

# Chaos im Sonnensystem-Armageddon auf der Erde?

Carl Christoph Bergemann

11. November 2000

## 1 Einleitung

Irgendwann hast du dir sicher mal den Mond etwas genauer angesehen, wahrscheinlich sogar durch ein Teleskop oder zumindest einen Feldstecher. Bestimmt ist dir dabei aufgefallen, dass der Mond keine total glatte Kugel ist, sondern dass er von Kratern übersät ist. Die größten dieser Krater sind sogar mit bloßem Auge sichtbar - sie heißen Becken. Alle Krater auf dem Mond wurden durch Einschläge von Kleinplaneten und Kometenkernen auf dem Mond verursacht. Auch auf der Erde kann man Einschlagskrater finden, wenn auch nicht so häufig, da die Krater auf der Erde mit der Zeit wegerodiert oder einfach zugedeckt wurden. Aber man kennt im Moment schon über 100 solcher Krater auf der Erde. Solche Einschläge sind gewaltige Katastrophen, wie wir noch genauer sehen werden, denn immerhin können große Krater Radien im Bereich von zig Kilometern haben, so große Krater werden nicht einmal von unterirdisch gezündeten Atombomben erzeugt. Das sollte Grund genug sein, uns einmal mit den Folgen eines solchen Einschlags zu beschäftigen. Doch zunächst wollen wir uns mit diesen Körpern ganz allgemein beschäftigen. Am Schluss werden wir uns dann noch als Beispiel die Folgen des Asteroiden, der die Kreidezeit beendete und die Dinosaurier vernichtete, ansehen.

## 2 Kometen und Asteroiden

Wir sollten uns zuerst einmal anschauen, wo diese Körper herkommen und wie sie zu uns kommen. Dabei müssen wir zwischen Kometen und Asteroiden (Kleinplaneten) unterscheiden. Kometen und Asteroiden unterscheiden sich sowohl in der Zusammensetzung, als auch in den Orten, an denen sie normalerweise anzutreffen sind. Kometen sind im wesentlichen große poröse Eisklumpen, die mit Gestein und gefrorenen Gasen verunreinigt sind. Kommen Kometen in die Nähe der Sonne, sublimieren diese gefrorenen Gase, und der Druck in diesen Gasblasen ist so groß, dass sie platzen. Dabei wird Eisstaub aus dem Kometenkern gerissen, der zunächst in Richtung Sonne geschleudert wird, doch dann durch den Lichtdruck hinter den Kern gedrückt wird. Dadurch entsteht der Schweif

des Kometen. Asteroiden hingegen bestehen hauptsächlich aus Gestein, einige wenige auch aus Metall.

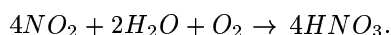
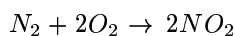
Doch nicht nur in der Zusammensetzung unterscheiden sich Kometen von Asteroiden. Die meisten Kometen befinden sich in zwei Reservoirs, zum einen in der *Oortschen Wolke*, die irgendwo hinter der Bahn des Pluto anfängt und sich bis zur halben Strecke zum nächsten Stern ausstreckt. Die Oortsche Wolke umgibt die Sonne kugelförmig. Kurz hinter der Bahn des Neptun beginnt der *Kuiperring*, der den Pluto als mit Abstand größten Körper enthält. Asteroiden hingegen sind sehr viel näher an der Sonne. Auch dort gibt es im wesentlichen zwei Reservoirs, zum einen den *Asteroidengürtel* zwischen Mars und Jupiter, der wohl als Folge einer gescheiterten Planetenbildung entstanden ist, zum anderen die sog. Trojaner des Jupiter. Diese Asteroiden bewegen sich um die Librationspunkte L4 und L5 der Jupiter-Sonne-Systems. Man nimmt heute an, dass die Trojaner des Jupiter evtl. eine größere Masse haben als der Asteroidengürtel.

Doch wie können diese Körper jetzt bei uns einschlagen? Der Asteroidengürtel ist uns am nächsten, doch eigentlich auch zu weit weg, um uns ernsthaft gefährlich zu werden, oder? Wir wissen, dass ein Planet sich auf einer elliptischen Bahn um die Sonne bewegt. Doch das gilt nur näherungsweise. In unserem Falle müssen wir aber unbedingt die Einflüsse der anderen Himmelskörper mit berücksichtigen. Diese Einflüsse spielen zwar kaum eine Rolle, wenn wir nur einen Bahndurchlauf betrachten, doch wenn wir die Bahn über Millionen von Jahren betrachten, dann sind auch kleine Störungen wichtig, denn die Bahnen fast aller Begleiter der Sonne sind *chaotisch*. Das heißt, dass jeder noch so kleine Unterschied in den Startbedingungen sich auf Dauer immer weiter fortpflanzt und am Ende überraschende Ergebnisse verursacht. Da wir aber die Startbedingungen nicht ganz genau kennen - dabei bedeutet "ganz genau" eben wirklich **exakt** -, können wir die Bahnen auch nicht beliebig weit in die Zukunft vorausberechnen. Insbesondere wird so ein kleiner Unterschied bewirken, dass der Körper irgendwann seine angestammte Bahn verlässt und sich eine neue Bahn sucht. Diese Bahn muss dann nicht mehr innerhalb des Reservoirs sein, in dem sie sich vorher befand. So kann die neue Bahn auch die Erdbahn kreuzen. Mit diesem Körper kann die Erde dann natürlich zusammenstoßen. Dies ist zwar recht unwahrscheinlich, aber es ist in der Vergangenheit offensichtlich ab und zu passiert. Deshalb wollen wir uns mit den Folgen eines solchen Einschlags beschäftigen.

### 3 Die Folgen eines Asteroideneinschlags auf der Erde

Stell dir nur einmal vor, ein Asteroid mit einem Radius von 1 *km*, einer Dichte von 3000 *kg/m<sup>3</sup>* sowie einer Endgeschwindigkeit von 20 *km/s* schlägt auf der Erde ein. Diese Werte sind durchaus nicht übertrieben, es gibt sehr viel größere Exemplare. Dieser Asteroid würde beim Aufprall auf die Erde eine Energie freisetzen, die der Sprengkraft von 0.5 *Gt* TNT entspricht. Mit einer Wahr-

scheinlichkeit von ca. 70% würde dieser Körper in den Ozean fallen. Ein solcher Einschlag hätte gewaltige Flutwellen zur Folge, die mindestens einmal um die Erde laufen würden. Diese Flutwellen wären etliche hundert Meter hoch. Am Einschlagsort würde sofort ein riesiger Feuerball entstehen, der sich noch über die Atmosphäre erheben würde. Der Feuerball würde in einem gleißenden Violett leuchten, das normalerweise nur Hochenergiephysiker zu sehen kriegen. Das letzte, was ein Lebewesen, das diesen Feuerball sehen würde, mitkriegen würde, wäre ein extremer Sonnenbrand. Durch diese Hitze würden kontinentweise die Wälder in Flammen aufgehen und riesige Mengen Ruß in die Atmosphäre geschleudert werden. Doch durch die Hitze beim Einschlag würde auch der Stickstoff aus der Atmosphäre verbrannt werden und Stickstoffdioxid bilden, das dann weiter zu Salpetersäure reagiert:

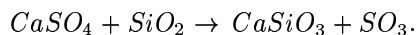


Diese Salpetersäure wird später zusammen mit anderen Säuren, deren Entstehung ich gleich beschreiben werde, abregnen und die Erde verwüsten. Im großen Ganzen ist die Erde von einer Kalkschicht überzogen, die im Durchschnitt 400 m dick ist. Durch die ungeheure Energie, die beim Einschlag in den Boden geht, wird dieser Kalk dissoziieren und  $CO_2$  freisetzen:



Das  $CO_2$  wird in sehr großen Mengen frei, steigt in die Atmosphäre auf und heizt den Treibhauseffekt an, sodass über Jahrtausende die Temperatur um einige Grad Celsius ansteigt.

Nicht ganz so häufig, aber doch in recht großen Mengen, findet man auf der Erde Gips. Sollte der Asteroid in ein größeres Gipsreservoir fallen, so wird der Gips mit Sand reagieren:



Das  $CaSiO_3$  bildet kleine Glaskügelchen, die für den weiteren Verlauf der Katastrophe keine weitere Bedeutung haben, aber in die Gegend verstreut werden und später als Nachweis für diese Katastrophe benutzt werden können. Schlimmer ist hingegen das  $SO_3$ , das nämlich Schwefelsäure bildet. Diese Schwefelsäure wird zusammen mit dem Ruß aus den Waldbränden und dem Staub vom Einschlagsort die Sonne kurzfristig (ein paar Monate) verdunkeln, wodurch den Pflanzen das Licht entzogen wird. Licht ist aber die wichtigste Lebensgrundlage für Pflanzen, die damit absterben werden, was die Nahrungskette aus ihrem Gleichgewicht und zum Zusammenbrechen bringt. Danach wird die Schwefelsäure abregnen und zusammen mit der Salpetersäure noch einmal gewaltige Schäden anrichten.

Wenn der Asteroid ins Meer fällt, wird zudem noch aus dem Meerwasser Salzsäure gebildet, die die Wirkung der anderen Säuren noch verstärkt.

## 4 Das Ende der Kreidezeit und der Dinosaurier

Soweit einmal allgemein die Folgen eines Asteroideneinschlags. Vor 65 Millionen Jahren schlug auf der Erde ein gewaltiger Asteroid (oder Kometenkern) ein, der z.B. 60-68% aller Meerestierarten ausrottete, und eben auch die Dinosaurier. Es war das zweitgrößte - und wohl berühmteste - Massenaussterben in der Geschichte der Erde. Der Asteroid fiel in die Gegend der heutigen Halbinsel Yucatan ins Meer und hinterließ einen Krater mit einem Durchmesser von 180 km. Man nimmt heute an, dass der Asteroid oder Kometenkern einen Radius von etwa 5 km hatte. Bei diesem Einschlag wurden zwischen  $10^{14}$  und  $10^{17}$  mol Salpetersäure, also zwischen  $6 \cdot 10^{13}$  und  $6 \cdot 10^{16}$  kg, sowie ca.  $10^{16}$  mol ( $10^{15}$  kg) Schwefelsäure frei. Zusätzlich wurde ungefähr so viel  $CO_2$  frei, wie heute in der Atmosphäre sind, das bedeutete einen Temperaturanstieg im Bereich von  $10^\circ C$ . Das auf den Einschlag folgende Aussterben muss innerhalb weniger Jahre seinen Höhepunkt überschritten haben, der Staub und die Schwefelsäure hielten sich wahrscheinlich ungefähr ein Jahr in der Luft, in dieser Zeit müssen auf der ganzen Welt die Grundlagen der Nahrungskette, nämlich die Pflanzen ausgetilgt worden sein, sodass die anderen Lebewesen kurz darauf ausstarben. Viele kleine Lebensformen kamen jedoch durch, wohl, weil sie die Kadaver derjenigen, die weniger Glück hatten, fressen konnten, und so die Zeit überbrücken konnten, bis es wieder genügend Pflanzen als Basis für eine neue Nahrungskette gab, an deren Spitze nun die Säugetiere - und 65 Millionen Jahre später Menschen - saßen.