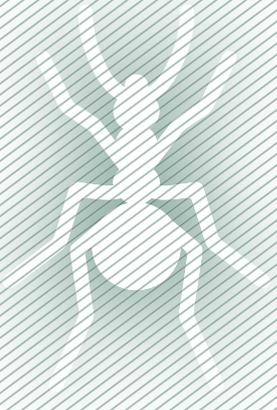


UNTER RICHTS MATERI ALIEN

VOL. I

SAURIER-MASSENGRAB AUF MADAGASKAR

VON ANKE RICHERT



Im Sommer 2005 entdeckten Paläontologen und Geologen ein Saurier-Massengrab im Norden Madagaskars. Die unterschiedlich gut erhaltenen Skelette lagen in verschiedenen Sedimentschichten, jedes Lager ein Sammelsurium von großen wie kleinen Arten, von jungen und alten Tieren. Wieso starben die Tiere? Und wie kommt es zu dem unterschiedlichen Zustand der Skelette? Anhand geologischer und paläoklimatischer Befunde enthüllen Paläontologen diese Geschichte.

INFORMATIONEN FÜR DIE LEHRKRAFT AUF EINEN BLICK:

Klassenstufe	12
Fach/Fächer	Biologie
Bildungsplanbezug	Evolution und Ökosysteme
Kompetenzbereich(e)	Die Natur erkennen und verstehen; biologische Erkenntnisse und ihre Anwendungsbereiche erfassen
Medien	Atlas, Internet
Materialien	Arbeitsblätter: Aufgabenblatt (mit Möglichkeit zur Binnendifferenzierung), Materialblätter Basisartikel: Rogers, R. R.; Krause, D. W.: Saurier-Massengrab auf Madagaskar; Spektrum der Wissenschaft, August 2007; S. 24–31

DIE MATERIALIEN BIETEN DIE MÖGLICHKEIT ZUR BINNENDIFFERENZIERUNG ÜBER DIE AUFGABEN:

Niveau 1: Basisniveau: stark gelenkt

Niveau 2: gelenkt; eigenständigeres Arbeiten mit dem Material

Niveau 3: komplexere Aufgabenstellung, eigenständige Arbeit mit dem Material

SAURIER- MASSENGRAB AUF MADAGASKAR

»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 Knochen 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. (...)«

Im Sommer 2005 entdeckten madagassische und amerikanische Paläontologen und Geologen in der halbtrockenen Grassteppe im Nordwesten Madagaskars ein Massengrab von Sauriern. Überwiegend handelte es sich um Relikte verschiedener Saurierarten. Die Funde waren unterschiedlich komplett und erhalten – teils völlig erhalten und in korrekter Position, teils existieren nur noch einzelne Knochen.

Weitere Studien in der Gegend ergaben, dass sich dort noch mehr Massengräber fanden, die neben Dinosauriern auch andere Arten wie Fische, Schildkröten, Schlangen und Krokodile, aber auch Vögel und Säugetiere enthielten. Häufig lagen diese in übereinanderliegenden Schichten, »(...) jede voll mit 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?«

M1

Quelle:
Spektrum der Wissenschaft,
August 2007; S. 24–31

AUFGABEN (NIVEAU 1):

- 1 Ordnen Sie Saurier einer Wirbeltierklasse zu und nennen Sie typische Merkmale.
- 2 Lage, Zustand und Verteilung der Fossilien gaben immer wieder Fragen auf: Wieso waren Lage und Zustand so unterschiedlich – teils völlig erhalten und in korrekter Position, teils nur noch einzelne Knochen? Wieso lagen diese in verschiedenen Schichten? Wann sind sie gestorben?
 - 2.1 Skizzieren Sie die Lage der in M 2 genannten Schichten; schätzen Sie das Alter der Fossilienfundstätte ab (M 5). Überprüfen Sie die Hypothese, das Massengrab stünde in direktem Zusammenhang mit dem globalen Sauriersterben am Ende der Kreidezeit.
 - 2.2 Erläutern Sie die beschriebenen Methoden zur Altersdatierung von Fossilien.
 - 2.3 Geben Sie eine mögliche Erklärung für Zustand und Verteilung der gefundenen Knochen (M 3).
- 3 Die Gründe für das massenhafte Sterben der Dinosaurier und anderer Tiere auf Madagaskar erschienen zunächst unklar. Für das Verständnis der Vorgänge zogen Forscher neben plattentektonischen auch paläoklimatische Betrachtungen heran.

3.1 Informieren Sie sich mit Hilfe von M 6 und der Animation (alternativ: M 8) über die geografische Lage Madagaskars vor ca. 70 Millionen Jahren und heute.

Quelle: http://www.webgeo.de/g_007, S. 3

3.2 Vergleichen Sie die herrschenden klimatischen Bedingungen sowie die potenzielle natürliche Vegetation (M 4/6, Atlas). Tragen Sie die Ergebnisse in die Tabelle ein:

Nordmadagaskar	vor 70 Millionen Jahren	heute
geografische Lage		
Klima		
potenzielle natürliche Vegetation		

3.3 Erläutern Sie, wie es zur Bildung der langen Wurzelgänge mit Kalkknötchen kommt (M 4).

4 Entwickeln Sie, basierend auf den gewonnenen Erkenntnissen, eine schlüssige Hypothese, die das phasenweise Massensterben der Dinosaurier sowie anderer Tierarten auf Madagaskar vor etwa 70 Millionen Jahren erklärt.

5 Überprüfen Sie Ihre Hypothese mit der Darstellung in M 7.

AUFGABEN (NIVEAU 2):

1 Ordnen Sie Saurier einer Wirbeltierklasse zu und nennen Sie typische Merkmale.

2 Lage, Zustand und Verteilung der Fossilien gaben immer wieder Fragen auf:

2.1 Skizzieren Sie die Lage der in M 2 genannten Schichten; schätzen Sie das Alter der Fossilien-Fundstätte ab (M 5).

2.2 Erläutern Sie die beschriebenen Methoden zur Altersdatierung von Fossilien.

2.3 Geben Sie eine mögliche Erklärung für Zustand und Verteilung der gefundenen Knochen (M 3).



3 Für das Verständnis der Vorgänge zogen Forscher neben plattentektonischen auch paläoklimatische Betrachtungen heran.

3.1 Informieren Sie sich mit Hilfe von M 6 und der Animation (alternativ: M 8) über die geografische Lage Madagaskars vor ca. 70 Millionen Jahren und heute.

Quelle: http://www.webgeo.de/g_007, S. 3

3.2 Vergleichen Sie die herrschenden klimatischen Bedingungen sowie die potenzielle natürliche Vegetation (M 4/6, Atlas). Tragen Sie die Ergebnisse in die Tabelle ein:

Nordmadagaskar	vor 70 Millionen Jahren	heute
geografische Lage		
Klima		
potenzielle natürliche Vegetation		

3.3 Erläutern Sie, wie es zur Bildung der langen Wurzelgänge mit Kalkknötchen kommt (M 4).

4 Entwickeln Sie, basierend auf den gewonnenen Erkenntnissen, eine schlüssige Hypothese, die das phasenweise Massensterben der Dinosaurier sowie anderer Tierarten auf Madagaskar vor etwa 70 Millionen Jahren erklärt.

5 Überprüfen Sie Ihre Hypothese mit der Darstellung in M 7.

AUFGABEN (NIVEAU 3):

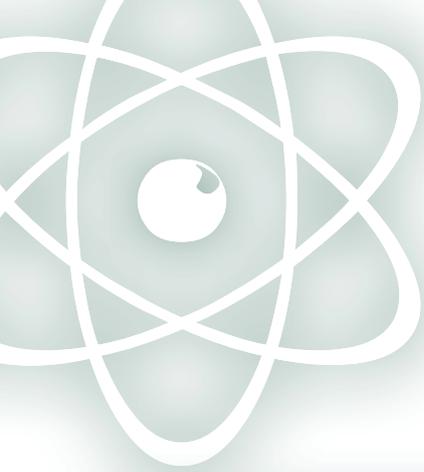
1 Ordnen Sie Saurier einer Wirbeltierklasse zu und nennen Sie typische Merkmale.

2 Lage, Zustand und Verteilung der Fossilien gaben immer wieder Fragen auf:

2.1 Schätzen Sie das Alter der Fossilien-Fundstätte ab; verdeutlichen Sie dies anhand einer Skizze.

2.2 Erläutern Sie die beschriebenen Methoden zur Altersdatierung von Fossilien.

3 Entwickeln Sie, basierend auf den vorliegenden Materialien M₁–M₆, eine schlüssige



Hypothese, die das phasenweise Massensterben der Dinosaurier sowie anderer Tierarten auf Madagaskar vor etwa 70 Millionen Jahren erklärt. Belegen Sie diese anhand der Materialien.

4 Überprüfen Sie Ihre Hypothese mit der Darstellung in M 7.

M2

FUNDORT UND ALTER

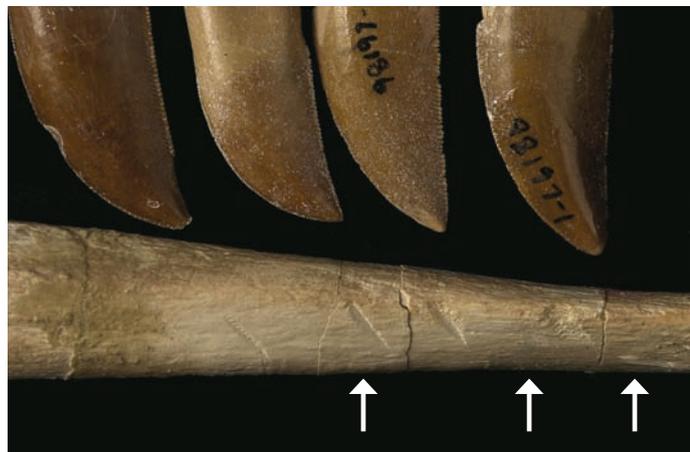
Der Fundort lag in einer Schicht, die bei Fachleuten Maevarano-Formation heißt. Sie erstreckt sich 44,5 Meter unterhalb der so genannten Kreide-Tertiär-Grenze: dem markanten Schnitt vor rund 65 Millionen Jahren, als nicht nur fast alle Dinosaurier, sondern auch viele andere Organismen ausstarben. Die 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 Sedimente enthielten Arten, die gegen Ende der Kreidezeit, allerdings nicht unmittelbar davor lebten.

M3

ZUSTAND DER SKELETTE

Untersuchungen ergaben, dass die Saurier nicht alle gleichzeitig verendet waren. Manche Skelette wirkten fast unversehrt, von anderen lagen die Einzelteile weit verstreut herum. Außerdem erschien bei einigen Tieren die Oberfläche der Knochen intakt, bei anderen stark verwittert.

*Das Foto zeigt Bissspuren des sieben Meter langen Theropoden *Majungatholus atopus*. Er hinterließ sie an mindestens drei Fundorten an etlichen Knochen, sowohl des Pflanzenfressenden Sauropoden *Rapetosaurus* als auch von *Majungatholus* selbst.*



Im Gestein an den Knochenfossilien fanden sich Algensporen; ob diese von potenziellen Giftalgen stammen, ist noch offen.

KLIMA UND VEGETATION

Die Gesteine der Maevarano-Formation deuten klar darauf hin, dass auf Madagaskar in der späten Kreidezeit ein wechselhaftes, halbtrockenes subtropisches Klima herrschte – mithin stark von Jahreszeiten geprägte Bedingungen: lange Trockenzeiten, die manchmal von kräftigen Regenperioden unterbrochen wurden. Wenn das Wasser strömte, entstanden charakteristische Muster sich überlagernder Rippeln und Sandbänke. Zeitweise enthielten die Flüsse wohl gar kein Wasser, in anderen Phasen – nach heftigen Regenfällen – bildete sich eine dicke Brühe aus Schlamm und Sand.



RAYMOND R. ROGERS

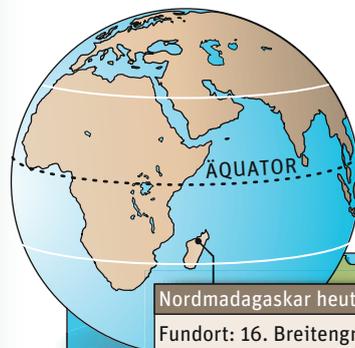
M4

In den Böden finden sich vorzüglich bewahrte, lange, senkrechte ehemalige Wurzelgänge sowie in deren Umgebung Krusten oder Klumpen aus Kalziumkarbonat. Auch die Flüsse erzählen von subtropischen Verhältnissen, denn anscheinend führten sie nicht immer – vermutlich nur saisonal – Wasser, dann aber offenbar reichlich.

M5

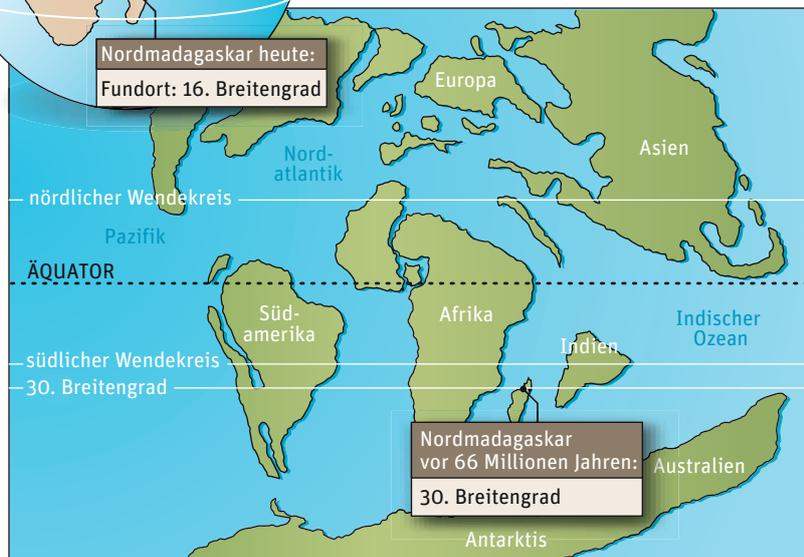
DIE ERDZEITALTER

Mio. Jahre	Zeitraum	System/Periode	Stufe	Mio. Jahre
0	Känozoikum	Quartär	Holozän	0
1,2			Pluzän	1,2
2			Miozän	2
66	Känozoikum	Tertiär	Oligozän	24
66			Eozän	66-36
100	Mesozoikum	Kreide	obere	100
145			untere	145
200	Mesozoikum	Jura	Mittlere	199
201			Obere	201
252			Untere	252
252	Mesozoikum	Trias	Spätere	252
252			Mittlere	252
252	Mesozoikum	Perm	Zweite	252
252			Erste	252
300	Paläozoikum	Karbon	obere	300
359			untere	359
359	Paläozoikum	Devon	obere	359
360			mittlere	360
360	Paläozoikum	Silur	obere	360
360			untere	360
400	Paläozoikum	Ordovizium	obere	400
444			untere	444
444	Paläozoikum	Kambrium	obere	444
444			untere	444
540	Präkambrium	Proterozoikum	obere	540
540			untere	540
2500	Präkambrium	Archaikum	obere	2500
4000			untere	4000



Nordmadagaskar heute:
Fundort: 16. Breitengrad

M6



Nordmadagaskar vor 66 Millionen Jahren:
30. Breitengrad

LUCY READING/IKANDA

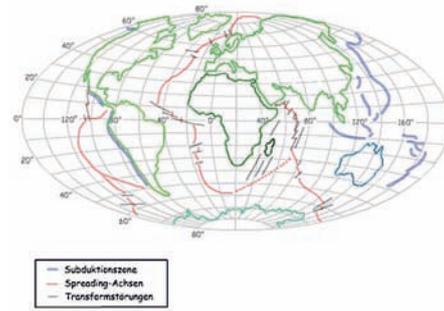
M7

Das Bild sowie den vollständigen Artikel finden Sie auf:
www.wissenschaft-schulen.de/artikel/1019258

M8

Quelle: www.webgeo/g_007;
 S. 3; auf der Grundlage von
 Press, F. & Sievers, R. (1995):
 Allgemeine Geologie.
 Animation: Renate Ziegler

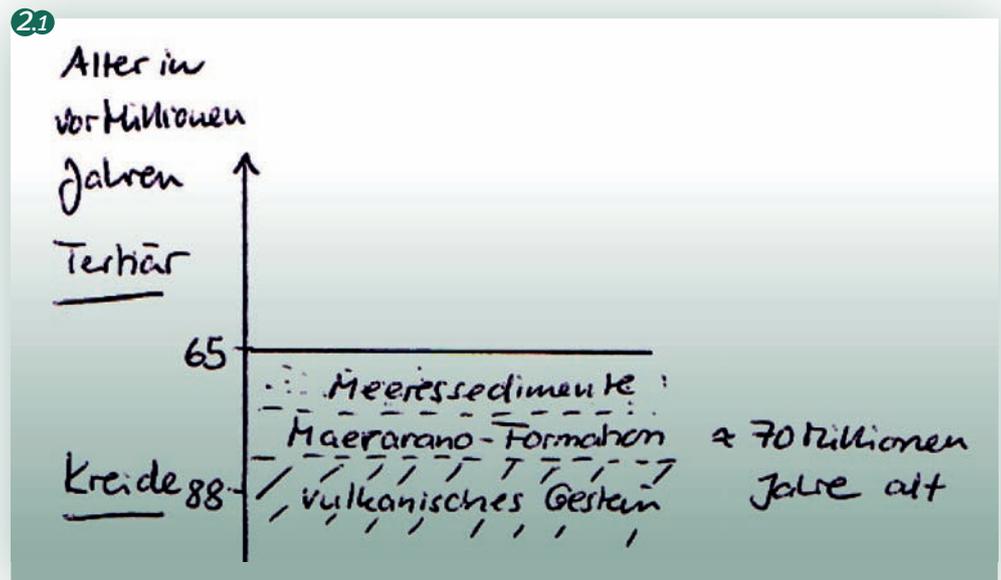
Simulation der Kontinentalverschiebung seit Beginn des Jura
 Die Erde heute



Ära	System	Chronometrie in Mio. Jahren
Känozoikum	Quartär	1.6 Pleistozän
	Tertiär	1.5 Pliozän
		2.1 Miozän
		3.7 Oligozän
		5.1 Eozän
Mesozoikum	Kreide	65 Paläozän
		Oberer
	97 Unterer	
	Jura	135 Oberer (Haut)
		160 Mittlerer (Daguer)
180 Unterer (Lias)		
Trias	205 Keuper	

LÖSUNGEN

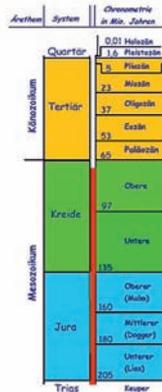
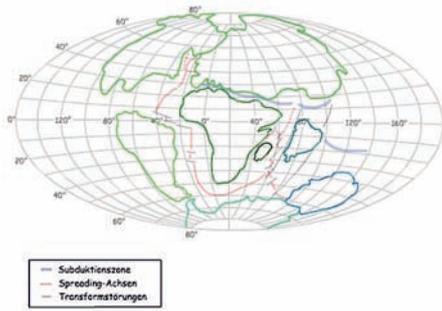
1 Reptilien: Haut mit Hornschuppen, Lungenatmung, meist beschaltete Eier (auch lebendgebärende Arten), innere Befruchtung, wechselwarm



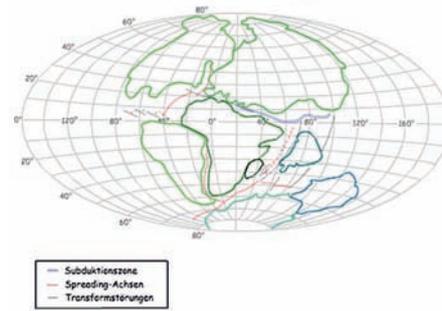
Alter der Fundstätte zwischen 88 und 65 Millionen Jahren: ca. 70 Millionen Jahre

- ▶ Kein Zusammenhang zum weltweiten Massensterben der Dinosaurier am Ende der Kreidezeit!
- ▶ Da die Funde in verschiedenen Schichten lagen, sind sie nicht gleichzeitig ausgestorben!

Simulation der Kontinentalverschiebung seit Beginn des Jura
Die Erde vor 70 Millionen Jahren



Simulation der Kontinentalverschiebung seit Beginn des Jura
Die Erde vor 135 Millionen Jahren



2.2 Absolute Altersdatierung: radiometrische Bestimmung, z. B. Kalium-Argon-Methode

(s. Lehrbücher der Biologie)

Relative Altersdatierung: Lage der Schichten (vorausgesetzt keine Reliefumkehr); Leitfossilien

2.3 »Die ziemlich intakten Skelette dürften rasch zugedeckt worden sein, während die oberflächlich stark zersetzten vor der Fossilisation noch eine Zeit lang frei gelegen und Sonne und Witterung ausgesetzt waren. Wenn Skelettteile fehlen oder weit verstreut herumliegen, mögen mitunter auch Tiere zugegriffen haben.« (s. Bissspuren von *Majungatholus atopus*)

Algensporen deuten darauf hin, dass die Knochen von Wasser/Schlamm überspült wurden

► Flussbetten, Wasserstellen

Zusatzinfo: Die meisten Bissspuren an Knochen stammten von *Majungatholus* selbst. Dies ist laut den Autoren der erste klare Nachweis dafür, dass unter Dinosauriern Kannibalismus vorkam. Unklar bleibt allerdings, ob sie ihre Artangehörigen vorher getötet haben oder sich nur über deren Kadaver hermachten.

3.1 Achtung: Anders als im Artikel (Lage Madagaskars vor 66 Millionen Jahren bei 30° S)

zeigt das Simulationsprogramm eine Lage weiter nördlich an. Trotz allem wird bei der Simulation deutlich, dass Madagaskar seine Lage im Lauf der Erdgeschichte verändert hat.

Quelle: www.webgeo/g_007; S. 3

3.2

Nordmadagaskar	vor 70 Millionen Jahren	heute
geografische Lage	ca. 30° S	ca. 12° S
Klima	wechselhaft, semiarid, subtropisch; stark von Jahreszeiten geprägt: lange Trocken-, kräftige Regenzeiten ► »Wendekreiswüsten«	tropische Feuchtklimate (Troll; Paffen) bzw. Af: tropische Klimate; alle Monate ausreichend Niederschlag (Köppen; Geiger) ► immerfeuchte Tropen
potenzielle natürliche Vegetation	trockenangepasste Pflanzen mit tiefen Wurzelgängen	tropischer Regenwald

3.3 Wurzelgänge bei trockenangepassten Pflanzen: Pflanzen erschließen sich in den Trockenperioden so tiefe Wasser- und Nährstoffschichten.

Kalkknötchen: Ausfallen von Kalziumkarbonat, wenn die Verdunstung selten durch Niederschläge kompensiert wird.

► Semiarides Klima mit langen Trockenzeiten und in der Regenzeit heftigen Niederschlägen

4 Erkenntnisse aus den Materialien:

Vor ca. 70 Millionen Jahren – noch vor dem weltweiten Verschwinden der Dinosaurier am Ende der Kreidezeit:

- Madagaskar liegt noch weiter südlich (ca. 30° S).
- Es herrscht subtropisches Klima: lange Trockenzeiten, dann wieder heftige Niederschläge.
- Es kommt phasenweise zu ausgeprägten Dürreperioden. (Wurzelgänge, Kalkknöllchen)
- Dinosaurier und andere Tiere sammeln sich um die letzten Wasserreste in austrocknenden Flussbetten. (Massengräber mit Sammelsurium von Tieren verschiedenen Alters und Arten)
- Die Tiere sterben. Mögliche Todesursachen: Austrocknung, Hitzschlag, Verhungern, Vergiftung mit fauligen oder verseuchtem Wasser (Giftalgen?), Beute (Bissspuren)
- Andere Tiere fressen Kadaver und verteilen die Skelette so, andere bleiben unversehrt. (Lage und Verteilung der Skelette)
- Heftige Regenfälle wühlen Sand und Schlick auf; die »dicke Brühe aus Schlamm und Sand« lagert sich über den Körpern ab und bedingt die Fossilisation. (Muster der Rippeln und Sandbänke)
- Trocken- und Feuchtzeiten wechseln periodisch; in der nächsten Dürreperiode wiederholt sich der Vorgang. (Massengräber/Fossilien in verschiedenen Schichten übereinander)

5 Die Abbildung zeigt

- Verschiedene Tierarten sammeln sich an den letzten Wasserresten in einem Flussbett
 - Trockenperiode/Dürre: karge Vegetation
 - Tiere verschiedener Arten sind bereits verendet; Aasfresser, auch Dinosaurier fressen die Kadaver
 - Im Bildhintergrund sind Wolken erkennbar, aus denen kräftiger Niederschlag fällt.
- Die Abbildung steht in Einklang mit der beschriebenen Hypothese!

WEITERE UNTERRICHTSMATERIALIEN FINDEN SIE AUF www.wissenschaft-schulen.de

DER ABRUF DER MATERIALIEN IST KOSTENLOS UND UNVERBINDLICH!

**HABEN SIE FRAGEN ZU DEN MATERIALIEN? DANN SPRECHEN
SIE MICH BITTE AN! ICH FREUE MICH AUF IHRE NACHRICHT:**

Frau Melanie Drese
»Wissenschaft in die Schulen!«
c/o Spektrum der Wissenschaft Verlagsgesellschaft mbH
Postfach 10 48 40
69038 Heidelberg
DEUTSCHLAND

Tel.: +49 6221 9126-852

Fax: +49 6221 9126-751

E-Mail: wis@spektrum.com

www.wissenschaft-schulen.de

Astronomie Biologie Physik

KOSTENLOSE UNTERRICHTSMATERIALIEN



Die Zeitschriften
Spektrum der
Wissenschaft und
Sterne und Weltraum
berichten über
aktuelle Fragestellun-
gen und Ergebnisse
aus Wissenschaft und
Forschung.