

Ein amerikanischer Traum

Von der Näherin zur Geologie Professorin



Frau Prof. Keller vor einem Triceratops (Saurier) in Princeton

Prolog

Aus Fachzeitschriften und Journalen habe ich von der Pionierarbeit von Frau Prof. Keller vernommen.

Ihr Wirken zeigt für mich die Sonderstellung der Geologie innerhalb der Naturwissenschaften. Es gibt auch klare Bezugspunkte zu den Geisteswissenschaften.

Frau Professor Keller hat einen wesentlichen Beitrag über den Zeitpunkt des Saueriersterbens und deren Ursachen geleistet.

Benutzte Literatur

Im Werdenberger Jahrbuch 2005, Verlag Buchs Medien Buchs SG 2004 sind zwei Beiträge zum Thema erschienen.

Eine Salezer Bauerntochter schreibt ein Kapitel der Erdgeschichte neu

Hans Jacob Reich, Salez SG

Suche nach der Ursache des Massensterbens von 65 Millionen Jahren

Gerta Keller, Princeton NJ USA

Profil, März, 2004 (Nr.12), Gestein des Anstosses, Dinosaurier, warum sie sterben mussten

Focus, April, 2004 (Nr.137), The mass extinction that wiped out the dinosaurs didn't happen just because of a meteor impact in Mexico

Facts, Februar, 2004 (Nr. 7), Die Dino Rebellin

La Recherche, October 2004 (Nr. 379), La météorite innocente.

Andere Literatur

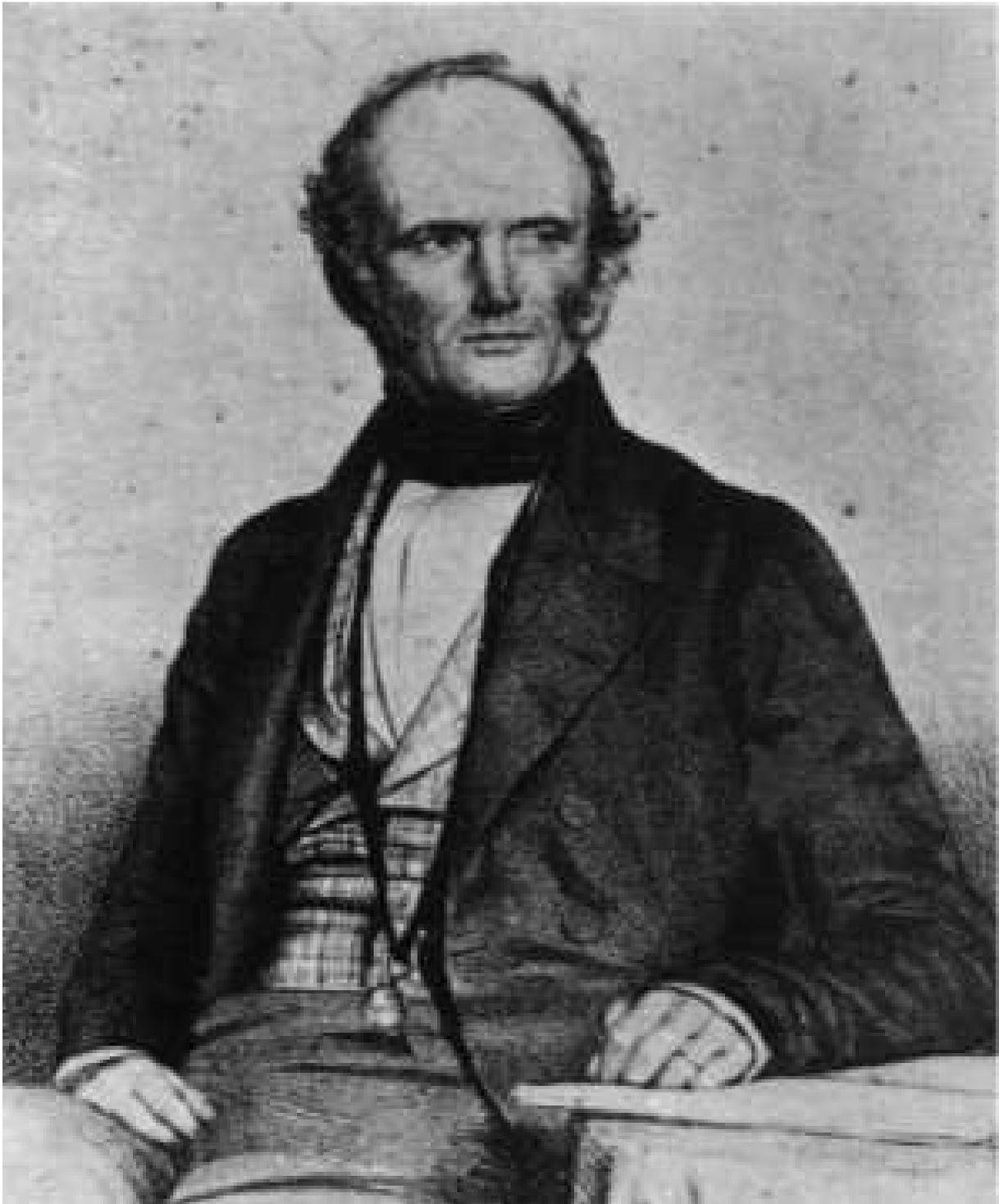
Schweizer Familie zu Gerta Keller Nr.37 2005

Spektrum der Wissenschaft zum Massensterben der Sauriere

August 2004

Geologische Denkschulen

Ab.,1



www.mnsu.edu/.../klmno/images/lyell_charles.jpg

Aktualgeologie

Sir Charles Lyell (* 14. November 1797 zu Kinnordy in Forfarshire; † 22. Februar 1875 in London) war ein britischer Geologe.

Die Ableitung geologischer Ereignisse aus der Gegenwart. Keine Katastrophen dominieren

Andere Denkschulen Plutonisten (Vulkane Ursache der schnellen Veränderungen)

Neptunisten (Wasser Triebkräfte für geologische Vorgänge)

Creationisten: (Schöpfung ohne äussere Veränderungen)

Darwinisten: Mutation und Selektion führen zu äusseren Veränderungen

Kindheit und Schulzeit in Salez



Portrait

Auf ein Wort
Bilderbuch
Einwohnerstatistik
Industrie
Ortsplan Frümsen
Ortsplan Haag
Ortsplan Salez
Ortsplan Sax
Ortsplan Sennwald
:: Portrait
Steuern



- Gemeindewappen
- Geografie
- Geschichte

Die geografische Lage

Sennwald befindet sich mitten im Rheintal und an den Hauptverkehrsachsen St. Gallen - Chur (Autobahn A 13) und Zürich - Chur (Autobahn A 3). Die Gemeinde verfügt über zwei Autobahn-Vollanschlüsse zur A 13, welche sie direkt mit den grossen Agglomerationen wie auch den Flughäfen Zürich und Altenrhein verbinden. Die Nähe zum Grenzbahnhof Buchs sowie die guten öffentlichen Busverbindungen im Rheintal, dem Fürstentum Liechtenstein und zum Raum Vorarlberg sowie die Stärken des lokalen Wirtschaftsraums bieten äusserst interessante überregionale und internationale Perspektiven.

Sennwald hat eine Fläche von 41,5 km². Sie ist die nördlichste und kontrastreichste Gemeinde der Region Werdenberg und besteht aus den Dörfern Sennwald, Frümisen, Haag, Salez und Sax. Hoch und mächtig steht den Weiten der Rheinebene das atemberaubende Bergpanorama mit den Chrüzberge, Staubere und Hoher Kasten gegenüber.

Die Gemeinde grenzt im Süden an die Gemeinden Buchs und Gams, im Osten an das Fürstentum Liechtenstein, im Norden an die Rhode Lienz (eine Exklave der Gemeinde Altstätten) und im Westen an Rüte (AI) und Wildhaus.

Der tiefste Punkt mit 431 m ü.M. befindet sich an der Lienzer Grenze im Schluch; die höchste Erhebung ist mit 2151 m ü.M. der Roslefirst hinter den Chrüzberge.

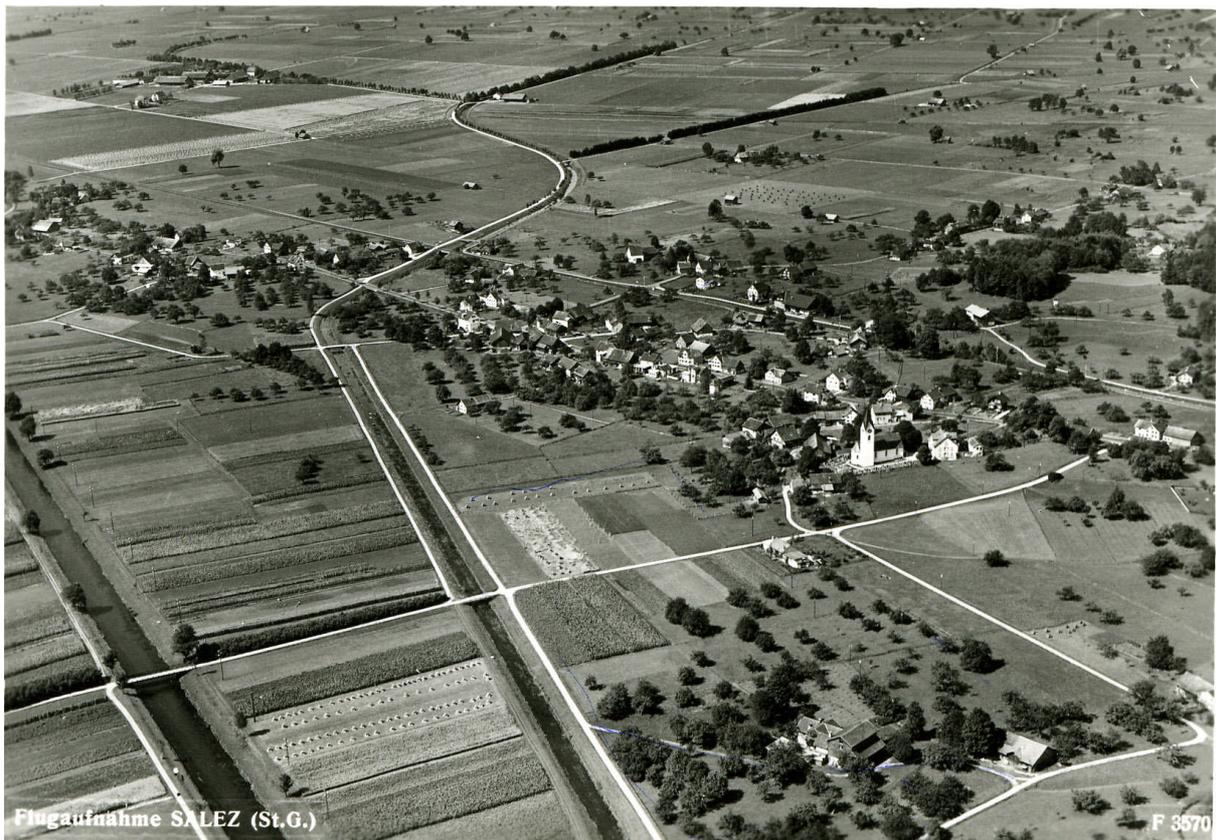


**Getrud Keller, geboren in Schaan FL am 7.03.1945
in einer Grossfamilie mit 12 Kindern .Die Eltern konnten in Gartis ein Bauerngut erwerben
Man spricht heute von Schlüsselqualifikationen und Qualitäten.
Gertrud liebte die Natur und erhielt eine gewisse Robustheit.
Sie konnte die Sekundarschule besuchen. Es fällt auf, dass sie besonderes Interesse am Zeichnen hatte. Das Beobachten und Darstellen half ihr sicher in der Geologie.
Ihr Berufswunsch war ein Doctor zu werden. Es gab damals nur eine einzige Kantonsschule in St .Gallen. innerhalb der KS war das Gymnasium ein kleinererTeil. Am meisten Mädchen waren in der Lehramtsschule**

**In Rorschach wurde ein Lehrerseminar geführt
Wollte ein Mädchen eine höhere Bildung anstreben wurde
Sie Lehrerin, Im Falle von Gerta Keller fehlten die Mittel um ein Gymnasium zu
besuchen.**

**Es existierten noch katholische Internatsschulen. Für Frauen speziell sei
Ingenbohl zu erwähnen. Erst in den 80-Jahren setzte ein Ansturm
der Mädchen in die Gymnasien ein. auch durch die Gründung von
Landmittelschulen. (KS Heerbrugg). Es gab auch private Maturitätsschulen,
die auf die eidgenössische Matura hinarbeiteten. Der Schreibende war in der
Neuen Schule anno 66-67 tätig Hier waren die Mädchen gut vertreten. Die
damals frisch gegründete Akademikergemeinschaft ist eine Kombination von
Fernunterricht und Tagesschule.**

Es setzte sich aber die Mutter durch, die eine Schneiderin in ihr sah.



Flugaufnahme von Salez SG aus den 60-er Jahren
Die Keller Farm, d.h. der Bauernbetrieb wo Gerta Keller aufgewachsen ist, ist unten rechts klar sichtbar.

Lehr und erste Wanderjahre

Frau Keller absolvierte eine Lehre als Schneiderin .Sie wollte anschliessend eine Modefachschule besuchen. Es fehlten auch hier die entsprechenden finanziellen Mittel

Es folgte verschiedene Aufenthalte im Ausland um die jeweilige Sprache zu erlernen

Ein mehrmonatige Tramptour endete mit Gelbsucht in Wien. Im Spital von Horgen wurde sie von ihrer Schwester gepflegt.

Auswanderung nach Australien

**1965 wanderte Frau Keller nach Australien aus. Sie arbeitete zunächst als Schneiderin, gab aber diesen Job bald auf um in einem Spital eine Krankenschwesterlehre zu machen. Dort wurde ihr aber nach einiger Zeit empfohlen eine medizinische Ausbildung zu machen. Es klappte aber nicht mit der Aufnahmeprüfung in die Medical school.
Einige Monate später wurde Frau Keller fast erschossen.**

Heirat und Studium in den USA

1968 traf sie mit einem Freund und einem Besuchervisum in den USA ein Dieser Freund ermutigte sie ein Studium aufzunehmen.

Sie heirateten und Frau Keller wurde US Bürgerin. Es fehlte aber das Zeugnis einer Highschool mit Abschluss.

Frau Keller erwirkte, dass sie eine Aufnahmeprüfung machen konnte, die sie bestand.

Beginn der akademischen Karriere

1968 -1970 San Francisco City College

1970-1974 State University von San Francisco

Bachelor of Arts in Anthropology

Bachelor of Science in Geology (1974).

Ihr Studium erarbeitete sie als Werkstudentin und mittels Darlehen

1974-1978 Stanford University Das Studium wurde durch ein Danford Fellowship ermöglicht.

Dr.phil der Erdwissenschaften

Postdoctorat und Dozententätigkeit

US Geological Survey in Menlo Park (1978-80)
Universität Stanford und US Geological Survey (1980-84)
Forschungsmitarbeiterin
1984- 1992 ausserordentliche Professorin in Princeton
seit 1992 Lehrstuhl für Geowissenschaften

Streit um das Ende der Dinosaurier

Wissen aus erster Hand

*Was sollen wir bloß
Papa schenken???*



Direksuche

Spektrum
DER WISSENSCHAFT
VERLAG

Zeitschriften

- [Spektrum der Wissenschaft](#)
- [Gehirn&Geist](#)
- [Sterne und Weltraum](#)
- [ASTRONOMIE HEUTE](#)
- [Abenteuer Archäologie](#)

Verlag

- [Über uns / Kontakt](#)
- [Mediadaten](#)
- [spektrumdirekt](#)
- [Spektrum PLUS](#)
- [Spektrum Audio](#)
- [wis-wissenschaft in die schulen!](#)

Bestellen

- [Abonnements](#)

Spektrum
DER WISSENSCHAFT

[HOME](#) + [INHALTSVERZEICHNIS](#) + [ARCHIV](#) + [ABONNEMENT](#) + [KONTAKT](#)

Sonderhefte
Lesershop
AGB
Warenkorb

Stellenmarkt
vdi nachrichten



wissenschaft online

- Newsletter
- Archäologie
- Astronomie
- Biologie
- Chemie
- Geowissenschaften
- Mathematik
- Medizin
- Physik
- Psychologie
- Technik
- Recherche

Unsere Zeitschriften
finden Sie in allen
Bahnhofsbuchhandlungen



[Ausgabe: August 2004]

Hauptartikel (Seite 62)
Erwin Lausch

Streit um das Ende der Dinosaurier
Nach jahrzehntelangen Debatten schien sich die Ansicht durchgesetzt...

Um die Artikel im PDF-Format zu lesen, benötigen Sie den **Acrobat Reader** von Adobe. Falls Sie dieses Programm noch nicht installiert haben, so können sie es bei **Adobe Systems** downloaden.

Der Browser unterstützt keine I-Frames

Weiterlesen?

Kein Problem! Als **Abonnement** von **Spektrum der Wissenschaft** haben Sie Zugriff auf alle Artikel, sowie auf das Online-Archiv mit allen zurückliegenden Ausgaben.

[**Abonnements**]

Sie haben "Spektrum der Wissenschaft" abonniert und noch keine Zugangsdaten:

Füllen Sie einfach das **Formular** aus. Sie erhalten dann umgehend eine E-Mail mit Ihrer Nutzerkennung und dem Passwort.

Sie können diesen Artikel auch für € **1,00** über unsere Partner **firstgate** erhalten:



[Home](#) | [Aktuelles Heft](#) | [Archiv](#) | [Sonderhefte](#) | [Abonnements](#)

Von Erwin Lausch

Noch immer erhitzt die Frage

die Gemüter nicht nur von Forschern: Was geschah am Ende der Kreidezeit, in einer der dramatischsten Phasen der Erdgeschichte vor 65 Millionen Jahren?

Glaubt man der Vorstellung, die bei den Geowissenschaftlern mittlerweile größtenteils anerkannt und auch in der Öffentlichkeit weit verbreitet ist, stürzte ein etwa zehn Kilometer großer Himmelskörper, ein Asteroid oder Komet, auf die Erde und schuf einen mindestens 180 Kilometer weiten Krater. Durch die Folgen des Einschlags – oder Impakts, wie

Fachleute sagen – geriet das Leben weltweit in eine seiner schwersten Krisen: Nicht nur die Dinosaurier starben aus, sondern mit ihnen etwa 75 Prozent aller damaligen Tier- und Pflanzenarten.

Nach gängiger Meinung liegt der Krater, den die Bombe aus dem All hinterließ, am Nordende der mexikanischen Halbinsel Yukatan, halb an Land und halb im Meer. Am Erdboden ist von ihm freilich nichts zu sehen: Die gewaltige Narbe in der Erdkruste, damals von einem flachen Meer bedeckt, wurde im Laufe der Jahrtausende Hunderte von Metern tief unter jüngeren Ablagerungen begraben. Geowissenschaftler entdeckten sie zufällig bei der Auswertung jahrzehntealter Kerne von Erdölbohrungen und mittels geophysikalischer Sondierungen.

Nach einer lokalen Kleinstadt taufte sie den verschütteten Krater »Chicxulub«.

Auch nachdem an seiner Existenz – spätestens seit 1991 – kein Zweifel mehr bestand, blieben noch viele Fragen über seine Struktur zu klären. Deshalb war eines der ersten Projekte des internationalen kontinentalen Bohrprogramms, das auf Initiative deutscher Geowissenschaftler Mitte der 1990er Jahre aus der Taufe gehoben wurde, eine Bohrung in den Chicxulub-Krater. Nach einer nahe gelegenen Hacienda Yaxcopoil-1 oder kurz Yax-1 genannt, erreichte sie Ende 2001 eine Tiefe von 1511 Metern.

Der mit Spannung erwartete Bohrkern ist inzwischen untersucht – und hat neue heftige Auseinandersetzungen ausgelöst. Die Befunde sind in zwei Sonderausgaben der Zeitschrift »Meteoritics and Planetary Science« vom Juni und Juli dieses Jahres zusammengetragen (Bd. 39, Heft 6 und 7, 2004). Über ihre Deutung stritten aber schon im Herbst 2003 die Teilnehmer der dritten internationalen Konferenz über große Meteoriten-Einschläge in Nördlingen.

Während die Mehrzahl der Chicxulub-Experten ihre Vorstellungen in den Grundzügen bestätigt sah, bezweifelte eine Schar von Dissidenten alle für sicher erachteten Erkenntnisse über den Krater und seine Bedeutung. Ihre Wortführerin ist Gerta Keller von der Universität Princeton (New Jersey), sekundiert von Wolfgang Stinnesbeck von der Universität Karlsruhe und M. J. Perry Adatte von der Universität Neuchâtel (Schweiz). Nach Ansicht dieser Abweichler

- misst der Chicxulub-Krater nicht 180, sondern maximal 120 Kilometer;
- ereignete sich der Einschlag nicht genau an der Wende zwischen Kreidezeit

und Tertiär – also am Übergang zwischen Erdmittelalter und -neuzeit –, sondern etwa 300 000 Jahre früher;

■ war am großen Sterben zum Ende der Kreidezeit ein anderer Impakt beteiligt, dessen Krater bisher unbekannt ist.

Streit um das Ende der Dinosaurier

Nach jahrzehntelangen Debatten schien sich die Ansicht durchgesetzt zu haben, dass der Einschlag eines Himmelskörpers, dessen Krater in Mexiko entdeckt wurde, das Massensterben am Ende der Kreidezeit auslöste. Doch Skeptiker erheben neue Einwände.

ERDGESCHICHTE

62 SPEKTRUM DER WISSENSCHAFT  AUGUST 2004

I So könnte es ausgesehen haben, als vor 65 Millionen Jahren bei der heutigen Halbinsel Yukatan ein Himmelskörper von rund zehn Kilometer Durchmesser in ein flaches Meer einschlug und einen 180 bis 280 Kilometer breiten Krater erzeugte. Der Aufprall hatte verheerende Auswirkungen auf das Klima und löste nach gängiger Meinung das Massensterben am Ende der Kreidezeit aus, dem die Dinosaurier zum Opfer fielen.

r

ERDGESCHICHTE

Z

64 SPEKTRUM DER WISSENSCHAFT  AUGUST 2004

Solcher Streit hat Tradition. Er tobt schon, seit amerikanische Forscher 1980 die Einschlagthese aufstellten. Tausende von Untersuchungen wurden zu diesem Thema veröffentlicht. Über keinen anderen Abschnitt der Erdgeschichte ist wohl so viel geschrieben und diskutiert worden

wie über den Grenzbereich zwischen Kreide und Tertiär. Trotzdem lässt sich kein Ende der Debatte absehen. Die Kontroverse verebbte nicht, als mit Chicxulub ein in Größe und Alter passender Krater für den Impakt entdeckt wurde, und auch die jüngste Bohrung brachte sie nicht zum Verstummen.

Tief verwurzelte Vorbehalte gegen Katastrophentheorien

Im Grunde reichen die Wurzeln des Streits bis weit in das 19. Jahrhundert zurück. Als damals die Grundlagen der Paläontologie geschaffen wurden, zeigte sich schnell, dass sich die fossil überlieferten Lebewesen der Vergangenheit deutlich von denen der Gegenwart unterscheiden.

Demnach mussten sich Tier- und Pflanzengesellschaften im Laufe der Erdgeschichte immer wieder verändert haben. Das bot den Forschern die Möglichkeit, mit Hilfe von »Leitfossilien«, die in den Gesteinen ganz bestimmter Zeitabschnitte weit verbreitet sind, die Erdgeschichte zu gliedern.

Über 99 Prozent aller Arten, die jemals gelebt haben, sind längst wieder ausgestorben. Aus den jeweils Überlebenden entwickelten sich neue Spezies.

Neben dem gleichmäßigen Artenschwund registrierten die Paläontologen aber auch Phasen besonders massiven Artensterbens, denen entsprechend tief greifende Erneuerungen folgten. Zweierart drastische Einschnitte in der Entwicklung des Lebens wurden um die Mitte des 19. Jahrhunderts als Grenzen zwischen Altertum, Mittelalter und Neuzeit der Erde definiert.

r

IObwohl der einstige Krater am Boden nicht mehr zu erkennen ist, zeigen Satellitenaufnahmen Ringstrukturen, die beim Einschlag entstanden sind. So zeigt diese farbcodierte Höhenkarte, die per Radar von der Raumfähre aus erstellt wurde, einen halbkreisförmigen Graben, der etwa fünf Kilometer breit und nur drei bis fünf Meter tief ist. Weit gehend parallel dazu verläuft ein Kranz von Dolinen.
Ringstruktur
Dolinen

Schon damals galten die Dinosaurier, die in den Ablagerungen des Erdmittelalters häufig vorkommen, aber in Gesteinen der Erdneuzeit fehlen, als hervorstechendes Beispiel für das Aussterben ganzer Tierordnungen – auch über die Fachgrenzen hinaus. »Es starb zu derselben Stunde«, ulkte der Schriftsteller Joseph Victor von Scheffel in einem seiner Studentenlieder, »die ganze Saurierei. Sie kamen zu tief in die Kreide, da war es

natürlich vorbei.«

War schon das ständige Vergehen und Entstehen von Arten nicht leicht zu erklären, so galt das erst recht für die Massensterben – zumal zu einer Zeit, als die Aussagen der Bibel noch weithin auch als naturwissenschaftliche Wahrheit galten. Immerhin ist im Alten Testament von der Sintflut die Rede. Nun ließ sich die Vielfalt der mächtigen Ablagerungen mit ihrem wechselnden Inhalt an Fossilien zwar nicht durch eine einzige große Überschwemmung erklären. Aber konnten es vielleicht auch mehrere gewesen sein? Vor diesem Hintergrund entstand eine Katastrophenlehre, der zufolge in der Vergangenheit immer wieder gewaltige Wassermassen alles Land überfluteten. Ihr prominentester Vertreter war der französische Zoologe Georges Cuvier (1769 – 1832), einer der bedeutendsten Naturforscher seiner Zeit. Ganz anders sahen das zwei schottische Geologen: James Hutton (1726 – 1797) und Charles Lyell (1797–1875). Sie fühlten sich weder dem Schöpfungsbericht in der Bibel verpflichtet noch glaubten sie an irgendwelche Kräfte, die unerklärbar in ferner Vergangenheit wirkten. Vielmehr habe sich die Erde – genauso wie heute – stets nur graduell verändert, also allmählich und in kleinen Schritten. Sind die Wandlungen in der Gegenwart auch minimal, so nehmen sie über geologische Zeiträume doch gewaltige Ausmaße an. Die Vertreter dieses Gradualismus suchten folglich allein aus der Beobachtung gegenwärtiger geologischer Vorgänge Rückschlüsse auf Vorgänge in der Erdgeschichte zu ziehen. Die Gegenwart ist der Schlüssel zur Vergangenheit, lautete ihre Devise. Dieses heute als Aktualismus bekannte Motto erwies sich als überaus fruchtbarer Ansatz für die Geowissenschaften. Die Katastrophenlehre hingegen galt bald als überholt, schlimmer noch: als unwissenschaftlich, ja lächerlich. Vor diesem Hintergrund ist die verbreitete Ablehnung zu verstehen, die der Impakt-Theorie zur Erklärung des Massensterbens am Ende der Kreidezeit zunächst entgegenschlug. Viele Geologen sahen darin eine Wiederkehr der Katastrophenlehre und waren peinlich berührt. Dabei lag der Idee in diesem Fall sehr wohl harte, überprüfbare Fakten zu Grunde.

Kosmisches Iridium

Die Grenze zwischen den erdgeschichtlichen Epochen Kreide und Tertiär zeichnet sich in Gesteinen, die damals unter

Wasser abgelagert wurden, durch eine dunkle, meist nur wenige Zentimeter dicke Tonschicht ab. Die Existenz eines solchen »Grenztons« – etwa in der Nähe der mittellitalienischen Stadt Gubbio, wo er Kalksteinschichten der Kreidezeit von solchen des Tertiärs trennt – war in den

JPL / NASA

SPEKTRUM DER WISSENSCHAFT Q AUGUST 2004 65

r

1970er Jahren allgemein bekannt. Doch im Laufe welcher Zeitspanne hatte sich die Schicht abgesetzt? Das fragten sich damals viele Geologen – freilich ohne Hoffnung auf baldige Antwort; denn es gab kein probates Verfahren, Zeiträume auf weniger als 10 000 Jahre genau zu bestimmen. An der Universität von Kalifornien in Berkeley hatten der Geologe Walter Alvarez und sein Vater Luis, Physiker und Nobelpreisträger, dazu jedoch eine neue Idee: Sie wollten die staubfeine kosmische Materie, die Jahr für Jahr aus dem All auf die Erde rieselt, als Zeitmesser nutzen. Dieser himmlische Dreck hat eine andere Zusammensetzung als irdisches Gestein. Er enthält wie alles, was aus dem All zu uns kommt, das auf der Erde extrem seltene Edelmetall Iridium in erheblich größeren Mengen. Relativ viel Iridium im Grenztone, so die Überlegung von Vater und Sohn Alvarez, ließe auf Jahrtausende der Ablagerung schließen, wenig Iridium auf nur Jahrhunderte oder gar Jahre. Auskunft über den Iridiumgehalt des Grenztone sollte ein hoch empfindliches neues Verfahren geben: die Neutronenaktivierungsanalyse. Das Geologe-Physiker-Gespann erlebte jedoch eine herbe Enttäuschung: Die Konzentrationen, die bei den Untersuchungen im Lawrence Livermore National Laboratory herauskamen, fielen überhaupt nicht in die erwartete Spanne, sondern waren entschieden zu hoch. Ein Jahr lang hielten die verblüfften Forscher die Ergebnisse unter Verschluss. Sie untersuchten Grenztone aus Dänemark und Neuseeland und fanden auch dort ungewöhnliche Anreicherungen von Iridium. Daraufhin diskutierten sie ihre Ergebnisse mit Kollegen und überschlugen anhand ihrer Stichproben, wie viel von dem Edelmetall vor 65 Millionen Jahren weltweit zusätzlich zu dem ständigen Strom durch den kosmischen Staub auf die Erde gelangt sein musste. Anfang Juni 1980 veröffentlichten sie ihre Deutung schließlich in der Wissenschaftszeitschrift »Science«: Ein Asteroid oder Komet mit mindestens zehn Kilometer Durchmesser sei vor 65 Millionen

Jahren auf die Erde gestürzt und beim Aufprall verdampft. So habe sich das Iridium über den Planeten verteilt. Wie von Zauberhand schien sich damit auch das Massensterben zu erklären: Durch den Impakt wurde, so das plausible Katastrophenszenario, die Erde in eine Staubwolke gehüllt, die monatelang das Sonnenlicht abschirmte. Ohne Sonne kam die Photosynthese der Pflanzen an Land wie im Meer zum Erliegen. Den Tieren, die direkt oder indirekt von Pflanzen leben, wurde die Nahrungsgrundlage entzogen. So starben viele Arten aus.

Überleben in der Hölle

Die Publikation erregte enormes Aufsehen. Es war nicht allein die unheimliche Vorstellung einer urplötzlich aus dem All über die Erde hereinbrechenden Katastrophe, die instinktive Ablehnung hervorrief. Auch die Grundlagen der Evolutionslehre schienen erschüttert. Hatte Charles Darwin nicht gelehrt, dass sich das Leben Schritt für Schritt weiterentwickelt und im Kampf ums Dasein jene Arten gewinnen, die an die Bedingungen ihrer jeweiligen Umwelt am besten angepasst sind? Bei einem Impakt aber nützt selbst eine noch so gute Anpassung an irdische Umstände nichts. Das Überleben hängt allein von glücklichen Zufällen ab. War es vorstellbar, dass ganze Gruppen von Organismen wie die Dinosaurier oder die Ammoniten, die sich in großer Artenvielfalt weit über 100 Millionen Jahre lang erfolgreich entwickelt hatten, gleichsam von heute auf morgen ausgelöscht wurden und die Verlierer von gestern plötzlich unverdiente Gewinner waren? »Der Impakt an der Kreide-Tertiär-Grenze«, formulierte der Chicxulub-Forscher Alan Hildebrand von der Universität Calgary (Alberta), »verwandelte die Erdoberfläche in eine lebende Hölle, in eine dunkle, brennende, schwefelige Welt, in der sich alle Regeln für das Überleben der am besten Angepassten innerhalb von Minuten veränderten.« Und so formierte sich eine Opposition mit einem Gegenmodell zur Einschlagtheorie, die so gar nicht in ihr naturwissenschaftliches Weltbild passte: Vulkane sollten nun die Übeltäter sein. Tatsächlich traten um die Wende von der Kreide zum Tertiär über einen Zeitraum von mehreren Millionen Jahren hinweg im Westen des indischen Subkontinents immer wieder immense Lavaströme aus und erstarrten zu einer der größten Flutbasaltdecken auf der Erde: bis 2400 Meter mächtigen Schichten, die unter Experten

als Dekkan-Trapps bekannt sind. Nach Schätzungen von Vulkanologen haben sich gut zwei Millionen Kubikkilometer Lava über mehr als zwei Millionen Quadratkilometer Land ergossen. Sicherlich beeinflussten die Gase, die in den aktiven Eruptionsphasen zusammen mit den Magmamassen austraten, das irdische Klima. Doch bislang gibt es keine Hinweise darauf, dass Fauna und Flora während einer solchen Eruption von Flutbasalten, wie sie auch zu anderen Zeiten stattfand, nennenswert litten. Außerdem ließ sich der hohe Iridiumgehalt des Grenztons, der bald an vielen Stellen der Erde nachgewiesen wurde,

Diese Fotomontage illustriert den Kahlschlag unter den Plankton-Foraminiferen am Übergang zwischen Kreidezeit und Tertiär. Die mikroskopisch kleinen Einzeller mit Kalkgehäuse, die in den Ozeanen treiben, finden sich in der obersten Kreideformation noch in großer Zahl und Artenvielfalt. Dagegen gibt es in den untersten Tertiärschichten nurmehr wenige, kümmerliche Exemplare. Die Grenze dazwischen besteht aus einer nur wenige Zentimeter dicken Lage aus Ton. Sie ist reich an Auswurfmaterial, das beim Einschlag eines Himmelskörpers hoch in die Atmosphäre geschleudert wurde und sich über den gesamten Globus verteilt hat. Außerdem enthält sie ungewöhnlich viel Iridium.

Tertiär Kreide
A. MONTANARI

ERDGESCHICHTE

66 SPEKTRUM DER WISSENSCHAFT  AUGUST 2004
durch den Vulkanismus in Indien nicht befriedigend erklären. Bei anderen typischen Zeugnissen für einen Impakt, die sich in der an Iridium reichen Schicht fanden – speziell deformierte (»geschockte«) Quarzkristalle, eine Hochdruckform des Quarzes (Stishovit) und eine Gruppe von Mineralien, die als nickelreiche Spinelle bezeichnet werden – schied ein vulkanischer Ursprung ohnehin aus. Zwar war zunächst kein passender Krater bekannt, doch sprach das nicht ernsthaft gegen die Impakt-Mese. In 65 Millionen Jahren konnte selbst ein riesiger Krater durch Erosion bis zur Unkenntlichkeit abgetragen oder von jüngeren Sedimenten verschüttet werden

sein. War der Asteroid ins Meer gestürzt, bestanden noch weniger Chancen, seine Spur zu finden.

Lücken in der Chronik des großen Sterbens

Doch die Verfechter der Einschlagtheorie hatten Glück: Nach der Entdeckung von Chicxulub ließ sich nicht länger leugnen, dass ein riesiges kosmisches Geschoss auf die Erde geprallt war. Die Skeptiker blieben allerdings unbeeindruckt. Sie fragten nach den Beweisen dafür, dass so viele Arten wirklich durch den Impakt ausgelöscht wurden und nicht doch aus anderen Gründen ausstarben. Vor allem Paläontologen ließen sich nicht so leicht überzeugen. Natürlich stand fest, dass die meisten Spezies aus der Kreidezeit im Tertiär nicht mehr existierten. Doch waren sie wirklich alle genau an der Grenze der beiden Erdzeitalter verschwunden? Fossilfunde schienen stattdessen zu belegen, dass die Arten im Laufe von Millionen Jahren nach und nach ausstarben. Außerdem gab es Berichte, wonach einige der vermeintlich am Ende der Kreide untergegangenen Tierstämme den Beginn des Tertiärs noch erlebten.

Luis Alvarez hatte, als er 1988 starb, längst die Geduld verloren. Als Physiker zweifelte er nicht daran, dass der Aufprall eines Himmelskörpers furchtbare Folgen für das irdische Leben gehabt haben muss. Schließlich wurde dabei eine Energie entfesselt wie bei der Explosion von Millionen Wasserstoffbomben. Wenn die Paläontologen das große Sterben nicht entdeckten, schrieb er in einem wütenden Artikel in der »New York Times«, konnte das nur an ihrer Inkompetenz liegen.

Doch Alvarez unterschätzte einfach die Schwierigkeiten, mit denen Paläontologen zu kämpfen haben. Was in den Gesteinen von der Erdgeschichte überliefert ist, wird gern mit einer Chronik verglichen, aus der viele Seiten herausgerissen sind. Eigentlich fehlt sogar das meiste. Selbst vorhandene Seiten sind oft fast oder völlig leer: Obwohl es von Leben nur so gewimmelt haben muss, gibt es keine oder kaum Fossilien. Lebensreste bleiben nämlich nicht so ohne weiteres erhalten – ihre Bewahrung erfordert ganz besondere Umstände.

Gerade bei den Dinosauriern, die zum Symbol des Massensterbens wurden, sind die Voraussetzungen für die genaue Datierung ihres Exitus denkbar ungünstig. Herauszufinden, wie viele Arten exakt an der Kreide-Tertiär-Grenze auf

der Strecke geblieben sind, erwies sich bei der Lückenhaftigkeit der Überlieferung als äußerst schwierig. Das in der Paläontologie gewohnte grobe Zeitraster von Millionen Jahren genügte da nicht mehr. Obwohl Dinosaurierknochen vielerorts gefunden wurden, gibt es auf der ganzen Erde nur wenige Stellen, an denen Ablagerungen, die günstige Bedingungen für die Konservierung der »schrecklichen Echsen« bieten, von der Kreidezeit bis zum Übergang ins Tertiär ungestört erhalten sind. Akribisch durchmusterten Spezialisten diese Sedimente auf Dinosaurierreste und wurden reichlich fündig – allerdings nur bis drei Meter unterhalb der Kreide-Tertiär-Grenze. Dort war Schluss mit den fossilen Knochen. Trotzdem ließen sich bis 37 Zentimeter unterhalb der Grenze Tritts Spuren von Dinosauriern ausmachen. Demnach gab es die Echsen noch; nur hinterließen sie keine Knochen mehr. Tatsächlich fehlen in den obersten Metern der Kreide auch Fossilien von anderen Wirbeltieren. Offenbar haben sich also die Bedingungen für die Erhaltung von Knochenmaterial rapide verschlechtert, was einen Niedergang der Dinosaurier vor dem Impakt lediglich vortäuschte.

Makabrer Zombie-Effekt

Zu diesem falschen Eindruck trugen auch mangelhafte statistische Ansätze bei: Eine viele Millionen Jahre lange Entwicklungsgeschichte wurde mit einer viel kürzeren Endphase verglichen, in der natürlich entsprechend weniger Fossilien vorkamen – oder eben auch zufällig gar keine. So entstand die lange herrschende Lehrmeinung, dass sich die Dinosaurier schon Jahrtausende vor dem Ende der Kreidezeit auf dem absteigenden Ast befanden. Etwas anderes konnten sich viele Paläontologen vor der Diskussion über den Impakt ohnehin nicht vorstellen. Für einige Aufregung sorgten auch Dinosaurierzähne, die noch in frühen Ablagerungen des Tertiärs gefunden wurden. Sie schienen der Beweis, dass die Echsen den Einschlag sehr wohl überlebt hatten. Penible Nachuntersuchungen ergaben jedoch, dass die Zähne in Wahrheit eben doch aus der Kreidezeit stammten. Nach der Erosion des Gesteins, in dem sie ursprünglich gesteckt hatten, waren sie in eine Rinne mit jüngeren Ablagerungen gespült worden. Eine solche Wiederaufarbeitung, als »Zombie-Effekt« bekannt, ist nicht ungewöhnlich und macht den Paläontologen das Leben schwer.

Selbst bei den viel häufigeren Ammoniten spielte die Statistik den Forschern zunächst einen Streich. Bei Untersuchungen an einem musterhaft vollständigen Profi I in Nordspanien wurden zwar noch zwanzig Zentimeter oder wer

I Vom Meteoriteneinschlag, der den Chicxulub-Krater schuf, zeugen unter anderem solche Glaskügelchen. Sie entstanden, als ausgeschleuderte Tröpfchen geschmolzenen Gesteins in der Atmosphäre erstarrten. Im Nordosten Mexikos kommen sie auch in Sedimenten vom Ende der Kreidezeit vor. Einige Paläontologen schließen daraus, dass der Chicxulub-Einschlag schon vor der Wende zum Tertiär stattfand und nicht das Massensterben verursacht haben kann.

J. SMIT

SPEKTRUM DER WISSENSCHAFT **Q** AUGUST 2004 67
niger unterhalb der Kreide-Tertiär-Grenze verschiedene Arten geborgen, aber unmittelbar darunter kein einziges Exemplar mehr. Diese Lücke entpuppte sich später jedoch als rein lokales Phänomen. An anderen Stellen fanden sich letzte Ammoniten auch direkt an der Grenze. »Ich war ursprünglich derjenige«, bekannte Peter Ward von der Universität von Washington in Seattle, »der in alle Welt hinausposaunte, dass die Ammoniten schon vor der Grenze ausstarben. Aber nun bin ich überzeugt: Sie starben direkt an der Grenze aus.«
Solche Erfahrungen waren durchaus heilsam. Die anhaltenden Diskussionen über den Impakt zwangen die Paläontologen, sich mit den Tücken ihres Arbeitsfeldes intensiver auseinander zu setzen. Viel mehr als früher achten sie jetzt auf Lücken in den überlieferten Gesteinen und die Wiederaufarbeitung von Fossilien. Außerdem berücksichtigen sie den nach zwei Kollegen benannten »Signor-Lipps-Effekt«, der einen an sich simplen Sachverhalt beschreibt: Das jüngste Fossil, das Forscher in einem Gesteinsstapel von einer Spezies finden, war mit größter Wahrscheinlichkeit nicht der letzte Vertreter seiner Art weltweit, erst recht nicht bei seltenen Arten. Neue statistische Ansätze wurden entwickelt, die eine realistischere Auswertung der fast immer beklagenswert spärlichen Funde erlauben. Über die Jahre bekehrte sich dadurch mancher – wie Ward – vom Saulus zum Paulus. Andere Paläontologen rangen sich zu einem Kompromiss durch: Sie streiten beträchtliche Auswirkungen des Impakts nicht mehr ab, schreiben aber zugleich dem indischen Vulkanismus, Schwankungen des Meeresspiegels sowie Klimaänderungen in den Jahrmillionen

vor der Kreide-Tertiär-Grenze eine meist nicht näher spezifizierte Rolle zu.

Plankton als Kronzeuge

Auch in dem neuen Streit geht es wieder um die alte Frage: plötzliches Aussterben oder allmählicher Niedergang?

Verknüpft wird sie mit Zweifeln an der Rolle des Einschlags, der den Chicxulub-Krater schuf. Die neuen Abweichler glauben beweisen zu können, dass dieser spezielle Impakt von seinem Ausmaß und genauen Zeitpunkt her für das Massensterben am Ende der Kreidezeit gar nicht verantwortlich sein konnte.

Den Part der Kronzeugen spielen dabei Lebewesen, die im Unterschied zu Dinosauriern und Ammoniten reichlich vorhanden sind: Plankton-Foraminiferen. An den mikroskopisch kleinen Einzellern, die in den Ozeanen treiben und deren kalkige Gehäuse sich nach dem Tod der Organismen am Meeresboden sammeln, herrschte in der Kreidezeit wie im Tertiär kein Mangel. Sie bevölkerten und bevölkern die Meere in zahlreichen Arten, die sich an den hinterlassenen Kalkpanzern unterscheiden lassen. Nur ein Teil von ihnen ging am Ende der Kreidezeit zu Grunde, während aus den Überlebenden neue Arten entstanden.

Schon seit Jahrzehnten wird erbittert darüber gestritten, welche Foraminiferen seinerzeit ausstarben und wann genau ihre Todesstunde schlug.

Als Widerpart von Gerta Keller und ihren Anhängern profilierte sich dabei Jan Smit von der Freien Universität Amsterdam, der zu den Protagonisten der Impakt-Hypothese zählt. Ende der 1970er Jahre hatte er in Südspanien an einem Paradeprofil über die Kreide-Tertiär-Grenze hinweg den Bestand an Foraminiferen aufgenommen, als die Nachricht von den überraschend hohen Iridiumwerten im Grenzton von Gubbio die Runde machte. Er fand in der betreffenden Schicht gleichfalls reichlich Iridium und sprach sich als einer der Ersten für einen Asteroideneinschlag als Ursache des Massensterbens aus.

Smit kam damals in Spanien zu dem Ergebnis, dass alle Plankton-Foraminiferen mit Ausnahme einer einzigen Art genau an der Grenze ausgestorben seien.

Doch Gerta Keller, die sich seit Mitte der 1980er Jahre mit Foraminiferen beschäftigt und darüber zahlreiche Arbeiten veröffentlicht hat, widersprach. Nach r

Eine 1511 Meter tiefe Bohrung, die im Jahre 2001 sechzig Kilometer vom Zentrum des Chicxulub-Kraters entfernt niedergebracht

wurde, sollte die Verhältnisse am Kraterboden klären. Nach Ansicht der Befürworter der Einschlagtheorie bestätigte sie das bisherige Modell, nach dem von den Seiten her große Schollen in den primären Krater gerutscht sind und ihn dadurch erweitert haben. Die so entstandene Struktur ist in dem geologischen Schnitt dargestellt. Kritiker behaupten dagegen, diese angeblich gerutschten Schollen seien in Wahrheit an Ort und Stelle geblieben und lägen außerhalb des Kraterrandes. Die Einschlagnarbe sei demnach maximal 120 Kilometer breit – viel schmaler als die bisher angenommenen 180 bis 280 Kilometer.

Impakt-Brekzien
Impakt-Schmelzdecke
zentrale Hebung
innerer Ring
Bohrung Yax-1

DAVID A. KRING, NASA / UNIVERSITY OF ARIZONA SPACE IMAGING CENTER
äußerer Ring
GEOFORSCHUNGSZENTRUM POTSDAM

ERDGESCHICHTE **Z**

68 SPEKTRUM DER WISSENSCHAFT **Q** AUGUST 2004

ihren Untersuchungen an verschiedensten Punkten der Erde schwanden die Plankton-Foraminiferen der späten Kreidezeit stufenweise: Nur rund die Hälfte der Arten starb an oder wenigstens in der Nähe der Grenze zum Tertiär aus, ein Sechstel ging schon früher zu Grunde, ein Drittel überlebte bis in die Erdneuzeit hinein.

Um die Unstimmigkeit aufzuklären, wurde seinerzeit ein »Blindversuch« ausgerichtet, bei dem vier andere Mikropaläontologen einschlägige Proben auf Plankton-Foraminiferen untersuchten.

Jeder wusste zwar, dass das Material von einem klassischen Profil bei El Kef in Tunesien stammte, das die Internationale Kommission für Stratigraphie zu einem »Stratotyp« erklärt hatte: einem Standard in der Abfolge und der Beschaffenheit der Schichten. Die vier Experten erhielten aber keine Auskunft darüber, welchen

Schichten ihre Proben jeweils entnommen waren.

Die Ergebnisse wurden 1994 bekannt gegeben und bestätigten auf den ersten Anschein, was Gerta Keller gefunden hatte: kein schlagartiges Aussterben, sondern ein graduelles. Die Forscherin sah es damit als erwiesen an, dass alles Mögliche – Klimaänderungen, Meeresspiegelschwankungen, Sauerstoffmangel in den Ozeanen und Vulkanismus – zum allmählichen Aussterben der kreidezeitlichen Plankton-Foraminiferen geführt habe. Einem Impakt schrieb sie nur vergleichsweise geringe Bedeutung zu, und das auch nur in niederen Breiten.

Dolomitenkristalle oder Kalkpanzer

Bei genauem Hinsehen verdeutlichte der Blindversuch von El Kef aber vor allem die Schwierigkeiten, selbst bei den in Meeressedimenten reichlich vorhandenen Foraminiferen zu eindeutigen Ergebnissen zu kommen. Die Urteile der Experten wichen erheblich voneinander ab. Nicht einmal in der Abgrenzung der einzelnen Arten waren die vier sich einig. Außerdem erwiesen sich die Proben im Nachhinein als zu klein – wären sie größer gewesen, hätte man wohl festgestellt, dass mehr Foraminiferen erst an der Grenze ihr Schicksal erlebte. Überdies wurde der Signor-Lipps-Effekt noch nicht beachtet.

Auch Gerta Keller spricht inzwischen vom »Aussterben aller tropischen und subtropischen Arten« an der Kreide-Tertiär-Grenze. Dennoch hat sie die Wende allenfalls halbherzig vollzogen. Immer wieder ist das Bestreben zu erkennen, die Bedeutung eines Einschlags aus dem All herunterzuspielen. Der Impakt, sagt sie mit einer englischen Redewendung bis heute, »war lediglich der Strohalm, der den Rücken des Kamels brach«. Den Satz hat sie nicht nur erst kürzlich wieder in einer Pressemitteilung ihrer Universität verbreiten lassen, er steht auch in einer ihrer wissenschaftlichen Veröffentlichungen aus jüngster Zeit.

Durch die Bohrung Yax-1 hat der alte Foraminiferen-Streit nun neue Nahrung erhalten. Dabei geht es um fünfzig Zentimeter Sediment, die sich im Bohrkern unmittelbar über der Schicht mit den Einschlagtrümmern befinden, sich also erst nach dem Impakt abgelagert haben. Gerta Keller und ihre Kollegen berichteten auf dem Nördlinger Kongress, sie hätten dort Foraminiferen aus der Endphase der Kreidezeit nachgewiesen. Der Impakt, der Chicxulub erzeugte, könne somit gar nicht derjenige gewesen

sein, der die Kreidezeit mit einem Massensterben abrupt beendete. Nach ihren Schätzungen müsste er 300000 Jahre früher stattgefunden haben. Der Krater für den verheerenden Einschlag an der Kreide-Tertiär-Grenze bleibe somit noch zu finden.

Die Kollegen im Saal nahmen die Botschaft skeptisch bis frostig auf. Der ewige Gegenspieler Jan Smit war nicht anwesend, aber andere Diskussionsredner machten eine Verwechslung mit Dolomitkristallen geltend. Smit schloss sich

dieser Auffassung später an und untermauerte sie in etlichen Internet-Diskussionsrunden, größtenteils mit Gerta Keller allein. Selbst wenn in dem kritischen Abschnitt Kreide-Foraminiferen gefunden würden, erklärte er, wären sie aufgearbeitet – nichts Spektakuläres also.

Dagegen bietet Gerta Keller mancherlei Argumente auf, die nach ihrem Dafürhalten eine Wiederaufarbeitung ausschließen.

Beide Kontrahenten schenken sich nichts und unterstellen einander einen Mangel an Einsicht.

Die Mese, dass der Chicxulub-Einschlag dem Ende der Dinosaurier 300000 Jahre vorausgegangen sei, hatten Keller und ihre Mitstreiter allerdings schon vor einigen Jahren aufgestellt. Damals stützten sie sich auf Untersuchungen von Glaskügelchen, die bei starken Einschlä-

r

SPEKTRUM DER WISSENSCHAFT  AUGUST 2004 69

gen gebildet werden, wenn ausgeschleuderte winzige Tröpfchen geschmolzenen Gesteins in der Atmosphäre erstarren.

Diese sinken nach oft Tausende von Kilometer weitem Flug zur Erde. Keller, Stinnesbeck und Adatte haben – ebenso wie

Smit – solche »Mikrotektite« in weitem Umkreis des Chicxulub-Kraters untersucht.

Vielerorts wurden mehrere Lagen gefunden, wobei Einigkeit darüber herrscht, dass die oberen Schichten jeweils anderswo abgetragen und unter

Wasser aufs Neue abgelagert, also wiederaufgearbeitet worden sind.

Kein Konsens besteht dagegen bei einer speziellen Fundstätte im Nordosten Mexikos. Dort gibt es Mikrotektit-Lagen in Sedimenten aus der letzten Phase der Kreidezeit. Demnach muss der Chicxulub-

Impakt, von dem sie stammen,
schon vor der Wende zum Tertiär stattgefunden
haben – so der Schluss, den
Frau Keller und ihre Mitarbeiter seinerzeit
zogen. Smit liefert jedoch eine andere
Erklärung dafür, wie die Mikrotektite
in die älteren Kreideablagerungen gelangt
sind. Seiner Ansicht nach hat der
Einschlag gewaltige Tsunamis und untermeerische
Rutschungen ausgelöst und
dadurch die geologischen Verhältnisse
weithin durcheinander gebracht.

Debatte um die Kratergröße

Auch die Ergebnisse der Bohrung selbst,
die etwa sechzig Kilometer vom Zentrum
des Kraters entfernt abgeteuft wurde,
deuten Keller und Kollegen völlig
anders als das Gros der Wissenschaftler.
Der Bohrmeißel durchschnitt zunächst
einen 795 Meter mächtigen Block aus
Sedimenten, die sich in den vergangenen
65 Millionen Jahren über den Krater gelegt
haben. Darunter folgt die eigentlich
interessante Schicht: eine hundert Meter
dicke Lage aus geschmolzenem und
dann zu Glas erstarrtem Gestein, durchsetzt
mit nicht oder nur teilweise geschmolzenen
Trümmern. Dieser »Impaktit
« entstand aus der zentralen Glutwolke,
die nach dem Einschlag in die
Atmosphäre aufstieg und dann in sich
zusammenbrach. Das glühend heiße
Auswurfmaterial stürzte zur Erde zurück
und bedeckte den Krater und seine Umgebung.
Unter dem Impaktit stießen die Forscher
dann bis zum Abbruch der Bohrung
in 1511 Meter Tiefe auf Sedimente
aus der Kreidezeit – Kalkstein, Dolomit
und Anhydrit (wasserfreier Gips) –, wie
sie auch aus der Umgebung des Kraters
bekannt sind. Um diese wenig gestörten
Schichten entspann sich die Auseinandersetzung.
Bei einem Einschlag bohrt sich das
kosmische Geschoss innerhalb von Sekunden
in die Erde und erzeugt zunächst
ein schmales Loch, dessen Tiefe bei
Chicxulub auf dreißig Kilometer geschätzt
wird. Während der Auswurf von
verdampftem, geschmolzenem und zerbrochenem
Gestein beginnt, federt der
Boden zurück. Später rutschen von den
Seiten her große Schollen in den primären
Krater und erweitern ihn, wobei
mehrere konzentrische Ringstrukturen
entstehen. Die auf dem Kongress in
Nördlingen umstrittene Frage: Gehören
die Kreide-Sedimente auf den untersten
615 Metern der Bohrung zu einer abgerutschten
Scholle?
Der Impakt-Experte Dieter Stöfl er
vom Museum für Naturkunde in Berlin
räumt ein, dass er sich den Untergrund

von Chicxulub stärker mitgenommen vorgestellt hatte. Doch ihm bereiten die vorgefundenen Verhältnisse kein Kopfzerbrechen.

Sein Mitarbeiter Momas Kenkmann hat anhand der Analyse seismischer Daten in Verbindung mit dem Bohrkern festgestellt, dass es sich um mehrere gegeneinander verstellte »Mega - blöcke« handelt.

Anders Dissident Stinnesbeck, der in Nördlingen auch im Namen von Keller und Adatte sprach. Seiner Ansicht nach ist das Kreide-Gestein in sechzig Kilometer Entfernung vom Kraterzentrum gar nicht gerutscht, sondern unberührt vom Impakt an Ort und Stelle geblieben.

Wenn das stimmt, kann der Krater aber maximal 120 Kilometer weit sein. Gegen diese Annahme sprechen allerdings die Ergebnisse von seismologischen Untersuchungen und Schweremessungen.

In einer neuen Veröffentlichung (*Proceedings of the National Academy of Science of the USA*, 16.3. 2004, S. 3753) geben Gerta Keller und ihre Kollegen die Kratergröße denn auch mit einem etwas höheren Wert von 145 Kilometern an.

Von der dadurch bewirkten Verwirrung abgesehen, werfen die Ansichten der Dissidentenfraktion zwei grundlegende Fragen auf. Einmal angenommen, der Chicxulub-Einschlag war nicht derjenige am Übergang zwischen Kreide und Tertiär. Auch in diesem Fall sollte er trotzdem heftig genug gewesen sein, um weltweite Spuren zu hinterlassen. Aber solche Zeugnisse wurden unterhalb des Grenztons bisher nirgends gefunden – weder eine iridiumreiche Schicht noch geschockte Quarze, Stishovit oder nickelreiche Spinelle. Warum nicht?

Kosmische Bomben im Doppelpack?

Außerdem rechnen Experten nur einmal alle 100 Millionen Jahre mit einer extrem heftigen kosmischen Kollision wie am Ende der Kreidezeit. Sollte es also innerhalb von nur 300000 Jahren – nach geologischen Maßstäben ein Augenblick – gleich zwei solche Katastrophen gegeben haben, bei denen jeweils schlagartig die Energie von Millionen Wasserstoff - bomben freigesetzt wurde? Die Wahrscheinlichkeit dafür ist sehr gering.

Man darf gespannt sein, wie die Debatte ausgeht. Bisher scheinen die Argumente der Dissidenten allerdings nicht überzeugend genug, um sich gegen die Belege der Gegenseite zu behaupten. Die Chancen auf einen Sieg der Abweichler stehen also eher schlecht. Doch in der Wissenschaft hat jeder die Chance, seine

Sache zu vertreten, und immer wieder sind Ideen von Außenseitern zu Lehrmeinungen geworden. Dabei zählen im gelehrten Diskurs letztlich nur die stichhaltigeren Argumente. Keine Rolle spielt dagegen die Resonanz einer Hypothese in der breiteren Öffentlichkeit. Hier haben Gerta Keller und ihre Mitstreiter einige Publizität erlangt. Doch das erklärt sich wohl vor allem mit der Neigung der Medien, sich auf die Seite vermeintlicher Kämpfer gegen etablierte Meinungen zu schlagen. 1

Erwin Lausch ist promovierter Biologe und freier Wissenschaftsjournalist mit Schwerpunkt auf den Geowissenschaften. Er lebt in Ahrensburg bei Hamburg.

Initial results of the Chicxulub Scientific Drilling Project (CSDP). Special edition of Meteoritics & Planetary Science, Bd. 39, Juni/Juli 2004
Chicxulub impact predates the K-T boundary mass extinction. Von G. Keller et al. in: Proceedings of the National Academy of Sciences of the USA, Bd. 101, S. 3753; 16.3.2004

The global stratigraphy of the Cretaceous Tertiary boundary impact ejecta. Von J. Smit in: Annual Review of Earth and Planetary Sciences, Bd. 27, S. 75; 1999

Weblinks zu diesem Thema finden Sie bei www.spektrum.de unter »Inhaltsverzeichnis«.

Nachtrag Literatur zum Thema in Züricher Unibibliothek

**IDS Zürich
Universität**

[Benutzungskonto](#) | [Einstellungen](#) | [English](#) | [Neustart](#) | [Hilfe](#)
[Suche](#) | [Ergebnisliste](#) | [Suchverlauf](#) | [Korb](#) | [Drucken](#)

[Metasuche IDS Zürich](#)

[Auswahl anzeigen](#) | [Alle auswählen](#) | [Auswahl entfernen](#) | [In den Korb](#)
[Speichern/Versenden](#) | [Untermenge](#) | [Suche modifizieren](#) | [Filtern](#)

Ergebnisse für: Words= (gerta Keller)
sortiert nach : Jahr, dann Autor

Titel 1 - 4 von 4



[Vorherige Seite](#)

[Nächste Seite](#)

#	Autor	Titel	Jahr	Bestand
1	<input type="checkbox"/> Keller, Gerta	Chicxulub impact predates the K-T boundary mass extinction	2004	Paläontologisches-Inst.u.Mus.
2	<input type="checkbox"/> Keller, Gerta	Multiple impacts across the Cretaceous-Tertiary	2003	

		boundary		
3	<input type="checkbox"/>	MacLeod, Norman	Cretaceous-tertiary mass extinctions	1996 HBZ_Studienbibliothek_Irchel Paläontologisches-Inst.u.Mus.
4	<input type="checkbox"/>	Stinnesbeck, Wolfgang	Cretaceous-Tertiary boundary clastic deposits in Northeastern Mexico	1996 Paläontologisches-Inst.u.Mus.

[◀ Vorherige Seite](#) [Nächste Seite ▶](#)

Zeichensatz ändern: [Unicode](#) | [Latin](#)

© 2002 Ex Libris

[In den Korb](#) | [Versenden / Speichern](#)

Vollanzeige des Titels

Satz 1 von 1

[◀ Vorheriger Titel](#) [Nächster Titel ▶](#)

Anzeigeformat: [Standardformat Katalogkarte](#) [Zitierformat](#) [MARC](#)

Titel	Cretaceous-Tertiary mass extinctions : biotic and environmental changes / Norman MacLeod and Gerta Keller, [eds.]
Impressum	New York [etc.] : Norton, cop. 1996
Umfang	XIV, 575 S. ; 25 cm : Ill.
Bibliogr.	Literaturverz.
ISBN	0-393-96657-7
Contents	Abstract / Index
Gesamtbestand	Alle Exemplare
Bibliothek	ETH-BIB (Zuerich) 855916 Magazin 
Bibliothek	ZB (Zürich) GT 33210 Freihand 02 
ZB Schlagwort	Kreide-Tertiär-Grenze -- Paläozoologie -- Aussterben -- Aufsatzsammlung Paläozoologie -- Aussterben -- Kreide-Tertiär-Grenze -- Aufsatzsammlung Aussterben -- Paläozoologie -- Kreide-Tertiär-Grenze -- Aufsatzsammlung Kreide-Tertiär-Grenze -- Umweltveränderung -- Paläoökologie -- Aufsatzsammlung Paläoökologie -- Kreide-Tertiär-Grenze -- Umweltveränderung -- Aufsatzsammlung Umweltveränderung -- Paläoökologie -- Kreide-Tertiär-Grenze -- Aufsatzsammlung
Sacherschliessung	AUSSTERBEN/PALAEONTOLOGIE : 56.017.4 KREIDE-TERTIAER GRENZE (STRATIGRAPHIE) : 551.763.333,1 PALAEOOEKOLOGIE (PALAEOGEOGRAPHIE) : 551.8%574
Autor/-in	MacLeod, Norman
Systemnr.	001483720

[◀ Vorheriger Titel](#) [Nächster Titel ▶](#)

Bestellen: Klicken Sie auf *Alle Exemplare* oder den Namen der Bibliothek (rechte Spalte), um zu Exemplaren zu kommen und ggf. zu bestellen. Bei Zeitschriften können Sie auch den Bestand eines Jahres auswählen.

Klicken Sie auf einen unterstrichenen Begriff in der Titelanzeige, um zu den Suchdiensten zu gelangen.
Klicken Sie auf [i], um die Bibliotheksinfo zu sehen.

ACHTUNG: Der NEBIS-Katalog benötigt Javascript. Ihre Browser-Software unterstützt kein JavaScript, oder Sie haben JavaScript ausgeschaltet!

[Feedback/Anregungen](#) - [FAQ](#)

