



Rheinische Friedrich-Wilhelms-Universität  
Bonn

# **Die Kreide-Tertiär-Grenze**

## **Gefahr aus dem All – Massenaussterben und Neuanfang**

Geologisch/Paläontologisches Institut

Wintersemester 2006/2007

Proseminarvortrag in Allgemeiner Geologie

Dozent: Dr. Valdivia-Manchego

Referent: Jean Sebastian Marpmann

Fachsemester: 3

Bonn, den 12.01.2007

## Inhaltsverzeichnis

<b>1. Die Kreide-Tertiär-Grenze: Definition und Allgemeines:</b> .....	2
1.1. Die Kreide-Tertiär-Grenze: Was ist das? .....	2
1.2. Was ist das Besondere an der K-T-Grenze? .....	2
1.3. Kann man die K-T-Grenze sehen? .....	2
<b>2. Gefahr aus dem All:</b> .....	5
2.1. Die Asteroidenhypothese: .....	5
2.2. Der Impakt und seine Folgen:.....	5
<b>3. Massenaussterben und Neuanfang:</b> .....	9
3.1. Geologischer Abriss: .....	9
3.2. Wer starb aus und wann genau?.....	10
3.3. Wer hat überlebt und war bereit zu einem „Neuanfang“?.....	11
<b>4. Zusammenfassung:</b> .....	11
<b>5. Literaturverzeichnis:</b> .....	12
5.2. Abbildungsverzeichnis:.....	12
5.3. Internetquellen:.....	13
5.3.1. für Abbildungen:.....	13
5.3.2. für Texte und Zitate:.....	13
<b>6. Anhang:</b> .....	14

## **1. Die Kreide-Tertiär-Grenze: Definition und Allgemeines:**

### **1.1. Die Kreide-Tertiär-Grenze: Was ist das?**

Die Kreide-Tertiär-Grenze oder auch **K-T-Grenze** beschreibt den Zeitpunkt vom Wechsel des Erdzeitalters des Mesozoikum in das des Känozoikums, bzw. zwischen den Systemen **Kreide** und **Tertiär**. Sie ist festgelegt auf 65 Millionen Jahren vor heute.

### **1.2. Was ist das Besondere an der K-T-Grenze?**

An der Kreide-Tertiär-Grenze kam es zu einem gewaltigen Massenaussterben, das eines der größten Aussterbeereignisse in der Erdgeschichte darstellt. Diesem fielen große Floren- und Faunenbereiche zum Opfer. Sie markiert auch nach 160 Millionen Jahren der Erfolgsgeschichte das Ende der Dinosaurierära, bzw. „non-avian dinosaurs“ (Fastovsky et al., 2005) für das sie allgemein bekannt ist.

### **1.3. Kann man die K-T-Grenze sehen?**

In den 1970ern fand der Geologe Walter Alvarez von der University of California in Berkeley bei Feldarbeiten nahe Gubbio, Italien, eine 2-3 cm starke Tonschicht. Diese Lage befindet sich abrupt genau zwischen einer unteren Schicht aus kretazischen Sedimenten und einer darüber liegenden Schicht aus tertiären Sedimenten. Beide bestehen weitgehend aus Mikroorganismen. Diese Tonlage zeigte eine deutliche Abgrenzung, die K-T-Grenze. Bei der wissenschaftlichen Analyse seiner Studien stellte Alvarez fest, dass in der Tonschicht eine ungewöhnlich hohe Konzentration von dem Platinmetall Iridium vorliegt.<sup>1</sup> Iridium tritt in der Erdkruste nur in sehr geringer Konzentration in Gesteinen auf.<sup>2</sup> Zusammen mit einem Team, das aus seinem Vater, dem Physiker Luis Alvarez, sowie der Geochemikern Helen V. Michel und Frank Asaro, ebenfalls aus Berkeley, bestand, konnte Alvarez ein globales Auftreten dieser „Iridium-Anomalie nachweisen.<sup>3</sup> Der Anteil an Iridium aus den Proben von Gubbio war etwa 30mal höher als der gewöhnliche von etwa 0,4 ppb (parts per billion).

An einigen Fundorten, der mittlerweile entdeckten 103, war sie sogar 160fach höher.

---

<sup>1</sup> Fastovsky et al., The Evolution and Extinction of the Dinosaurs, London, 2005, S. 425f.

<sup>2</sup> <http://de.wikipedia.org/wiki/Iridium-Anomalie>

<sup>3</sup> Fastovsky et al., The Evolution and Extinction of the Dinosaurs, London, 2005, S. 426.

Solch enorm hohe Werte treten in extraterrestrischen Körpern wie Asteroiden auf.<sup>4</sup> Deshalb kam die Gruppe zu dem Schluss, dass es sich um einen Impakt eines Himmelskörpers mit globalen Konsequenzen gehandelt haben müsse.

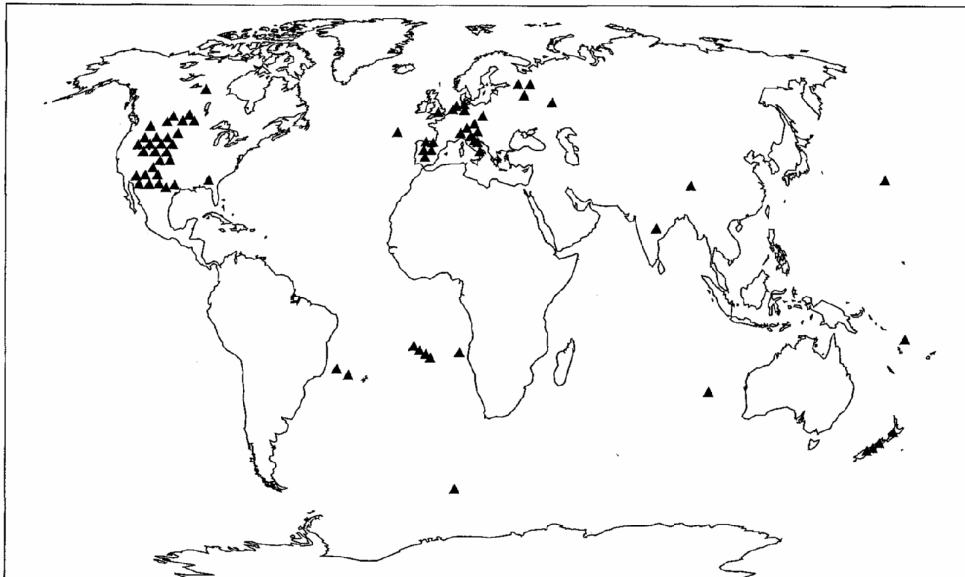


Abbildung 1: 103 weltweit bekannte Iridium-Anomalien, 2004.

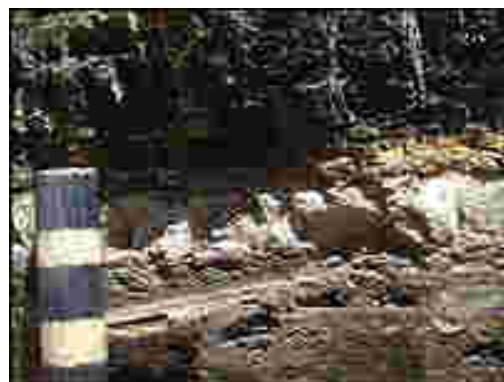


Abbildung 2: Iridiumhaltige Tonschicht (dunkel), darunter Gestein der Kreide, darüber tertiäres Gestein.

Die globale Ablagerung war durch den atmosphärischen Transport des hoch aufgewirbelten iridiumhaltigen Staubs bedingt.<sup>5</sup> Dies veröffentlichte die Gruppe in der Zeitschrift Science am 06. Juni 1980. Im Jahre 1983 wurde vom Paläobotaniker Robert Tschudy und dem Geochemiker Carl Orth festgestellt, dass die Iridium-Anomalie sowohl in marinen, als auch in terrestrischen Sedimenten nachzuweisen ist. Damit einhergehend ließ sich auch „shocked quartz“ (Fastovsky et al., 2005) finden. „Shocked quartz“ ist der Name für Quarz, der einem gewaltigen Druck ausgesetzt wurde, so dass sein Kristallgitter von 90° stark zu zusammengedrückt und deformiert

<sup>4</sup> <http://de.wikipedia.org/wiki/Iridium-Anomalie>

<sup>5</sup> <http://de.wikipedia.org/wiki/Iridium-Anomalie>

wurde. Eine solche Gitterdeformation könne nur auf einen Impaktor hinweisen, der mit der Erde kollidierte, so der Mineraloge B. Bohor.<sup>6</sup>

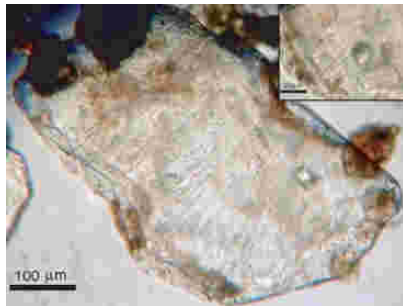


Abbildung 3: "shocked quartz" als Dünnschliff im Durchlichtmikroskop.

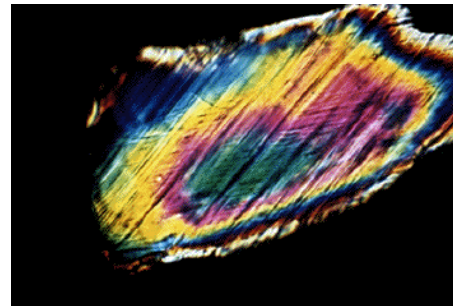


Abbildung 4: "shocked quartz" als Dünnschliff in Öl – Farbspektrum.

Desweiteren wurde auch kieselensäurereiches Glas gefunden, sogenanntes Impaktglas. „Als Impaktglas bezeichnet man ein natürliches Glas, das beim Einschlag eines großen Meteoriten gebildet wird. Durch den Einschlag wird Gestein am Ort des Einschlags aufgeschmolzen. Diese Schmelze erstarrt danach zu einem natürlichen Glas.“<sup>7</sup>



Abbildung 5: Impaktglas.

Im selben Jahr beobachtete der Vulkanologe W. H. Zoller, dass am Ausbruchskanal des Kilauea auf Hawaii ebenfalls iridiumreiches Material aus dem Erdinneren kam. Neville Carter zeigte, dass ein „shocked quartz“ Metamorphismus durch vulkanische Prozesse entstehen kann. Tatsächlich herrschte in der Oberkreide ein großflächiger Vulkanismus im Dekkan oder Dekhan, dem südlichen Teil Vorderindiens, vor. Dass vulkanische Aktivitäten ebenfalls eine Ursache für die Iridium-Anomalie, den „shocked quartz“, das Impaktglas etc. sein könnten, wurde bald durch die Geologen Eugene Shoemaker und den Petrologen G. Izett ausgeschlossen, da sich die Erscheinungen, die bei vulkanischen Eruptionen und Explosionen auftreten, deutlich von denen bei Impakten auftretenden, unterscheiden.<sup>8</sup>

<sup>6</sup> Fastovsky et al., The Evolution and Extinction of the Dinosaurs, London, 2005, S. 427ff.

<sup>7</sup> <http://de.wikipedia.org/wiki/Impaktglas>.

<sup>8</sup> Fastovsky et al., The Evolution and Extinction of the Dinosaurs, London, 2005, S. 429f.

## **2. Gefahr aus dem All:**

### **2.1. Die Asteroidenhypothese:**

Bereits 1981 wurde der Chicxulub-Krater, nördlich der Halbinsel Yucatán im Golf von Mexiko von dem Geophysiker Glen Penfield als eine beckenförmige Struktur mit einem Durchmesser von 180 km beschrieben. Erst knapp zehn Jahre später, im Jahr 1990, zeigte sich die wahre Bedeutsamkeit dieses Fundes, als Bohrproben von dort von dem Geologen A. Hildebrand und dessen Kollegen untersucht worden waren und der „shocked quartz“ nach vielen Bohrmeteren durch jüngere Sedimente zu Tage gefördert worden war. Zur selben Zeit wurde Impaktglas in Haiti entdeckt, das aus relativer Nähe stammen musste. Tatsächlich hatte die kontinentale Kruste über dem Chicxulub-Krater die identische geochemische Zusammensetzung wie die Ablagerungen von Haiti. Zusätzlich stimmte dies mit der Annahme der Sedimentologin Joanne Bourgeois überein, die Beweise für einen Tsunami in den K-T-Ablagerungen an der Golfküste nahe Texas gefunden hatte.<sup>9</sup> Später sollten noch weitere Nachweise für Tsunamis rund um das Einschlagsgebiet entdeckt werden.

Viele Kritiker wurden von dem Zusammenhang zwischen Chicxulub-Impakt mit globalen Auswirkungen und einem Massensterben überzeugt, als der Einschlag mit 65 Ma datiert wurde.<sup>10</sup>

### **2.2. Der Impakt und seine Folgen:**

Der Asteroid prallte mit der Kraft von „etwa fünf Milliarden Hiroshimabomben“<sup>11</sup> in den Golf von Mexiko. Gigantische Tsunamis von Kilometerhöhe waren die unmittelbare Folge, sowie eine enorme Druckwelle. Die gewaltige Hitze, die bei dem Aufprall entstand, verdampfte feste Körper in unmittelbarer Nähe zu heißen Gasen und die daraus resultierende Volumenexpansion führte zu einer Druckwellenbildung, die in kurzer Zeit um die Welt raste.<sup>12</sup>



**Abbildung 6: Der Himmelskörper kollidiert mit der Erde.**

<sup>9</sup> Fastovsky et al., The Evolution and Extinction of the Dinosaurs, London, 2005, S. 429ff.

<sup>10</sup> Fastovsky et al., The Evolution and Extinction of the Dinosaurs, London, 2005, S. 431.

<sup>11</sup> <http://www.zdf.de/ZDFde/inhalt/17/0,1872,2372337,00.html>

<sup>12</sup> <http://de.wikipedia.org/wiki/Wasserstoffbombe#Wirkungsweise>

Sicher ist, dass apokalyptische Zustände in diesem Augenblick herrschten.

Ein Blick unter die Erdoberfläche wurde durch hochmoderne geophysikalische Technik ermöglicht. So konnte ein dreidimensionales Bild erstellt werden, das den Einschlagskrater, der nach Jahrtausenden unter der Erdoberfläche liegt, zeigt. Der Planetologe und Geologe P. H. Schultz ermittelte einen Durchmesser von 10-15 km für den Himmelskörper, sowie einen Einschlagswinkel von etwa 30°. Der Asteroid kam aus SE' Richtung.<sup>13</sup> Wissenschaftler

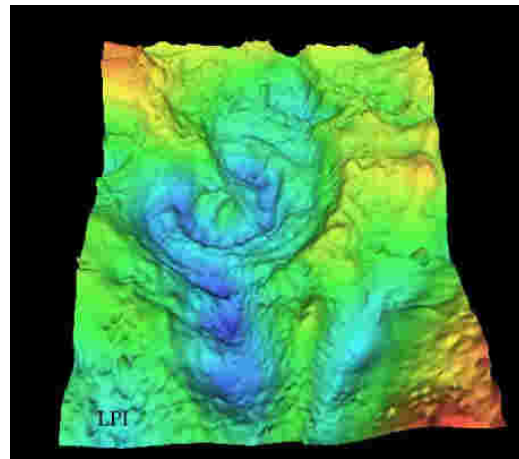


Abbildung 7: 3D-Modell des Chicxulub-Kraters. Norden ist oben.

stellen Hypothesen auf, welche Folgen dieser Einschlag auf das Ökosystem der Erde gehabt haben könnte. Es wurde vermutet, dass das aufgewirbelte Material in die Atmosphäre aufstieg und dort so lange blieb, dass das Sonnenlicht für etwa drei Monate nicht die Erde erreichte. Man verglich den Verbleib des aufgewirbelten Materials mit dem von vulkanischer Asche in der Atmosphäre. Eine Verdunklung der Atmosphäre hätte zu einem „rapiden“ Absinken der Temperatur geführt und auf längere Sicht eine langzeitige globale Abkühlung zur Folge gehabt, die auf Land schwerwiegender gewesen wäre als im Ozean. Dieses Ereignis wurde bislang „Impakt Winter“, ähnlich einem nuklearen Winter, genannt. Diese Hypothese stellte die Berkeley Gruppe um Alvarez aus den Daten auf, die ihnen damals zur Verfügung standen. Der Bericht enthielt aber keine stichhaltigen Beweise, die durch Atmosphärenspezialisten, Ballistiker oder Biologen gesichert worden wären.<sup>14</sup> Allerdings hätte eine Verdunklung der Atmosphäre auch zu einer starken Unterbrechung der Nahrungskette im Meer führen können, wenn das Phytoplankton nahe des Meeresspiegels der Ozeane aufgrund von Mangel an Sonnenlicht abgestorben wäre. Das gleiche gilt für Photosynthese betreibende Organismen an Land. Dies hätte weit reichende Konsequenzen für die davon abhängige Tierwelt zu Wasser und zu Land gehabt.<sup>15</sup>

Auch wenn es nicht zu einem nuklearen Winter kam, so könnten doch Aerosole und Ruß von großflächigen Waldbränden die Atmosphäre verdunkelt haben, so K. Pope vom Geo Eco Arc Research. Die Anfangshitze am „Ground Zero“<sup>16</sup> soll 50 bis 150mal stärker gewesen sein als die Sonnenenergie, die sonst auf die Erde trifft. Weltweite

<sup>13</sup> Fastovsky et al., The Evolution and Extinction of the Dinosaurs, London, 2005, S. 432.

<sup>14</sup> Raup, The Nemesis Affair, New York, 1999, S 89.

<sup>15</sup> Raup, The Nemesis Affair, New York, 1999, S 89ff.

<sup>16</sup> Fastovsky et al., The Evolution and Extinction of the Dinosaurs, London, 2005, S. 433.

Waldbrände sollen die Folge gewesen sein, die sich durch die enorme Hitze teilweise von selbst entfachten. Durch das „shock heating“<sup>17</sup> soll saurer Regen in der Atmosphäre entstanden sein. Dies konnte jedoch bis heute empirisch nicht bewiesen werden, dennoch bleibt es wahrscheinlich, aber hypothetisch.

Dagegen sprechen aber wissenschaftliche Modelle, die belegen sollen, dass die erzeugte Energie nicht für eine so starke globale Erhitzung über einen längeren Zeitraum sorgen konnte, dass dadurch weltweit Waldbrände entstehen konnten. Zudem soll die Kohlenstoffmenge nicht von Ruß durch verbrannte Biomasse stammen, sondern anderen Ursprungs sein.<sup>18</sup>

Die gängige Meinung besagt, dass die enorme Energie, die unmittelbar nach dem Aufprall frei wurde, die weltweite Temperatur auf 30°C hätte ansteigen lassen müssen und das über einen Zeitraum von etwa einem Monat. Ein Treibhauseffekt hätte eintreten können, wie eine andere Hypothese besagt.<sup>19</sup>

K. Pope kam zu dem Schluss, dass die Menge des bei dem Aufprall des Asteroiden entstanden Staubes nicht ausreichte, um in weiten Teilen die Voraussetzungen für die Einstellung der Photosynthesebetrieung zu schaffen, noch kam es seiner Meinung nach zu einem deutlichen Abkühlen der Erdtemperatur durch den Asteroiden allein.<sup>20</sup>

„Einschneidende klimatische Veränderungen“<sup>21</sup> bezweifelt auch Prof. Dr. Wolfgang Stinnesbeck vom Geologischen Institut in Karlsruhe, nachdem er Proben untersucht hatte, die im Rahmen des Internationalen Kontinentalen Tiefbohrprogramms der Yaxcopoil-1-Bohrung am Chicxulub-Krater vorgenommenen worden waren.<sup>22</sup> Des Weiteren will Stinnesbeck mit seinem Team Belege dafür gefunden haben, die den Einschlagszeitpunkt auf 65,3 Ma datieren. „Der Asteroideneinschlag auf der mexikanischen Yucatán-Halbinsel, der bisher dafür verantwortlich gemacht wurde, steht nicht in einem direkten Zusammenhang mit dem Massensterben der Arten an der Kreide-Tertiär-Grenze: Er geschah rund 300 000 Jahre früher...„Wir wissen, dass es ein weiteres Impaktereignis an der Grenze zwischen Kreide und Tertiär gab“, erklärt Stinnesbeck. Dies lasse sich aus einer weltweiten Iridium-Anomalie und geschockten Quarzen schließen. „Der zugehörige Krater ist jedoch bis heute unbekannt.“<sup>23</sup> Im Herbst 2006 veröffentlichte Gerta Keller von der Princeton University mit ihrem Forscherteam einen Artikel, in dem sie von einem zweiten Meteoriteneinschlag in

---

<sup>17</sup> Fastovsky et al., The Evolution and Extinction of the Dinosaurs, London, 2005, S. 433.

<sup>18</sup> <http://cat.inist.fr/?aModele=afficheN&cpsid=16910321>

<sup>19</sup> Fastovsky et al., The Evolution and Extinction of the Dinosaurs, London, 2005, S. 433f.

<sup>20</sup> Fastovsky et al., The Evolution and Extinction of the Dinosaurs, London, 2005, S. 432f.

<sup>21</sup> <http://www.innovations-report.de/html/berichte/geowissenschaften/bericht-18008.html> (Stand 2003)

<sup>22</sup> <http://www.innovations-report.de/html/berichte/geowissenschaften/bericht-18008.htm> | (Stand 2003)

<sup>23</sup> <http://www.innovations-report.de/html/berichte/geowissenschaften/bericht-18008.html> (Stand 2003)



Indien berichtet. Der sogenannte „Shiva-Crater“<sup>24</sup> soll einen Durchmesser von etwa 500 km haben. Er soll es sein, der die Iridiumablagerung an der K-T-Grenze verschuldet haben soll. „Die letzten 400.000 Jahre der Kreidezeit waren eine entsetzliche Zeit: Gewaltige Vulkanausbrüche in Indien, ein schwüles Treibhausklima und der Meteoriteneinschlag im Golf von Mexiko brachten viele Lebewesen in Bedrängnis...Erst später versetzte ein zweiter Meteoriteneinschlag vielen Lebewesen den endgültigen Todesstoß“<sup>25</sup>, berichtete Gerta Kellers Forscherteam. Sie bestätigte auch anhand von Messergebnissen die Annahme von Stinnesbeck, dass der Chicxulub-Crater schon auf 300.000 Jahre vor der K-T-Grenze datiert werden müsse. Viele Wissenschaftler sehen sich in Ihrer Annahme bestätigt, dass der Chicxulub-Impakt selbst kein Massensterben verursachte. Dies belegen Mikrofossilien, die auch Stinnesbeck bereits untersucht hatte. Keller zufolge erhöhten sich die Temperaturen kurz vor Ende der Kreidezeit an Land um 7° bis 8°C und im Meer um 3° bis 4°C. Dafür seien Treibhausgase verantwortlich gewesen, die zusammen mit den gewaltigen Lavamengen der Dekkan-Trapp in Indien aus der Erde quollen.<sup>26</sup> „Die Temperaturen stiegen sehr schnell an, innerhalb von 20.000 Jahren“, sagt Keller. „Dann blieb es etwa 100.000 Jahre warm, aber vor dem Massensterben hatten die Temperaturen wieder normale Werte erreicht.“<sup>27</sup> Viele Wissenschaftler halten aber noch hartnäckig an der Chicxulub-Hypothese fest.

Die Meinungen in der Wissenschaft gehen weit auseinander. Nach nun 27 Jahren Forschung sind die globalen Auswirkungen eines oder mehrerer Asteroideneinschläge weltweit sichtbar und konnten bisher nicht wissenschaftlich widerlegt werden, im Gegenteil. „Viele Forscher gehen heute jedoch davon aus, dass nicht eine dieser Katastrophen alleine für das Massenaussterben verantwortlich war, sondern dass mehrere ungefähr zeitgleiche Ereignisse zusammen zum Massenaussterben geführt haben.“<sup>28</sup> Fakt ist, dass, wie auch immer die Katastrophe und ihre direkten Auswirkungen im Einzelnen ausgesehen haben mögen, die klimatischen Veränderungen geologisch zu kurz waren um signifikant im Fossilbericht aufzutauchen.<sup>29</sup>

---

<sup>24</sup> [http://www.dinosaurier-web.de/news\\_sites/2006/2006\\_32.html](http://www.dinosaurier-web.de/news_sites/2006/2006_32.html)

<sup>25</sup> Keller et al: Beitrag auf der Jahrestagung der Geological Society of America (Abstract-Band 38, Nr. 7, S. 401)

<sup>26</sup> Keller et al: Beitrag auf der Jahrestagung der Geological Society of America (Abstract-Band 38, Nr. 7, S. 401)

<sup>27</sup> [http://www.dinosaurier-web.de/news\\_sites/2006/2006\\_32.html](http://www.dinosaurier-web.de/news_sites/2006/2006_32.html)

<sup>28</sup> [http://de.wikipedia.org/wiki/Dinosaurier#Kombinierte\\_Ursachen](http://de.wikipedia.org/wiki/Dinosaurier#Kombinierte_Ursachen)

<sup>29</sup> Fastovsky et al., The Evolution and Extinction of the Dinosaurs, London, 2005, S. 434

### 3. Massenaussterben und Neuanfang:

#### 3.1. Geologischer Abriss:

In der Oberkreide befanden sich die Kontinente in etwa der geographischen Lage, in der sie uns heute bekannt sind.

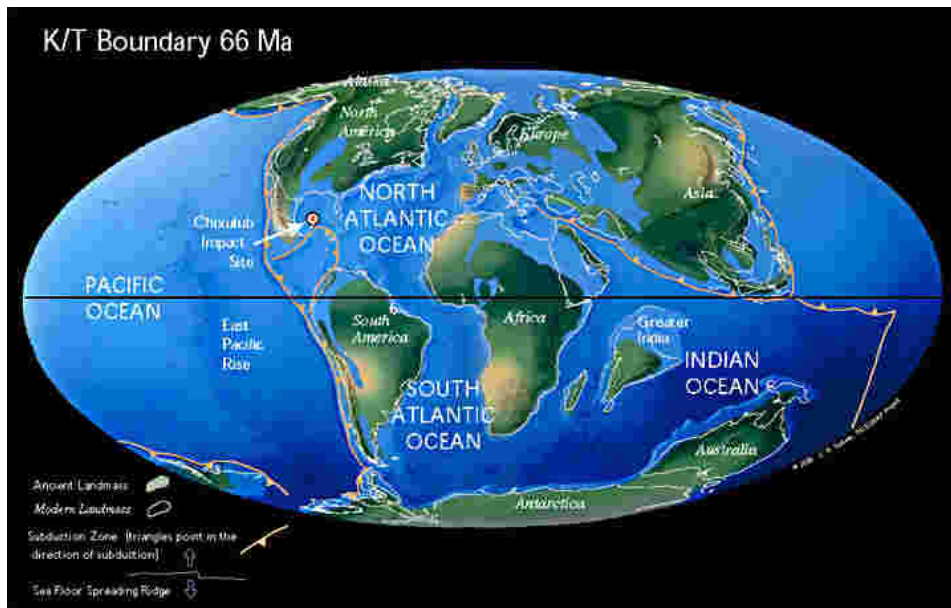


Abbildung 8: Die Erde vor 66 Ma.

Vom Ende der Kreidezeit bis ins frühe Alttertiär, bzw. Paläogen, vor 65 bis 60 Ma herrschte in West und Zentralindien eine einzigartige Serie von vulkanischen Aktivitäten<sup>30</sup>, den heute bekannten Dekkan-Trapps. Eine treppenartige Formation aus Flutbasalt.<sup>31</sup> Sie spieen auf einer Fläche von 500.000 km<sup>2</sup> flüssiges Gestein aus dem Erdinneren. Dies waren keine explosiven Vulkane, sondern kamen in Pulsen und förderten gewaltige Mengen an basaltischer Lava. Flüchtige Gase, wie Kohlenstoffdioxid, Schwefeloxid und Stickstoffoxid traten in die Atmosphäre und beeinflussten evtl. das globale Klima und beschädigten das Ozonschild.

Eine Regression des Meeresspiegels begann, nachdem dieser in der mittleren Kreidezeit, vor etwa 100 Ma, sehr hoch war. Dies geschah unmittelbar vor der K-T-Grenze und er begann, als diese passiert war, wieder anzusteigen.

Die Durchschnittstemperaturen waren in der letzteren Hälfte der Kreide leicht kühler als noch zuvor, blieben jedoch weitgehend gemäßigt bis ins Känozoikum.<sup>32</sup>

<sup>30</sup> Fastovsky et al., The Evolution and Extinction of the Dinosaurs, London, 2005, S. 424.

<sup>31</sup> [http://de.wikipedia.org/wiki/Trapp\\_\(Geologie\)](http://de.wikipedia.org/wiki/Trapp_(Geologie))

<sup>32</sup> Fastovsky et al., The Evolution and Extinction of the Dinosaurs, London, 2005, S. 424.

### 3.2. Wer starb aus und wann genau?

Bei dem Massensterben, bei dem auch die Dinosaurier ausstarben, verschwanden insgesamt 70 Prozent aller Tierarten. Viele bedeutende Tiergruppen starben am Ende der Kreidezeit vor 65 Ma an der K-T-Grenze endgültig aus. Es ist aber wichtig zu wissen, dass bereits viele dieser Gruppen weit vorher in ihrer Radiation zurückgingen. So durchliefen auch die Dinosaurier ein eher graduelles Aussterben vor der K-T-Grenze. „Für das Aussterben der Flugsaurier oder der Ammoniten am Ende der Kreidezeit könnte auch das rapide Absinken des Meeresspiegels und der damit verbundene Verlust der großen Flachmeere beigetragen haben, die diesen Tieren als Lebensraum dienten. Dazu kamen klimatische Veränderungen als Folge des Rückzugs der Flachmeere. Durch das Absinken des Meeresspiegels wurde das Klima unbeständiger, aus einem tropischen Klima wurde ein eher gemäßigt mit heißeren Sommern und kälteren Wintern. Schon durch diese zunehmenden Temperaturunterschiede könnten viele Arten ausgestorben sein. Der zusätzliche Meteoriteneinschlag und die zur selben Zeit zunehmenden Vulkanausbrüche könnten weitere Klimawechsel und Veränderungen in der Erdatmosphäre bewirkt haben.“<sup>33</sup> In den Meeren starben die großen Meeresreptilien weit vor der K-T-Grenze bereits, wie z.B. die Ichtyosaurier, oder wurden in ihrer Diversität zumindest reduziert. Aber auch Vertreter der Plesio- und Pliosaurier treten nicht im Fossilbericht nach dem Einschlag auf. Nur die Mosasaurier schafften es in größerer Zahl bis ganz ans Ende der Kreidezeit zu überleben. Auch wenn viele Gruppen ganz ausstarben, so wurden manche doch nur in Ihrer Diversität reduziert und überlebten auch noch bis weit ins Känozoikum, wie z.B. viele Invertebraten wie Foraminiferen oder viele Muscheln. Wann genau viele Arten ausstarben, ist nicht zu klären. Dass einige Lebewesen direkt nach dem Aufprall starben, ist unumstritten. Ob einige Lebewesen der gleichen Art aber erst an den Folgen 500 Jahre später z. B. starben, lässt sich nicht mit völliger Präzision sagen. „Im Jahr 2002 entdeckten die Paläontologen Zielinski und Budahn den einzelnen Beinknochen eines Hadrosauriers aus dem Ojo Alamo Sandstein, New Mexico. Diese Formation wurde in das frühe Paläozän datiert und ist etwa 64,5 Millionen Jahre alt. Falls der Knochen nicht durch Wasser in diese jüngeren Ablagerungen geschwemmt wurde, würde er beweisen, dass einige Dinosaurier-Populationen mindestens eine halbe Million Jahre in das Känozoikum hinein überlebt haben.“<sup>34</sup> Die Dinosaurier sind, auch wenn sie selbst ausgestorben sind, durch Ihre Nachfahren, die Vögel, bis in die heutige Zeit in anderer Form vertreten (vgl. 6. Anhang, Abb. 10).

---

<sup>33</sup> [http://de.wikipedia.org/wiki/Dinosaurier#Kombinierte\\_Ursachen](http://de.wikipedia.org/wiki/Dinosaurier#Kombinierte_Ursachen)

<sup>34</sup> [http://de.wikipedia.org/wiki/Dinosaurier#Dinosaurier\\_aus\\_dem\\_K.C3.A4nozoikum.3F](http://de.wikipedia.org/wiki/Dinosaurier#Dinosaurier_aus_dem_K.C3.A4nozoikum.3F)

### **3.3. Wer hat überlebt und war bereit zu einem „Neuanfang“?**

Wie gesagt haben die Vögel, die sich von den Dinosauria → Theropoda → Maniraptora ableiten lassen, den Sprung von der Oberkreide vor 80 Ma bis in die heutige Zeit geschafft. Sie sind die erfolgreichsten Wirbeltiere geworden, die den rezenten Luftraum beherrschen.

Das Diagrammbild im Anhang verdeutlicht eine Studie von J. D. Archibald und L. J. Bryant, die 150.000 Wirbeltierspezies untersuchten, die die K-T-Grenze passiert haben und die, die es nicht geschafft haben<sup>35</sup> (vgl. 6. Anhang, Abb. 11). Sie kamen zu dem Schluss, dass es offensichtlich eine Art Überlebensmodell gab: Organismen aus aquatischen Gebieten, wie Flüssen und Seen, überlebten eher als an Land lebende Tiere. Dies erklärt das Überleben von Schildkröten, Krokodilen und Amphibien. Es traf somit härter kleine Säugetiere und natürlich Dinosaurier, die ausnahmslos terrestrisch waren. „Nur eine Familie, die Spinosauridae, hatten die Tendenz sekundär aquatisch zu werden“ (Sander, 2006).<sup>36</sup> Es traf größere Wirbeltiere härter als kleine und „poikilotherme“<sup>37</sup> waren besser gestellt als „homiotherme“<sup>38</sup>. Nicht-Amnioten überlebten eher als Amnioten. Auch wenn viele Säugetiere an der K-T-Grenze starben, so gelang es ihnen nach dem Verschwinden der Dinosaurier viele der frei gewordenen ökologischen Nischen ab dem Känozoikum zu besetzen und ihre Blütezeit begann. Besonders Beuteltiere blieben weitgehend unversehrt von den Ereignissen an der K-T-Grenze.<sup>39</sup>

### **4. Zusammenfassung:**

Die Kreide-Tertiär-Grenze ist neben den anderen fünf großen Aussterbeereignissen in der Erdgeschichte zwar nicht das größte, aber wohl das populärste von allen, was nicht zuletzt am Aussterben der Dinosaurier an dieser Grenze liegt.

Auch wenn nicht alle Hypothesen belegbar sind und nicht alle vom Meteoriteneinschlag und dessen Auswirkungen im Einzelnen überzeugt werden können, so bleibt die K-T-Grenze mit ihrer Iridium-Anomalie doch eine der aussagekräftigsten stratigraphischen Markierungen aller Zeiten.

---

<sup>35</sup> Fastovsky et al., The Evolution and Extinction of the Dinosaurs, London, 2005, S. 440f.

<sup>36</sup> mündliches Zitat, vgl. aber Sander, Reptilien, Stuttgart, 1994, S 131.

<sup>37</sup> Philipp u. Verbeek, Ökologie, Hannover, 2000, S. 12.

<sup>38</sup> Philipp u. Verbeek, Ökologie, Hannover, 2000, S. 12.

<sup>39</sup> Fastovsky et al., The Evolution and Extinction of the Dinosaurs, London, 2005, S. 440-449.

## **5. Literaturverzeichnis:**

### Bücher:

-David E. Fastovsky et al.  
The Evolution and Extinction of the Dinosaurs, 2<sup>nd</sup> Edition  
Cambridge University Press, London, 2005  
S. 423-454

-David M. Raup  
The Nemesis Affair  
W W Norton & Company, New York, 1999  
S. 89-105

-Ökologie  
Eckhard Philipp, Bernhard Verbeek  
Schroedel, Hannover, 2000  
S. 12

-Reptilien  
Martin Sander  
Enke, Stuttgart, 1994  
S 131

### Zeitschriften:

-Keller et al.  
Beitrag auf der Jahrestagung der Geological Society of America  
(Abstract-Band 38, Nr. 7, S. 401)

## **5.2. Abbildungsverzeichnis:**

Abbildung 1: 103 weltweit bekannte Iridium-Anomalien, 2004. ....	3
Abbildung 2: Iridiumhaltige Tonschicht (dunkel), darunter Gestein der Kreide, darüber tertiäres Gestein. ....	3
Abbildung 3: "shocked quartz"                      Abbildung 4: "shocked quartz" .....	4
Abbildung 5: Impaktglas. ....	4
Abbildung 6: Der Himmelskörper kollidiert mit der Erde. ....	5
Abbildung 7: 3D-Modell des Chicxulub-Kraters. Norden ist oben. ....	6
Abbildung 8: Die Erde vor 66 Ma. ....	9
Abbildung 9: plötzliches Aussterben der Dinosaurier und vieler anderer Wirbeltiergruppen. "0" ist die K-T-Grenze in der Hell Creek Formation. ....	14
Abbildung 10: Überlebensraten von Wirbeltieren an der K-T-Grenze. Eine erneute Studie von Fastovsky and Sheehan ergab sogar, dass die Überlebensrate von "land-dwelling" Organismen bei nur 10% liegt und die von aquatischen Organismen bei 90%. ....	15

### **5.3. Internetquellen:**

#### **5.3.1. für Abbildungen:**

Abb.1: Fastovsky et al., The Evolution and Extinction of the Dinosaurs, London, 2005, S. 428.

Abb.2: [http://newsimg.bbc.co.uk/media/images/39612000/jpg/\\_39612575\\_iridium\\_belcher\\_203.jpg](http://newsimg.bbc.co.uk/media/images/39612000/jpg/_39612575_iridium_belcher_203.jpg)

Abb.3: <http://www.mala.bc.ca/~earles/bedout-shocked-quartz.jpg>

Abb.4: [http://www.classzone.com/books/earth\\_science/terc/content/investigations/esu801/images/esu801\\_p3\\_shocked\\_quartz\\_b.gif](http://www.classzone.com/books/earth_science/terc/content/investigations/esu801/images/esu801_p3_shocked_quartz_b.gif)

Abb.5: [http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/5/59/Libyan\\_Desert\\_Glass.jpg](http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/5/59/Libyan_Desert_Glass.jpg)

Abb.6: <http://images.google.de/imgres?imgurl=http://www.astrosociety.org/education/publications/tnl/56/images/coastline.jpg&imgrefurl=http://www.astrosociety.org/education/publications/tnl/56/impact.html&h=629&w=500&sz=29&hl=de&start=11&tbnid=rGaSBZl9wYxu0M:&tbnh=137&tbnw=109&prev=/images%3Fq%3Ddon%2Bdavis%2Bimpact%26svnum%3D10%26hl%3Dde%26lr%3D%26client%3Dopera%26rls%3Dde%26sa%3DG>

Abb.7: [http://nationalatlas.gov/articles/geology/features/images/chicxulub\\_sharpton.jpg](http://nationalatlas.gov/articles/geology/features/images/chicxulub_sharpton.jpg)

Abb.8: <http://www.scotese.com/K/t.htm>

Abb.9: Fastovsky et al., The Evolution and Extinction of the Dinosaurs, London, 2005, S. 443.

Abb.10: Fastovsky et al., The Evolution and Extinction of the Dinosaurs, London, 2005, S. 441.

#### **5.3.2. für Texte und Zitate:**

<http://de.wikipedia.org/wiki/Iridium-Anomalie>

<http://de.wikipedia.org/wiki/Impaktglas>

<http://www.zdf.de/ZDFde/inhalt/17/0,1872,2372337,00.html>

<http://de.wikipedia.org/wiki/Wasserstoffbombe#Wirkungsweise>

<http://cat.inist.fr/?aModele=afficheN&cpsid=16910321>

<http://www.innovations-report.de/html/berichte/geowissenschaften/bericht-18008.html>

[http://www.dinosaurier-web.de/news\\_sites/2006/2006\\_32.html](http://www.dinosaurier-web.de/news_sites/2006/2006_32.html)

[http://de.wikipedia.org/wiki/Dinosaurier#Kombinierte\\_Ursachen](http://de.wikipedia.org/wiki/Dinosaurier#Kombinierte_Ursachen)

[http://de.wikipedia.org/wiki/Trapp\\_\(Geologie\)](http://de.wikipedia.org/wiki/Trapp_(Geologie))

[http://de.wikipedia.org/wiki/Dinosaurier#Dinosaurier\\_aus\\_dem\\_K.C3.A4nozoikum.3F](http://de.wikipedia.org/wiki/Dinosaurier#Dinosaurier_aus_dem_K.C3.A4nozoikum.3F)

**6. Anhang:**

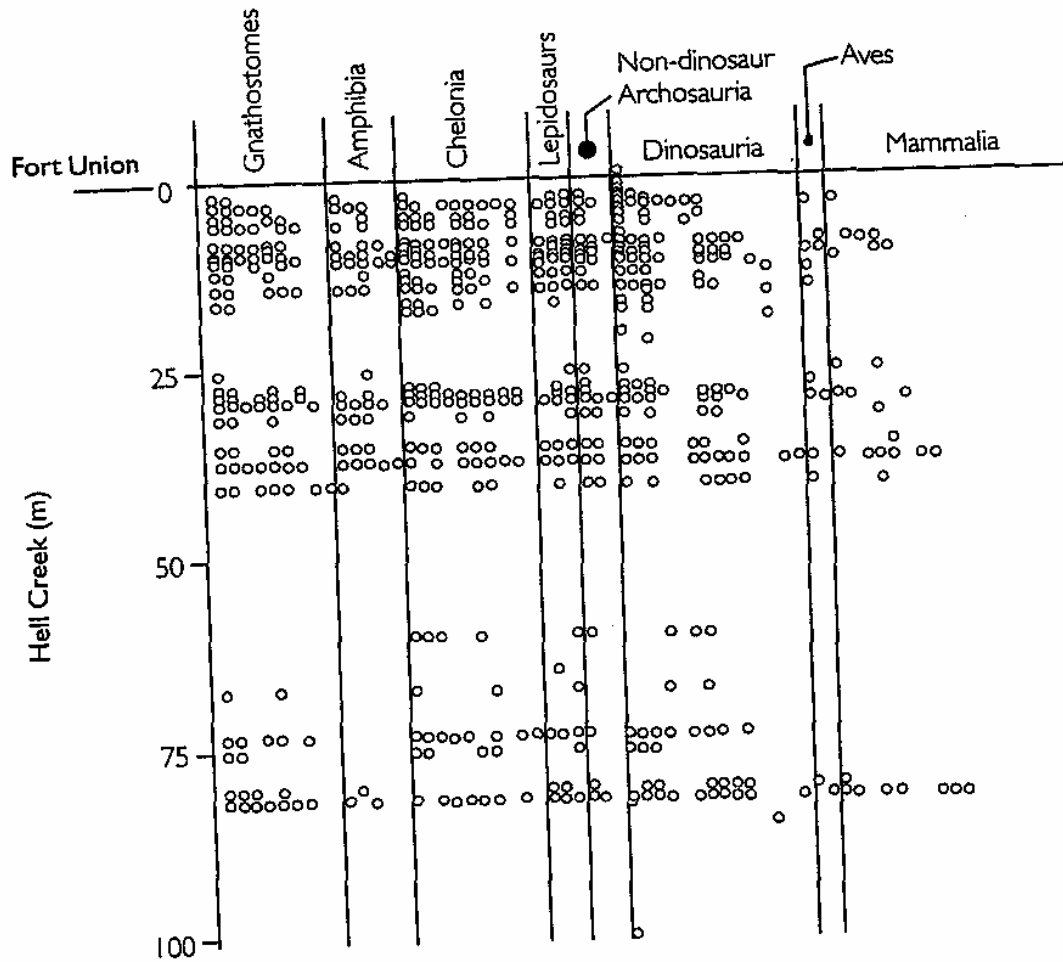


Abbildung 9: plötzliches Aussterben der Dinosaurier und vieler anderer Wirbeltiergruppen. "0" ist die K-T-Grenze in der Hell Creek Formation.

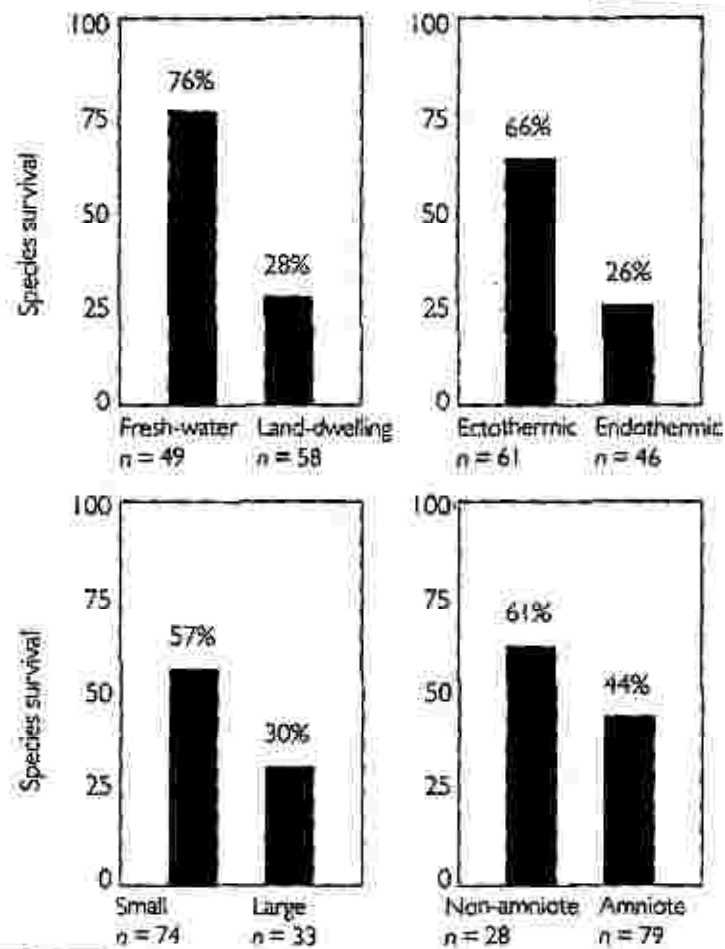


Abbildung 10: Überlebensraten von Wirbeltieren an der K-T-Grenze. Eine erneute Studie von Fastovsky and Sheehan ergab sogar, dass die Überlebensrate von "land-dwelling" Organismen bei nur 10% liegt und die von aquatischen Organismen bei 90%.