



# Skeptical Science

*Getting skeptical about global warming skepticism*



<https://skepticalscience.com/translationblog.php?n=2892&l=6>

# Was hat den Dinosauriern den Garaus gemacht? Eine Kriminalgeschichte...

*Wissenschaftler haben jede Menge kriminaltechnische Beweise zusammengetragen - von hoch aufgelösten Zeitscheiben der Erdgeschichte bis zu mikroskopisch kleinen Fossilien - um den Mörder der Dinosaurier anzuklagen. Ihre Anklageschrift hält besorgniserregende Schlussfolgerungen für uns parat.*

Jeder weiß, dass die Dinosaurier - zusammen mit **ungefähr 70% aller Arten** - durch einen riesigen, in Mexiko einschlagenden Asteroiden ausgelöscht wurden, korrekt? Aber halt, nicht so schnell. Wie bei jedem guten Krimi brachten weitere, kontinuierlich hinzukommende Beweise und einige große neue Enthüllungen einen weiteren Verdächtigen ins Spiel - steckten die beiden unter einer Decke oder war einer von ihnen unschuldig?



## Verdächtiger A - der Einschlag

Unser erster Verdächtiger ist der **Einschlage eines Asteroiden** an einem Ort namens Chicxulub in Mexiko.

Er ist kein Serienmörder. Von allen Fällen eines Massenaussterbens in der Erdvergangenheit konnte er nur mit der Katastrophe zum Ende der Kreidezeit **glaubwürdig in Verbindung gebracht werden**. Zu seinen **tödlichen Waffen** gehören eine heftige Detonation, die alles innerhalb eines Radius von tausenden von Meilen um den Einschlag herum zerstört, ein von der Detonation ausgehender Hitzeblitz, der alles in einem ähnlichen Radius verglühen lässt, gefolgt von einem fast global als Regen niedergehender rotglühender Auswurf, der den Himmel in einen Grill verwandelt, tödliche Verbrennungen verursacht und eine weltweite Feuersbrunst entfacht. Die im flachen Ozean zentrierte Detonation führt zu einem kolossalen Tsunami im noch jungen Atlantik und die Schockwelle löst Erdbeben und Tsunamis rund um den Globus aus, die um vieles stärker sind als das Tōhoku-Beben 2011 in Japan mit einer Stärke von 9. Zu guter Letzt blockieren riesige in die obere Atmosphäre geschleuderte Mengen von Staub und verbranntem Schutt die Sonneneinstrahlung, die Welt wird für viele Jahre dunkel und das Klima eisig.

Das sollte ausreichen.

Allerdings wurde die Idee, dass der Hitzeblitz des Einschlags alles entzünden könne, kürzlich durch Experimente **in Frage gestellt**. Sie haben folgendes aufgezeigt: "Feuer, die durch die bei der Detonation entstandene thermische Strahlung entzündet wurden, können nicht direkt ursächlich für das Aussterben von Pflanzen sein. Daraus folgt, dass Hitzestress nur ein Teil der Geschichte vom Ende der Kreidezeit ist." Pflanzenfossilien aus der ganzen Welt geben auch **keinen Hinweis darauf**, dass es zu diesem Zeitpunkt mehr Brände als normal gab. Das ist also schon einmal eine Waffe, die wahrscheinlich kein globales Aussterben auslösen konnte. Weder die Detonation noch die extremen Erdbeben hätten für sich alleine genommen ausgereicht, ein **globales** Aussterben zu verursachen. Was ist mit dem Tsunami? Ablagerungen des Tsunami wurden **rund um den Golf von Mexiko und bis in den Atlantik** nachgewiesen, weiter entfernt sind die Ablagerungen jedoch **nur schwer zu erfassen**. Und selbst in Mexiko und Texas können sie, detailliert begründet, auch als **normale Ablagerungen** gedeutet werden. Die geographische Verbreitung der Tsunamis war damit eingeschränkt und selbst die Interpretation, ob es sich überhaupt um Tsunamis handelt, war also zweifelhaft. Tsunamis allein können das globale Aussterben auch nicht verursacht haben.



Und was ist mit dem heißen Niederschlag aus Staub, der auf den Planeten niederging? Es stimmt zwar, dass die typischen Spuren eines offensichtlich mit dem Einschlag in Zusammenhang stehenden Niederschlags an vielen Orten der Welt gefunden wurden. Hierbei handelt es sich um hohe Konzentrationen von Iridium, durch plötzlichen Druck geschockte Quarzkristalle und winzige, durch Aufschmelzung von Gestein entstandene Glastropfen, oder "Tektite". Die Dicke dieser Ablagerungen, schrumpft jedoch von **2 Metern** rund um den Golf von Mexiko auf **3 bis 5 cm in Europa** zusammen und fehlt wohl komplett in **China, Alaska, Japan und Neuseeland**. Eine Anreicherung von Iridium wurde in Nordamerika, Europa und Nordafrika, und sogar an der Grenze zwischen Indien und Bangladesch nachgewiesen, nicht aber in **China, Alaska und Japan**. Der Niederschlag allein scheint also kein überzeugender weltweiter Killer zu sein. Vielmehr wurde sogar vermutet, dass einige der Niederschlagsspuren von **Vulkanausbrüchen** herrühren könnten anstatt von einem Einschlag.

War der Einschlag in *der Lage* eine **Versauerung** der Ozeane zu verursachen und damit ein Aussterben vieler mariner Arten zu bewirken?

Professor Toby Tyrrell von der Universität Southampton in England und seine Mitautoren haben dies getestet. Auf der Konferenz der American Geophysical Union im Dezember 2014, **haben sie ihre eindeutige Antwort gegeben**: "Nein".

Die Autoren untersuchten mehrere mögliche Wege an, wie der Einschlag zur Versauerung der Meere geführt haben könnte. Hat die Druckwelle des Einschlags Stickstoff in Salpetersäure verwandelt? Selbst wenn dies passiert wäre, hätte die Menge nicht ausgereicht, um die Meere zu versauern. Verdampfung des Kohlenstoffs aus Kalkgestein an der Einschlagsstelle? Zu wenig. Freisetzung von Kohlenstoff durch terrestrische Verrottung, Bodenatmung, Waldbrände, Kohlenwasserstoffe? Auch nicht. Tsunamis, welche die Ozeane durchmischen? Nein. Alles zusammengekommen? Immer noch nicht. Verdampfter Schwefel aus dem schwefelhaltigen Gestein bei Chicxulub, der von der Atmosphäre aufgenommen wurde? Es wären 800 Milliarden Tonnen Sulfate notwendig, um die damalige Versauerung zu erreichen. Um aber auf diese Zahl zu kommen, müssen alle Annahmen in den Berechnungen bis zu einem irrwitzigen Extrem getrieben werden. Der Einschlag kann die Versauerung der Meere nicht wirklich ausgelöst und deshalb auch das Aussterben kalkbildender Arten im Meer nicht bewirkt haben.

*Der Einschlag kann die Versauerung der Meere nicht wirklich ausgelöst und deshalb auch das Aussterben kalkbildender Arten im Meer nicht bewirkt haben.*

Damit bleibt nur der "**Impaktwinter**" als die letzte verbleibende und potentiell global tödliche Waffe unseres Verdächtigen übrig. Pflanzenfossilien aus der ganzen Welt zeigen jedoch, dass ein Verdunkeln der Atmosphäre, ausreichend stark um das Pflanzenwachstum zu verhindern, **nicht länger als ein paar Jahre** angehalten haben kann. Waren ein paar Jahre vielleicht ausreichend? Sedimente in Texas und New Jersey zeigen eine **ausgeprägte Abkühlung** innerhalb von Monaten bis zu Jahrzehnten nach dem Einschlag, die als mögliche Anzeichen einer Abkühlung der Meere als Folge der niedrigen Oberflächentemperaturen während des Impaktwinters gedeutet werden können. Es braucht jedoch viele Jahrzehnte, bis sich die Meere deutlich abkühlen oder erwärmen, was mit ihrer Wärmekapazität und -trägheit zusammenhängt. Es ist sehr unwahrscheinlich, dass ein dermaßen kurzes Klimasignal, die Meere rund um den Globus so schnell abgekühlt haben kann, um die schnelle Abkühlung zu verursachen, der in den Sedimenten sichtbar ist. Jedenfalls sind große Vulkaneruptionen ebenfalls bekannt dafür, eine vorübergehende globale Abkühlung zu verursachen. Da andere Beweise fehlen, scheint der Impaktwinter als effektiver und alleiniger Grund für das globale Aussterben auszuscheiden.

Trotz seines mörderischen Images, scheint der Chicxulub Einschlag also keine WMA (Waffen des Massenaussterbens) zu haben. Was ist mit unserem anderen Verdächtigen?

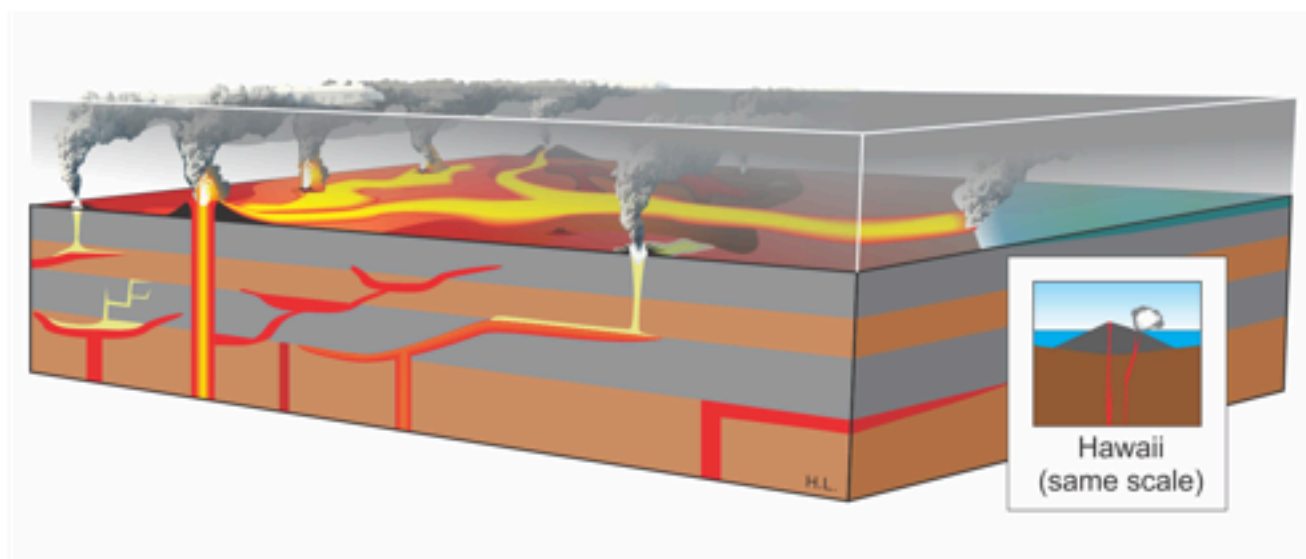
## **Verdächtiger B – durch massive Vulkanausbrüche verursachter Klimawandel**

Dieser Verdächtige hat ein ellenlanges Strafregister. Im Gegensatz zu Asteroideneinschlägen, ist er ein bekannter Serienmörder, der mit vier der "fünf großen" Massensterben in Verbindung gebracht wird, sowie mit **vielen anderen globalen Aussterbens- und Erwärmungsereignissen**. Trotzdem sollten wir von seiner Unschuld ausgehen, bis seine Schuld bewiesen ist.

Die Dekkan-Ausbrüche in Indien gehörten zu einer seltenen und exotischen Klasse von hyperaktiven Eruptionen, bekannt als **Magmatische Großprovinz** (oder "**LIP**" vom englischen "**Large Igneous Provinces**"). So etwas wie sie hat es auf unserem Planeten in den letzten 16 Millionen Jahren nicht mehr gegeben. Die Dekkan-Ausbrüche überfluteten in Indien eine Fläche dreimal so groß wie Texas, oder Frankreich, mit sehr heißen Flüssen und Seen aus Lava, darunter auch der längste jemals gemessene Lavastrom (**über 1500 km**), der erst weit draußen im Ozean endete. Über einen Zeitraum von ungefähr **750.000 Jahren** hinweg baute sich die Lava nach und nach bis zu einer Dicke von 3 Kilometern auf. Zur Zeit des Massenaussterbens gab es jedoch vier besonders heftige Mega-Ausbrüche innerhalb von nur **wenigen Jahrtausenden**.



Aber, es ist nicht die Lava, die im globalen Maßstab tötet - es sind die Gase.



*Stilisierte Darstellung einer Mega-Eruption in einer Magmatischen Großprovinz wie bei den Dekkan-Ausbrüchen. Die horizontale Achse entspricht ungefähr 1.500km, die vertikale Achse ist überhöht dargestellt - das obere Ende der Box stellt die Stratosphäre dar (ungefähr 15km über dem Boden). Der größte Vulkan der Neuzeit - Hawaiis Big Island - gezeigt als Größenvergleich.*

Beim katastrophalen Beginn jeder Mega-Eruption, stiegen gewaltige Säulen aus Asche und Gasen, u. a. Wasserdampf,  $\text{CO}_2$ , Schwefeldioxid ( $\text{SO}_2$ ), Chlor und Fluor, bis in die Stratosphäre auf, von wo aus sie sich rund um den Planeten verteilten. Aus dem Schwefeldioxid bildeten sich schwefelhaltige Aerosole, genau wie bei großen Eruptionen heutzutage. Diese wirkten wie ein Sonnenschirm und kühlten den Planeten für einige Jahre, ähnlich wie beim Impaktwinter). Zeitgleich zerstörten Chlor und Fluor möglicherweise die Ozonschicht, was zu einem dramatischen Anstieg der schädlichen und bis zum Boden reichenden UV-Strahlung führte.

Die Gasemissionen des Dekkan waren so massiv und schnell, dass sie die Aufnahmefähigkeit der Ozeane und anderer Feedback-Mechanismen überforderten - wodurch die  $\text{CO}_2$ -Konzentration in der Atmosphäre innerhalb weniger Jahrtausende enorm anstieg. Als der kurzfristige vulkanische Winter nachließ, enthüllte er die wirklich tödlichen Waffen der abrupten globalen Erwärmung und Versauerung der Ozeane. Der Planet erwärmte sich um  $8^\circ\text{C}$  über Land und  $4^\circ\text{C}$  in den Meeren, während sich das überschüssige  $\text{CO}_2$  im Meerwasser auflöste und es immer saurer werden ließ. Der Schwefel regnete langsam als Schwefelsäure herab, was sowohl das Land als auch das Meer so lange pökelte bis die Ozeane so sauer waren, dass sich die Kalkschalen der Tiere bei lebendigem Leib auflösten.

Sollte sich das jetzt irgendwie bekannt anhören, dann liegt das daran, dass Hochrechnungen zu Folge wir uns selber etwas sehr Ähnliches antun werden, wenn wir  $\text{CO}_2$  weiterhin im gleichen Maße wie im Moment emittieren (der Trend unserer  $\text{CO}_2$ -Emissionen ist vergleichbar mit dem der Dekkan-Ausbrüche).

*Sollte sich das jetzt irgendwie bekannt anhören, dann liegt das daran, dass Hochrechnungen zu Folge wir uns selber etwas sehr Ähnliches antun werden, wenn wir  $\text{CO}_2$  weiterhin im gleichen Maße wie im Moment emittieren.*

Es ist also klar, dass die Eruptionen über effektive WMA (Waffen des Massenaussterbens) verfügten. Außerdem haben die Magmatischen Provinzen durch frühere Taten - wie z. B. die Massenaussterben zu Zeiten der Trias-Jura- und der Perm-Trias-Grenze - bereits ein Vorstrafenregister.

## Platzieren der Verdächtigen am Ort des Verbrechens

Da es um ein globales Massenaussterben geht, liegt das Problem weniger beim Wo sondern beim Wann. In den Zeiträumen von mehreren Millionen Jahren, mit denen Geologen üblicherweise arbeiten, liegen die durch den Zerfall radioaktiver Elemente ermittelten Zeitpunkte ("radiometrische Daten") für das Massenaussterben, die Eruptionen und den Einschlag sehr nahe zusammen. Allerdings nicht nahe genug, um unsere Angeklagten aus- oder einzuschließen.

Um herausfinden zu können, welcher unserer Verdächtigen das Massenaussterben verursachte, müssen wir die Zeitpunkte mit einer Genauigkeit von wenigen Zehntausend Jahren bestimmen. Dies bringt uns aber in die Messungenauigkeit der radiometrischen Zeitpunktbestimmung. Deshalb müssen die Forscher zu kriminaltechnischen Methoden greifen und die Zeitspannen mit Hilfe von Fossilien, Schwankungen der Erdumlaufbahn und Umkehrungen des Erdmagnetfeldes einzugrenzen. Die unvermeidbaren Diskrepanzen zwischen einzelnen Studien und Orten, sowie zwischen marinem und nicht-marinem Gestein machen es schwer, eine definitive Zeitschiene festzulegen. Dies ist vergleichbar mit dem Versuch, eine gerade Linie über mehrere kleine Boote hinweg zu ziehen, die auf hoher See auf und ab dümpeln.



Es hilft also, einen Fixpunkt zu haben, auf den man sich beziehen kann. Das offizielle Ende der Kreidezeit wird im Norden [Tunesiens](#) an Markern des Massenaussterbens im *marinen* Sedimentgestein festgemacht. Winzige im Meer lebende Schalentiere, die Foraminiferen (oder kurz "Forams") genannt werden, haben häufig neue Arten mit verschieden geformten Schalen hervorgebracht. Sie können deshalb dazu verwendet werden, nivellierte Zeitzonen festzulegen. Das tunesische Sedimentgestein zeigt einen Übergang von der "CF1" zur "P0" genannten fossilen Zeitzone, welches als Marker des Massenaussterbens zum Ende der Kreidezeit in marinem Sediment rund um den Globus nachgewiesen wurde. [Dazu kommen noch eine deutliche Tonschicht mit einer rotgefärbten Basislage, Spitzenwerte bei der Iridium-Konzentration sowie eine deutliche Veränderung bei den Kohlenstoff-Isotopen, was eine ausgeprägte Störung des globalen Kohlenstoff-Zyklus anzeigt.](#)

Das bisher beste Datum für das Ende der Kreidezeit wird aber durch *nicht-marine* Sedimente in Montana definiert und liegt zwischen dem letztmaligen Auftreten von Pollen aus der Kreidezeit und den fossilen Pollen der Nach-Kreidezeit. Diese Schicht wurde auf [vor 66,043 Millionen Jahre](#) vor heute datiert, mit einer Unsicherheit von 43.000 Jahre in beide Richtungen. Dieses Datum differiert lediglich um 5.000 Jahre von Tektit-Glaskügelchen, die auf Haiti gefunden wurden. Es ist also im Prinzip zeitgleich. Das scheint den Einschlag schlüssig auf den Zeitpunkt des Massenaussterbens zu legen. Die mit diesen haitianischen Tektiten in Zusammenhang gebrachten Meeresfossilien stammen jedoch aus einer [mindestens 100.000 Jahre jüngeren Zeitspanne](#). Dies deutet darauf hin, dass diese Tektite durch spätere Ablagerungsprozesse [umgewälzt wurden](#) und deshalb [nicht das tatsächliche Datum des Einschlags anzeigen können](#).

Die Geschichte wird immer spannender!

## **Wurde Chicxulub zu Unrecht verurteilt?**

Man mag erwarten, dass der Niederschlag von Staub nach dem Einschlag ein klares globales Signal hinterließ, eine Art Zeit-"Marker", gegen den alle anderen Vorkommnisse verglichen werden können. Das ist leider aber nicht der Fall. Es hat sich herausgestellt, dass die Glaskügelchen, der Druck-geschockte Quarz und die hohe Iridium-Konzentration durch Ablagerungsprozesse und [Bodenwasser bewegt](#) werden können. Es gibt zahlreiche Gegenden, bei denen die Hinweise für den Einschlag als Beweis dafür angesehen wurden, dass dieser mit dem Massenaussterben zusammenfiel. Doch, genau wie in Haiti gibt es auch bei den Fundstellen von New Jersey bis in die Karibik große, bis zu mehreren hundert Tausend und gar bis zu 3 Millionen Jahre währende [Lücken](#), - und zwar genau zur kritischen Periode gegen Ende der Kreidezeit! Sie können also auch [nicht dazu verwendet werden](#), das Datum des Einschlags präzise zu fassen.

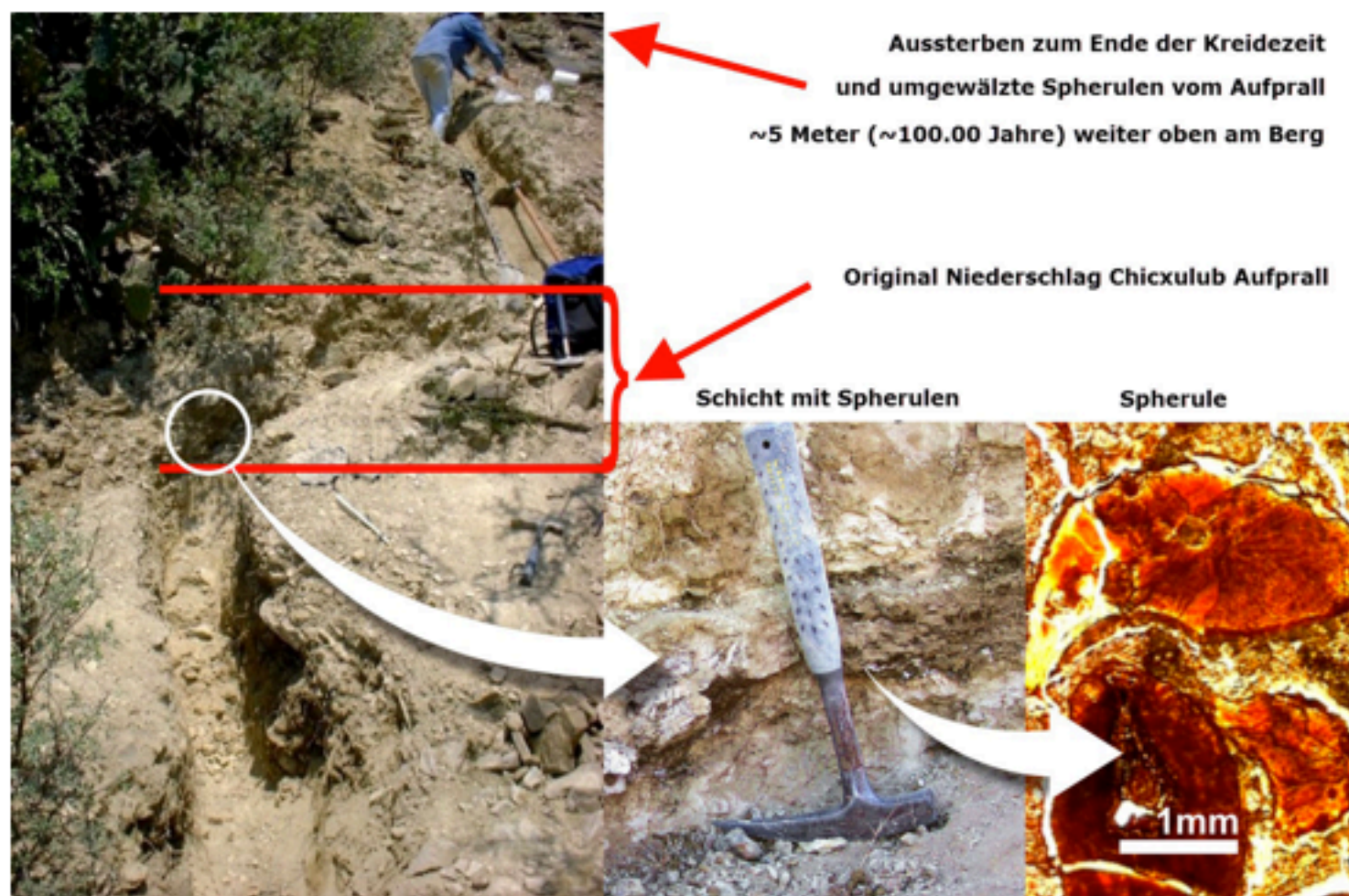
Was wäre, wenn es einen Doppelgänger gab - einen weiteren Einschlag, der etwa zur gleichen Zeit erfolgte und ähnliche Signale hinterließ? Er könnte uns von der Spur abbringen. Diesen zweiten Einschlag gab es tatsächlich.

Ein kleinerer Asteroid hinterließ [vor 65,59 Millionen Jahren](#) - mit einer Unsicherheit von über einer halben Million Jahre in beide Richtungen - einen Krater bei Boltysh in der Ukraine. Ein Ereignis, das sich also mit den von uns untersuchten Vorkommnissen weitgehend überschneidet. Außerhalb der direkten Nachbarschaft scheint es nur ein [vernachlässigbares ökologisches Trauma](#) ausgelöst zu haben und Fossilien aus dem Krater zeigen, dass der Boltysh-Einschlag mehrere Tausend Jahre *vor* dem Ende der Kreidezeit stattfand. Die [Impakt-Datenbank \(Earth Impact Database\)](#) enthält drei weitere kleine Einschläge, die möglicherweise in diesem Zeitraum erfolgten, aber bisher nur sehr ungenau datiert sind. Anders ausgedrückt war Chicxulub zwar wohl der weitaus größte aber nicht der einzige Einschlag in diesem Zeitraum. Auch andere waren in der Lage ähnliche und typische Einschlagsspuren zu hinterlassen.

Aus dem Chicxulubkrater entnommene Sedimentproben erzählen eine erstaunlich ähnliche Geschichte wie die aus Boltysh. Zunächst wurde angenommen, dass es sich um Ablagerungen als direkte Folge des Einschlags und daraus resultierenden Tsunamis handelte. Mittlerweile hat sich aber herausgestellt, dass sie auch normales marines Kalkgestein mit eindeutigen CF1 Fossilien aus dem Ende der Kreidezeit enthalten - der Krater *muss* also bereits *vor* dem Massenaussterben am Ende der Kreidezeit entstanden sein! Außerdem kommt noch dazu, dass in Ablagerungen aus [Texas und Mexiko](#) der Niederschlag nach dem Einschlag (in Form der ältesten Schicht von Einschlag-Glaskügelchen) *dem Massenaussterben um mehr als 100.000 Jahre voran ging*.

Es sieht also - erstaunlicherweise - danach aus, dass der Chicxulub-Einschlag ein Alibi hat. Er war zum Zeitpunkt des Massenmordes nicht am Tatort. Wie sieht es bei unserem anderen Verdächtigen aus?





*Das Alibi des Einschlags - er fand ungefähr 100.000 Jahre vor dem Massenaussterben am Ende der Kreidezeit statt. Links: älteste Spherulenschicht bei El Peñon in Mexiko (entstanden zu Beginn der fossilen Zeitperiode CF1). In der Mitte: Nahaufnahme der Spherulenschicht. Rechts: Mikroskopaufnahme von miteinander verschmolzenen Spherulen. Diese waren noch heiß und weich als sie abgelagert wurden. Foto: Gerta Keller, Princeton University.*

## Beweise für einen von Vulkanen ausgelösten Klimawandel

Ende 2014 wurden mehrere **neue radiometrisch ermittelte Zeitangaben** für die Dekkan-Ausbrüche veröffentlicht, die zehn- bis hundertmal genauer waren als zuvor veröffentlichte Daten. Sie legten den Beginn der Hauptphase der Dekkan-Ausbrüche in einen Bereich von 250.000 Jahre um das Massenaussterben und zeigten, dass die *Eruptionen während des Aussterbe-Ereignisses anhielten*. Für eine zeitlich enge Verbindung zum Massenaussterben benötigen wir marine Fossilien - die Dekkan-Lava entstand jedoch an Land. Am Rande des Lavastroms in der Nähe der Bucht von Bengalen gibt es glücklicherweise für die späte Kreidezeit charakteristische Sedimente zwischen und unter den längsten der riesigen Lavatröme. Und Sedimente direkt über der Lava enthalten die typischen Fossilien der allerersten Nach-Kreide-Perioden. Dies belegt, dass das marine Massenaussterben *während der Mega-Eruptionen stattfand*.

Die isotopische Zusammensetzung mariner Fossilien bildet sich in Abhängigkeit von der Temperatur und dem Kohlenstoffzyklus der Meere. Daraus ergibt sich für die Wissenschaftler ein genaues Bild über Veränderungen des Klimas bis hin zum Aussterben. Danach gab es **4 deutlich erkennbare Phasen globaler Erwärmung**, die von kühleren Perioden unterbrochen wurden. **Meeresspiegel** stiegen an und **fielen**, während einige Regionen an Land unter schweren **Dürren** litten. Diese **Aufs und Abs** **peinigten das Leben durch extreme Instabilität des Klimas**, dezimierten die Biodiversität schrittweise durch die Mega-Eruptionen und führten am Höhepunkt während der 4. Mega-Eruption schließlich zum schlagartigsten Klimawandel und zur Versauerung der Ozeane. An ihrem Ende war der größte Teil des Lebens der Kreidezeit ausgelöscht.

Die meisten Schalentiere stellen ihre Schalen aus Kalziumkarbonat her - mittels chemischer Prozesse, die nur in alkalischem Wasser mit ausreichend Kohlenstoff funktionieren. Diese Prozesse stammen aus der Zeit der kambrischen Explosion, als Meerwasser zum ersten Mal alkalisch wurde und tierische Lebewesen Wege entwickeln mussten, mit dieser veränderten Chemie der Meere zurechtzukommen). Die **Versauerung der Ozeane** war für diese Kreaturen tödlich und führte zur Auslöschung von über 90% der Kalkalgen zusammen mit wesentlich besser bekannten und fotogenen Arten wie Belemniten und Ammoniten.

An Land starben und vermoderten Wälder fast auf der ganzen Welt und **machten Platz für offene mit Farnen bedeckte Flächen**. Im östlichen Russland und in der Antarktis war die Vegetation **allem Anschein nach jedoch nicht ganz so stark betroffen**. Schwankendes Klima und Dürren **verhinderten die Rückkehr der Wälder** für viele tausende von Jahren.

**Festgenagelt!**



Vor kurzem wurden unglaublich detaillierte Daten über die Sedimente vom Ende der Kreidezeit veröffentlicht, die Dinosaurier-Fossile aus Montana beinhalten. Was sie preisgeben ist eine Sequenz, die "offensichtlich nicht konsistent mit einem unmittelbaren Antriebsmechanismus ist." Oder, anders ausgedrückt, die dortigen Sedimente sprechen nicht für einen Einschlag als Auslöser für die Umweltveränderungen. Vielmehr passen diese neuen Daten sehr gut zu den bisherigen Beweisen, die auf die Dekkan-Eruptionen als Täter hinweisen.

*Neue Daten... sprechen nicht für einen Einschlag als Ursache für die Umweltveränderungen*

In Nordamerika und Europa waren die Dinosaurier gesund und mannigfaltig bis zu einem Zeitpunkt von ungefähr 200.000 Jahren vor dem Ende der Kreidezeit. Säugetiere und Amphibien gab es weiterhin, sie nahmen während der letzten 200.000 Jahre der Kreidezeit jedoch deutlich ab, was zeitlich mit den Dekkan-Eruptionen zusammen fiel. Eine ganz ähnliche Geschichte erzählen Fossilien aus Indien, wo es bis zu den Dekkan-Eruptionen Fossilien gibt, die wuchernde Vegetation und üppiges Tierleben anzeigen, darunter auch brütende Dinosaurier. Mit Beginn der Eruptionen zeichnen die Sedimente zwischen den Lavaströmen das schwindende Leben wie eine tragische Zeitrafferaufnahme auf. Dinosaurier und Wälder werden mit dem Beginn der Eruptionen ungefähr 250.000 Jahre vor dem Ende der Kreidezeit dezimiert. Die wenigen Überlebenden überstehen die nächste Eruption nicht und verschwinden aus dem fossilen Datensatz Indiens lange vor anderen Reptilien wie Schildkröten und Schlangen. Während der letzten ungefähr 18.000 Jahre der Kreidezeit nehmen die Landpflanzen Nordamerikas bis zur Kreide-Tertiär-Grenze ab, was zum Zeitablauf des marinen Aussterbens und der Dekkan-Mega-Eruptionen passt.

Es sieht also so aus, dass die Eruptionen und nicht der Chicxulub-Aufschlag den Dinos den Garaus gemacht hat, genauso wie sie so viel mehr Leben an Land und in den Meeren auf dem Gewissen haben.

## Das Urteil

Wir haben also ein Urteil gefällt. Bitte erheben Sie sich.

Dekkan-Eruptionen - für die globale Erwärmung der Kreidezeit, die Versauerung der Ozeane und das Aussterben in den Meeren: schuldig! Für das Aussterben an Land einschließlich der Dinosaurier: ebenfalls schuldig - auch wenn einige vielleicht noch begründete Zweifel geltend machen könnten.

Chicxulub-Einschlag - für die globale Erwärmung der Kreidezeit, die Versauerung der Ozeane und das Aussterben in den Meeren: nicht schuldig! Für das Aussterben an Land und den Tod der Dinos: nicht schuldig - er hat ein Alibi und es gibt für eine Strafverfolgung nicht ausreichend Beweise dafür, dass er im globalen Maßstab töten könnte. Nach 30 Jahren wird es Zeit, ihn ziehen zu lassen. Er hat seine Strafe schon abgesessen.

Fall also abgeschlossen? Wahrscheinlich nicht. Es gibt Spielraum für Berufungen und neue Beweise in den nächsten Jahren, vielleicht sogar einen "Serien" Podcast. Die vielen und überzeugenden Beweislinien, dass die globale Erwärmung und die Versauerung der Ozeane für das Verschwinden von so viel Leben - einschließlich der Dinosaurier - verantwortlich war, sollte uns aber schon zum Innehalten bringen.

---

Dank geht an das Geological Society of America Special Paper 505, das Treffen der Geological Society of America im Oktober 2014 in Vancouver, die Konferenz der American Geophysical Union im Dezember 2014, an NPR's "Serial" podcast, sowie an die Professoren Toby Tyrrell und Gerta Keller für zahlreiche Klarstellungen, Korrekturen und Erklärungen.

Dank für Korrekturen der deutschen Übersetzung geht an Dr. Wolfgang Stinnesbeck, Universität Heidelberg, Prof. Stephan Fieglstaler und Prof. Gerta Keller (beide Princeton University).



Die Theorie, dass das Massenaussterben am Ende der Kreidezeit durch globale Erwärmung und Versauerung der Meere ausgelöst wurde, geht auf das Jahr 1978 zurück, und zwar auf die [Veröffentlichung einer Studie von Dewey McLean in Science](#). Schon damals erkannte Dewey die Parallelen zum aktuellen Klimawandel. Als [Alvarez et al](#) ihre Theorie veröffentlichten, dass ein Einschlag die Ursache war, beflügelte das die Fantasie der Menschen. Die Debatte ging aber weiter und wurde so erbittert geführt, dass darüber in vielen [Zeitungen](#) berichtet wurde. Als der bereits früher identifizierte Chicxulub-Krater im Jahre 1994 mit dem Aussterben in Verbindung gebracht wurde, galt die Einschlag-Theorie als etabliert, obwohl sie nicht komplett zu den Beobachtungen passte. Deshalb wurde eine neue Theorie entwickelt, mit der die Dekkan-Eruptionen und der Chicxulub-Einschlag kombiniert wurden. Dies wurde seit 2008 generell akzeptiert (Die [Press-Pulse theory of mass extinction](#) besagt, dass die Eruptionen die Ökosysteme bis an den Abgrund brachten bevor ihnen der Einschlag den Rest gab). 2010 kamen [Schulte et al](#) in Erwiderungen zu Studien von [Keller](#) zu dem Schluss, dass der Einschlag tatsächlich die ultimative Ursache des Aussterbens war, die Debatte ging aber weiter. Umweltdaten kombiniert mit einer großen Menge an hochauflösenden Zeitangaben bringen seit 2013 die Magmatischen Provinzen ("LIPs") generell sowie die [Dekkan-Eruptionen](#) speziell mit dem Massenaussterben am Ende der Kreidezeit in Verbindung; dies weist mittlerweile auf eine dominante Rolle der Eruptionen hin. Es ist aber trotzdem nur fair, noch zu erwähnen, dass der Zeitpunkt und das durch den Chicxulub-Einschlag verursachte ökologische Trauma neben den Auswirkungen der Eruptionen weiterhin debattiert und verfeinert werden wird.

#### Quellen:

[MacLeod, N. \(2014\). The geological extinction record: History, data, biases, and testing. \*Geological Society of America Special Papers\*, 505, 1-28.](#)

[Alvarez, L. W., Alvarez, W., Asaro, F., & Michel, H. V. \(1980\). Extraterrestrial cause for the Cretaceous-Tertiary extinction. \*Science\*, 208\(4448\), 1095-1108.](#)

[Jourdan, F., Hodges, K., Sell, B., Schaltegger, U., Wingate, M. T. D., Evins, L. Z., ... & Blenkinsop, T. \(2014\). High-precision dating of the Kalkarindji large igneous province, Australia, and synchrony with the Early–Middle Cambrian \(Stage 4–5\) extinction. \*Geology\*, 42\(6\), 543-546.](#)

[Schulte, P., Alegret, L., Arenillas, I., Arz, J. A., Barton, P. J., Bown, P. R., ... & Willumsen, P. S. \(2010\). The Chicxulub Asteroid Impact and Mass Extinction at the Cretaceous–Paleogene Boundary. \*Science\*, 327\(5970\), 1214-1218.](#)

[Belcher, C. M., Hadden, R. M., Rein, G., Morgan, J. V., Artemieva, N., & Goldin, T. \(2015\). An experimental assessment of the ignition of forest fuels by the thermal pulse generated by the Cretaceous–Palaeogene impact at Chicxulub. \*Journal of the Geological Society\*, 2014-082.](#)

[Spicer, R. A., & Collinson, M. E. \(2014\). Plants and floral change at the Cretaceous–Paleogene boundary: Three decades on. \*Geological Society of America Special Papers\*, 505, SPE505-05.](#)

[Vellekoop, J., Sluijs, A., Smit, J., Schouten, S., Weijers, J. W., Damsté, J. S. S., & Brinkhuis, H. \(2014\). Rapid short-term cooling following the Chicxulub impact at the Cretaceous–Paleogene boundary. \*Proceedings of the National Academy of Sciences\*, 111\(21\), 7537-7541.](#)

[Mateo, P., Keller, G., Adate, T., & Spangenberg, J. E. \(2015\). Mass wasting and hiatuses during the Cretaceous-Tertiary transition in the North Atlantic: Relationship to the Chicxulub impact?. \*Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology\*.](#)

[Keller, G. \(2014\). Deccan volcanism, the Chicxulub impact, and the end-Cretaceous mass extinction: Coincidence? Cause and effect?. \*Geological Society of America Special Papers\*, 505, 57-89.](#)

[Kamo, S. L., Lana, C., & Morgan, J. V. \(2011\). U–Pb ages of shocked zircon grains link distal K–Pg boundary sites in Spain and Italy with the Chicxulub impact. \*Earth and Planetary Science Letters\*, 310\(3\), 401-408.](#)

[Huang, C., Retallack, G. J., Wang, C., & Huang, Q. \(2013\). Paleoatmospheric pCO<sub>2</sub> fluctuations across the Cretaceous–Tertiary boundary recorded from paleosol carbonates in NE China. \*Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology\*, 385, 95-105.](#)

[Sial, A. N., Chen, J., Lacerda, L. D., Peralta, S., Gaucher, C., Frei, R., ... & Belmino, I. K. C. \(2014\). High-resolution Hg chemostratigraphy: A contribution to the distinction of chemical fingerprints of the Deccan volcanism and Cretaceous–Paleogene Boundary impact event. \*Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology\*, 414, 98-115.](#)

[PUNEKAR, J. \(2014, October\). MULTI-PROXY APPROACH TO DECODE THE END-CRETACEOUS MASS EXTINCTION. In 2014 \*GSA Annual Meeting in Vancouver, British Columbia\*.](#)



Tyrrell, T., Merico, A., & McKay (2014) Model Calculations of Ocean Acidification at the End Cretaceous presentation PP54B-03 12/19 In AGU Fall Meeting in San Francisco, California PNAS paper in press.

Zeebe, R. E., Dickens, G. R., Ridgwell, A., Sluijs, A., & Thomas, E. (2014). Onset of carbon isotope excursion at the Paleocene-Eocene thermal maximum took millennia, not 13 years. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 111(12), E1062-E1063.

Bond, D. P., & Wignall, P. B. (2014). Large igneous provinces and mass extinctions: an update. *Geological Society of America Special Papers*, 505, SPE505-02.

Bryan, S (2014) "MARRYING LARGE IGNEOUS PROVINCES AND MASS EXTINCTION EVENTS" in GSA Annual Meeting in Vancouver, British Columbia (YouTube video of presentation)

Schoene, B., Samperton, K. M., Eddy, M. P., Keller, G., Adatte, T., Bowring, S. A., ... & Gertsch, B. (2015). U-Pb geochronology of the Deccan Traps and relation to the end-Cretaceous mass extinction. *Science*, 347(6218), 182-184.

Black, B. A., Lamarque, J. F., Shields, C. A., Elkins-Tanton, L. T., & Kiehl, J. T. (2014). Acid rain and ozone depletion from pulsed Siberian Traps magmatism. *Geology*, 42(1), 67-70.

Renne, P. R., Deino, A. L., Hilgen, F. J., Kuiper, K. F., Mark, D. F., Mitchell, W. S., ... & Smit, J. (2013). Time scales of critical events around the Cretaceous-Paleogene boundary. *Science*, 339(6120), 684-687.

Punekar, J., Mateo, P., & Keller, G. (2014). Effects of Deccan volcanism on paleoenvironment and planktic foraminifera: A global survey. *Geological Society of America Special Papers*, 505, 91-116.

Global Boundary Stratotype Section and Point (GSSP) of the Danian Stage as defined by International Commission on Stratigraphy <http://www.stratigraphy.org/gssp/danian.html> Accessed on 3/10/15

Keller, G. E. R. T. A. (2011). Defining the Cretaceous–Tertiary boundary: a practical guide and return to first principles. *SEPM (Society for Sedimentary Geology), Tulsa*, 23-42.

Keller, G., Khozyem, H., Adatte, T., Malarkodi, N., Spangenberg, J. E., & Stinnesbeck, W. (2013). Chicxulub impact spherules in the North Atlantic and Caribbean: age constraints and Cretaceous–Tertiary boundary hiatus. *Geological Magazine*, 150(05), 885-907.

Brachaniec, T., Karwowski, Ł., & Szopa, K. (2014). Spherules associated with the Cretaceous–Paleogene boundary in Poland. *Acta Geologica Polonica*, 64(1), 110-119.

Gilmour, I., Jolley, D., Kemp, D., Kelley, S., Gilmour, M., Daly, R., & Widdowson, M. (2014). The early Danian hyperthermal event at Boltysh (Ukraine): Relation to Cretaceous-Paleogene boundary events. *Geological Society of America Special Papers*, 505, SPE505-06.

Earth Impact Database maintained by the Planetary and Space Science Centre, University of New Brunswick Fredericton, New Brunswick, Canada <http://www.passc.net/EarthImpactDatabase/Agesort.html> Accessed on 3/10/15.

Sprain, C. J., Renne, P. R., Wilson, G. P., & Clemens, W. A. (2014). High-resolution chronostratigraphy of the terrestrial Cretaceous-Paleogene transition and recovery interval in the Hell Creek region, Montana. *Geological Society of America Bulletin*, B31076-1.

Brusatte, S. L., Butler, R. J., Barrett, P. M., Carrano, M. T., Evans, D. C., Lloyd, G. T., ... & Williamson, T. E. (2014). The extinction of the dinosaurs. *Biological Reviews*.

Csiki-Sava, Z., Buffetaut, E., Ősi, A., Pereda-Suberbiola, X., & Brusatte, S. L. (2015). Island life in the Cretaceous-faunal composition, biogeography, evolution, and extinction of land-living vertebrates on the Late Cretaceous European archipelago. *ZooKeys*, (469), 1.

Samant, B., & Mohabey, D. M. (2014). Deccan volcanic eruptions and their impact on flora: Palynological evidence. *Geological Society of America Special Papers*, 505, SPE505-08.

Prasad, G. V., & Sahni, A. (2014). Vertebrate fauna from the Deccan volcanic province: Response to volcanic activity. *Geological Society of America Special Papers*, 505, SPE505-09.

McLean, D. M. (1978). A terminal Mesozoic "greenhouse": lessons from the past. *Science*, 201(4354), 401-406.



Browne, M. (1988). The Debate Over Dinosaur Extinctions Takes an Unusually Rancorous Turn. New York Times 1/19/1998.

Pope, K. O., Baines, K. H., Ocampo, A. C., & Ivanov, B. A. (1994). Impact winter and the Cretaceous/Tertiary extinctions: results of a Chicxulub asteroid impact model. *Earth and Planetary Science Letters*, 128(3), 719-725.

Arens, N. C., & West, I. D. (2008). Press-pulse: a general theory of mass extinction? *Journal Information*, 34(4).

Keller, G. (2014) Website: Gerta Keller, Professor of Geosciences. Volcanism, Impacts and Mass Extinctions. <http://massextinction.princeton.edu/> Princeton University.

Blackburn, T. J., Olsen, P. E., Bowring, S. A., McLean, N. M., Kent, D. V., Puffer, J., ... & Et-Touhami, M. (2013). Zircon U-Pb geochronology links the end-Triassic extinction with the Central Atlantic Magmatic Province. *Science*, 340(6135), 941-945.





### Zufälliger Artikel

## Spenden

## Artikel zitieren

In anderen Sprachen 

## Versionsgeschichte

**Skeptical Science** ist ein von 31 Autoren betriebenes Wissenschafts-[Weblog](#), das in 21 Sprachen abrufbar ist. Es wurde vom australischen Kognitionswissenschaftler<sup>[1]</sup> [John Cook](#) im Jahr 2007 gegründet. Die Seite befasst sich mit Falschbehauptungen von [Klimaskeptikern und -leugnern](#) und führt rund 200 häufig genutzte Argumente sowie deren Widerlegung. Daneben erscheinen auch Artikel zu aktuellen Themen im Zusammenhang mit der [globalen Erwärmung](#).

- 1 Beschreibung
- 2 Aktivitäten
- 3 Rezeption
- 4 Einzelnachweise

John Cook rief die Website ins Leben, nachdem er im Jahr 2007 eine Rede des US-Senators [Jim Inhofe](#) hörte, in der dieser das Problem der globalen Erwärmung als Witz bezeichnete.<sup>[2][3]</sup> 2010 erklärte Cook, dass ein weiterer Motivationsgrund in seinem christlichen Glauben zu finden sei. Ihm lägen dieselben Dinge am Herzen, von denen er denkt, dass sie Gott auch für wichtig hält, wie beispielsweise die Sorge um die Not der Armen und der Verletzlichen.<sup>[4]</sup>

Er strukturierte die Site so, dass jeder klimaskeptischen Behauptung die Aussagen der Wissenschaft gegenübergestellt werden; ergänzend werden auch erklärende Hintergrundinformationen und wissenschaftliche Referenzen geliefert. Diese sind in zwei bis drei verschiedenen Ausführlichkeits-Stufen abrufbar, so dass der Leser die Komplexität der Antwort wählen kann. Die Website ist keiner politischen, wirtschaftlichen oder wohltätigen Organisation angegliedert und wird allein von John Cook finanziert.<sup>[2][5]</sup>