSSILLAGER (schwarzer Punkt auf beiden Karten) vor 70 Millionen Jahren entstanden, war Madagaskar schon mit der Afrikanischen Platte verbunden, lag aber noch weiter südlich als heute. Dargestellt auf der unteren Karte ist die Position der Insel am Ende des Erdmittelalters und der Kreidezeit, kurz bevor alle Dinosaurier (außer den Vögeln) ausstarben. Damals herrschte auf Madagaskar ein Klima mit abwechselnd langen Trockenperioden und dann wieder Abschnitten mit heftigen Niederschlägen.



▷ lich seine heutige Position: Mit der Südspitze liegt es jetzt auf dem südlichen Wendekreis, der etwa dem 23. Breitengrad entspricht. Im Norden erreicht es den 12. Breitengrad und damit tropische Höhen. Vor 70 Millionen Jahren befand sich die Insel noch wesentlich weiter südlich. Der Norden lag damals erst auf dem 30. Breitengrad.

Auf der Erde dehnen sich heute zwischen den 15. und 35. nördlichen wie südlichen Breitengraden große Wüsten und Halbwüsten. Dort regnet es selten, aber wenn, dann heftig. Das hängt mit dem Luftzirkulationssystem zwischen dem Äquator und diesen Breiten zusammen (nach einem namhaften britischen Meteorologen Hadley-Zelle genannt). Heiße, trockene Luftmassen, die am Äquator aufgestiegen und abgerechnet sind, wandern in großer Höhe polwärts, kühlen ab und sinken über den Wendekreisen wieder ab, wo sie erneut aufgeheizt werden und den Gebieten Feuchtigkeit entziehen. Der durch die absteigende Luft verursachte hohe Luftdruck hält zudem Regen die meiste Zeit fern.

Die Gesteine der Maevarano-Formation deuten klar darauf hin, dass auf Madagaskar in der späten Kreidezeit solch ein wechselhaftes, halbtrockenes subtropisches Klima herrschte – mithin stark von Jahreszeiten geprägte Bedingungen: lange Trockenzeiten, die manchmal von kräftigen Regenperioden unterbrochen wurden. Besonders bezeugen das die roten Paleosole, die urzeitlichen oxidierten Böden. Sie enthalten vorzüglich bewahrte, lange, senkrechte ehemalige Wurzelgänge. Auch heutzutage wachsen die Wurzeln vieler trockenangepasster Pflanzen in dieser Weise (siehe Kasten S. 31). Dadurch erschließen sie tiefe Wasser- und Nährstoffschichten. Ein anderes Zeichen für Trockenheit sind die Krusten oder Klumpen aus Kalziumkarbonat um oder an vielen der alten Wurzelgänge. Dieses Mineral reichert sich heutzutage gern in oxidierten Böden trockener und halbtrockener Regionen an, wo die Verdunstung selten durch Niederschläge kompensiert wird.

Andere Sedimente lagerten sich damals in flachen, sandigen Flüssen ab. Auch diese Flüsse erzählen von subtropischen Verhältnissen, denn anscheinend führten sie nicht immer – vermutlich nur saisonal – Wasser, dann aber offenbar reichlich. Wenn das Wasser strömte, entstanden in Fließrichtung weisende



charakteristische Muster sich überlagernder Rippeln und Sandbänke. Geologen sprechen von Schrägschichtung. Zeitweise enthielten die Flüsse wohl gar kein Wasser, in anderen Phasen nur eine dicke Brühe aus Schlamm und Sand.

Augenscheinlich pflegten Dinosaurier und viele andere Tiere diese Flüsse aufzusuchen, meist sicherlich zum Trinken, teils wohl zum Fressen, vielleicht manche auch zum Schutz. So beherbergt eines der alten Flussbetten die Knochen der Fundstelle MAD05-42.

Finden Paläontologen Einzelfossilien, lässt sich die Todesursache oft nicht ergründen. Es gibt zu viele Möglichkeiten, warum ein Tier verendete. Anders ist das bei Massenlagern wie hier in der Maevarano-Formation: Dort lassen sich die Zusammenhänge vielfach besser erfassen

und somit mögliche Todesursachen eingrenzen.

Uns fiel auf, dass die verschiedenen madegassischen Knochenlager in der Regel Tierarten verschiedener systematischer Gruppen enthalten und dass nicht an jedem Fundort dieselben Arten liegen. Bei MAD05-42 fanden wir hauptsächlich diverse Dinosaurier.

Auf der Spur von Massenmord

An der Fundstätte MAD93-18 entdeckten wir nicht nur drei Dinosaurierarten, sondern auch Fische und Schildkröten, Schlangen, Krokodile, des Weiteren Vögel und Säugetiere (siehe Kasten unten). Demnach konnte es damals ohne Unterschied jeden treffen. Die Größe eines Tiers, sein Alter, seine Lebensweise oder Stammesverwandtschaft hatten anschein-

end letztlich wenig Einfluss. Folglich durften wir ausschließen, dass irgendwelche Raubtiere, also etwa Fleisch fressende Dinosaurier oder Krokodile, die Verheerungen angerichtet hatten.

Hinweise auf grassierende Krankheiten fanden wir ebenfalls keine – solche Nachweise an Knochenfossilien sind jedoch zugegebenermaßen schwierig. Plötzlich aufgetretene Naturkatastrophen – etwa Erdbeben, Überschwemmungen oder Flächenbrände – kommen nach unseren Untersuchungen auch nicht als Ursache für den Massentod in Frage. Denn dann wären diese Tiere gleichzeitig gestorben und ihre Überreste ähnlich gut konserviert.

Trotzdem vermuten wir, dass all diese Fossilager letztlich aus immer demselben Grund und auf ähnliche Weise entstanden, weil sich die gleichen Verhältnisse

WIEDERHOLTES MASSENSTERBEN

IM KREIDEZEITLICHEN MADAGASKAR fanden Tiere immer wieder am selben Ort gehäuft den Tod. Das belegt am deutlichsten der Fundort MAD93-18, einer der ersten, den Paläontologen entdeckten. Dort liegen drei Lagen mit jeweils vielen Fossilien in getrennten Schichten übereinander. Unter anderem kamen fast vollständige Skelette des Sauropoden *Rapetosaurus*, eines

riesigen Pflanzenfressers, zum Vorschein (Bild rechts). Im Bild oben links werden die Knochen dieses Kolosses eingegipst und verpackt.

Zudem entdeckten die Forscher Überreste vieler weiterer, bisher unbekannter Tiere. Dazu gehören auch die zarten Knochen des urtümlichen Vogels *Rahonavis ostromi* (Bild unten links).



RAYMOND R. ROGERS



CATHERINE FORSTER, STONY BROOK UNIVERSITY



DESIRE RANJANARISATA, CENTRE VAL BIO

▷ wiederholten. Verursacht war das Massensterben stets durch eine fatale Dürrezeit, davon sind wir überzeugt.

Dazu entwickelten wir das folgende Szenario: Die Tiere, deren Fossilien nun an derselben Stätte und in derselben Fundschicht liegen, hatten diesen Ort unabhängig voneinander, wohl meist auch nacheinander, aufgesucht. Wegen zunehmenden Wassermangels sammelten sie sich mehr und mehr an den letzten Wasser- und Schlammputzen in den austrocknenden Flussbetten. Geschwächt, wie sie waren, blieben sie dort. Als auch diese Ressourcen allmählich versiegt, gingen viele Tiere eines nach dem anderen ein. Manche starben vielleicht direkt an Austrocknung, andere an

Hitzschlag. Einige verhungerten, wieder andere mögen sich mit fauligem oder verseuchtem Wasser vergiftet haben. Denn in den brühwarmen, schlickigen Tümpeln könnten fatale Algenblüten aufgetreten sein. Zumindest entdeckte Michael Zavada von der East Tennessee State University in Johnson City, ein Experte für Pollen aus der Kreidezeit, im Gestein an den Knochenfossilien Algensporen. Noch steht allerdings der Nachweis aus, dass diese Sporen tatsächlich zu potenziellen Giftalgen gehörten.

Diese Bilder sind von häufig beobachteten Vorkommnissen in heutigen heiß-trockenen Regionen Afrikas und Inneraustraliens angeregt, in denen Tiere in regenlosen Jahreszeiten oft ebenfalls in

großer Zahl an gemeinsamen Orten sterben, sei es durch Hitze, Wassermangel oder dergleichen. Forscher kennen von dort regelrechte Todeszonen, wo das Wild in Dürrephasen Jahr um Jahr die wenigen noch vorhandenen Wasserstellen aufsucht, dort verharret und irgendwann dahinsieht, wenn der Regen zu lange ausbleibt. In vielen Jahren sterben dann an derselben Stelle Tausende, manchmal sogar Zigtausende von Tieren. Ähnliches könnte sich wiederholt in Flussbetten des kreidezeitlichen Madagaskar zugetragen haben.

Was aber führte dazu, dass die Skelette der Dinosaurier bis heute erhalten blieben, noch dazu viele so hervorragend konserviert? Denn frei auf dem Boden

FESTMAHL FÜR DINO-KANNIBALEN

ÜBER HERUMLIEGENDE KADAVER machen sich in heutigen Ökosystemen verschiedenste Organismen her, von Bakterien bis zu kleinen und großen Fleischfressern. Das war in der Kreidezeit nicht anders. Zum Beispiel fanden wir zusammen mit Eric M. Roberts, der heute an der Witwatersrand-Universität in Johannesburg arbeitet, im einst schwammartigen Inneren der Knochen zentimeterlange ovale Gruben (Bild oben rechts). Sie dürften von Käferlarven stammen. Aaskäfer müssen in den Kadavern Eier abgelegt haben. Die Larven fraßen ebenfalls das Fleisch, bohrten sich dann aber zum Verpuppen in die Knochen (Bild unten rechts).

AUCH FLEISCH FRESSENDE DINOSAURIER gehörten eindeutig zu den Nutznießern, darunter der sieben Meter lange Theropode *Majungatholus atopus*. Zusammen mit Kristina Curry Rogers vom Wissenschaftsmuseum von Minnesota in St. Paul konnten wir seine Bissspuren nachweisen. Er hinterließ sie an mindestens drei Fundorten an etlichen Knochen. Von anderen Fleischfressern können diese Kerben mitsamt den feineren Einritzungen darin nachweislich nicht herrühren. Ihre Größe und ihr Abstand sowie die Ritzspuren passen aber genau zum Gebiss dieses Raubosauriers mit seinen scharfen, spitzen, mit Sägekanten versehenen Zähnen (Bild unten links).

Ein paar jener Knochen mit Kerbspuren gehörten Vertretern des Pflanzen fressenden Sauropoden *Rapetosaurus*. Diese Art beschrieb Curry Rogers erstmals. Die meisten jedoch, überwiegend Rippen und Wirbel, stammten von *Majungatholus* selbst. Es ist auch heute nicht ungewöhnlich, dass Tiere tote Artgenossen fressen. Deswegen nehmen Forscher an, dass unter Dinosauriern Kannibalismus vorkam. Allerdings ist dies der erste klare Nachweis solchen Verhaltens. Leider wissen wir bisher nicht, ob jene Raubosaurier ihre Artangehörigen vorher getötet hatten oder sich nur über deren Kadaver hermachten.



RAYMOND R. ROGERS



MARYLOU STEWART, STONY BROOK UNIVERSITY



RAUL MARTIN

herumliegende Kadaver, die Wind und Wetter, Mikroorganismen und allerlei Getier ausgesetzt sind, verschwinden im Allgemeinen schnell. Nicht nur Aasfresser und Kleinstlebewesen machen sich unverzüglich darüber her. Auch was sie übrig lassen, zerfällt bald und gelangt wieder in die ökologischen Kreisläufe. Die Sonne bleicht langsam, aber unaufhaltsam selbst die massiven großen Knochen aus, die schließlich zersplittern und zu Staub zerfallen. Ein Fossil entsteht nur dann, wenn der Kadaver oder das Skelett bald nach dem Tod des Tiers abgedeckt wird. Somit war eine möglichst rasche Einbettung in Sedimente oder andere Ablagerungen stets das entscheidende Ereignis, dank dessen wir heute

überhaupt auf Reste urzeitlicher Organismen stoßen. In der Paläontologie sichert sozusagen nur ein rasches Begräbnis Unsterblichkeit.

In unserem Fall hatten wir aus Forschersicht dieses Glück. Die mörderischen Dürreperioden im damaligen Madagaskar währten nicht ewig. Irgendwann wurden sie wieder von heftigen Regenfällen abgelöst. Wassermassen überfluteten nun die zuvor trockenen Flussbetten und wühlten dabei Unmengen grünen Schllick und Sand auf. Dadurch bildete sich ein dicker Brei, der sich an und auf den Dinosaurierknochen ablagerte. Wir können erkennen, dass es sich um einen zähen Schlammfluss handelte, in dem Verwirbelungen nicht aufkom-

men konnten. Vielmehr bewegte sich dieser Brei wie eine dickflüssige Paste. Solche Schlammfluten kennen wir auch heute. Die verheerenden Schlammrutsche in Guatemala vom Oktober 2005 sind ein Beispiel. Sie entstanden wegen der starken Niederschläge, die der Hurrikan Stan brachte. Damals wurden viele hundert Menschen in den Tod gerissen.

In Madagaskar bedeckten solche Schlammmassen die vielen dicht beieinanderliegenden Tierleichen und Skelettreste. Unter Umständen wiederholte sich das Ganze im folgenden Jahr wieder. Später härteten die Sedimente aus. Die Knochen versteinerten mit der Zeit. 70 Millionen Jahre verstrichen, bis Paläontologen sie wieder ausgruben. ◀

WAS DIE STEINE ERZÄHLEN

DIE FUNDSTELLE MAD05-42 liegt im Bett eines ehemaligen sandigen Flusses. Dessen Wasserführung muss stark geschwankt haben, denn immer wieder lagerten sich in der Strömung Sand- und Schllickmengen ab, welche die Knochen zudeckten. Sie bildeten stromabwärts weisende Rippeln, die sich mit der Zeit zu Serien schräger Schichtungen über-

einanderlagerten (Bild oben und unten links). Dass in der Gegend oft Dürre herrschte, beweisen senkrechte Wurzelgänge in anderem Gestein (Bild unten rechts). Sie stammen von Pflanzen, die sehr tief im Boden Wasser aufnehmen mussten. Auch Kalk-Knötchen bei den Wurzeln bezeugen ein semiarides Klima mit monatelangen Trockenzeiten.



DIESE 3 FOTOS: RAYMOND R. ROGERS



Raymond R. Rogers (oben) und **David W. Krause** erforschen die spektakulären Fossilager Madagaskars seit 1996. Rogers ist Professor und Leiter der Abteilung Geologie am Macalester-College in St. Paul (US-Bundesstaat Minnesota) sowie wissenschaftlicher Mitarbeiter am dortigen Wissenschaftsmuseum und am Field Museum in Chicago. Krause ist ebenfalls wissenschaftlicher Mitarbeiter am Field Museum. Er hat eine Professur in der Abteilung der Anatomiewissenschaften an der Stony-Brook-Universität in New York.



Tiere der Urzeit. Im Reich der Dinosaurier und anderer Kreaturen. Spektrum der Wissenschaft, Dossier 1/2005

Der Tag, an dem die Erde brannte. Von David A. Kring und Daniel D. Durda in: Spektrum der Wissenschaft 2/2005, S. 48

Madagaskar und die ersten Dinosaurier. Von John J. Flynn und André R. Wyss in: Spektrum der Wissenschaft 11/2002, S. 26

Monster aus Madagaskar. Von John J. Flynn und David W. Krause in: National Geographic Deutschland, August 2000

The natural history of Madagaskar. Von Steven M. Goodman und Jonathan P. Benstead (Hg.). University of Chicago Press, 2004

Cannibalism in the Madagascan dinosaur *Majungatholus atopus*. Von Raymond R. Rogers, David W. Krause und Kristina Curry Rogers in: Nature, Bd. 422, S. 515, 3. April 2003

Monsters of Madagaskar. Von John J. Flynn und David W. Krause in: National Geographic, Bd. 198, Heft 2, S. 44, August 2000

Weblinks zu diesem Thema finden Sie unter www.spektrum.de/artikel/893110.