

Deep Impact

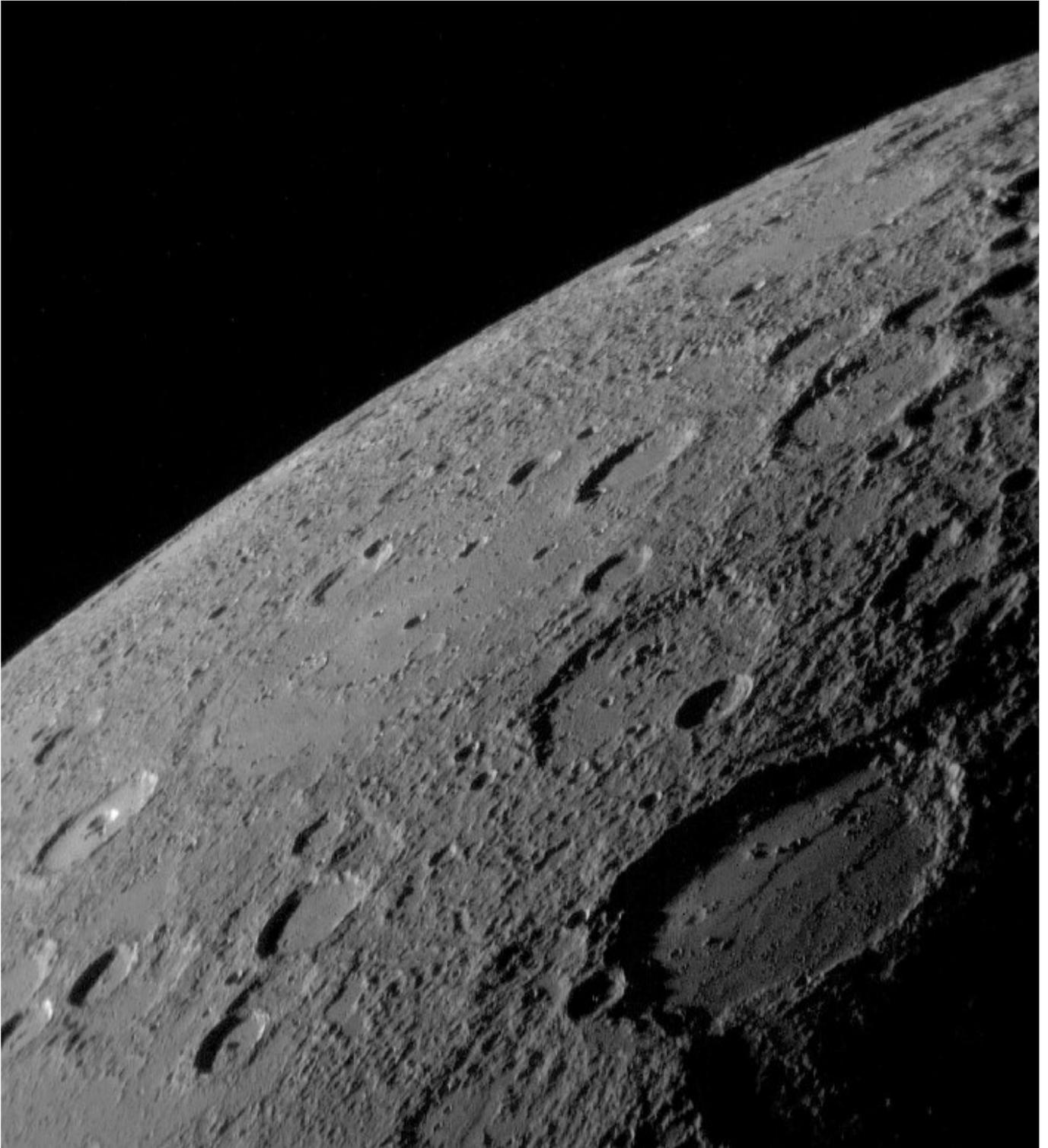


Bedrohung aus dem All

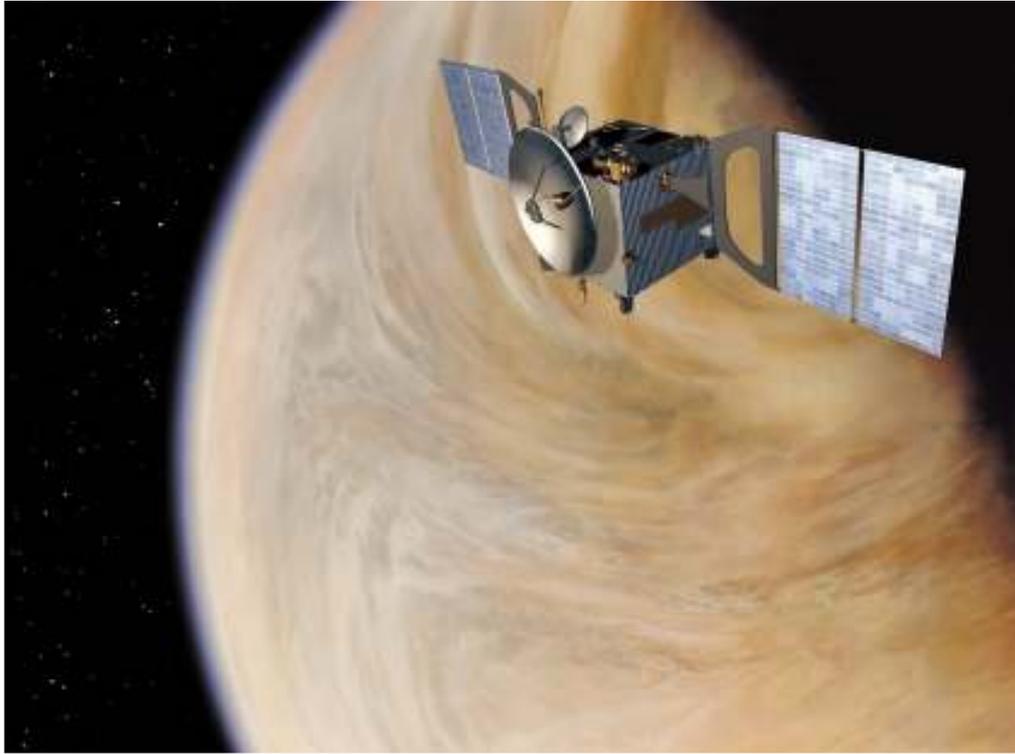
@KVHS Astro-Stammtisch
Reinhard Woltmann
04.11.2011



Die Mondkrater; früher glaubte man, sie seien vulkanischen Ursprungs, aber alle entstanden durch Einschläge aus dem All.

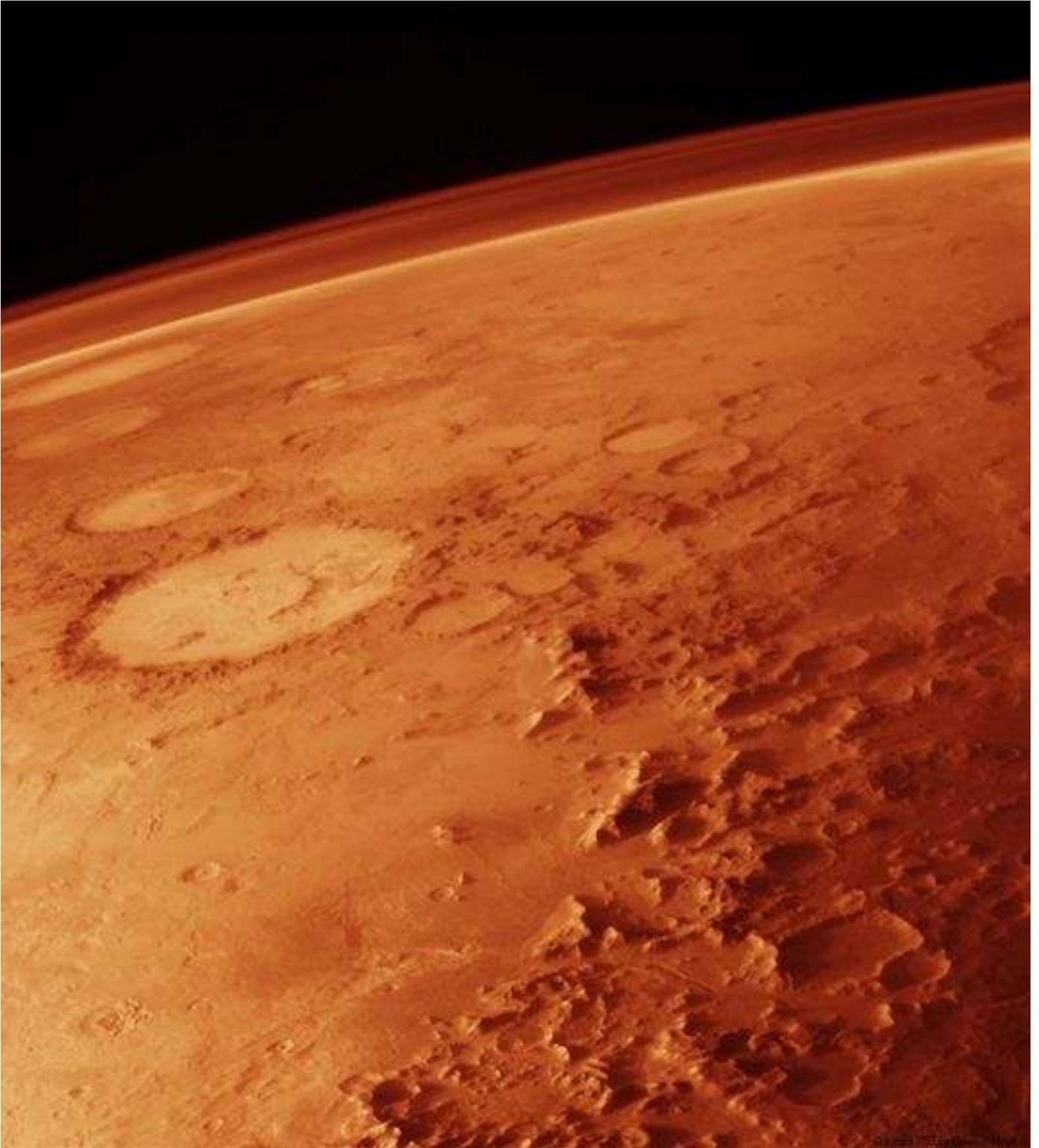


Der am schwersten gezeichnete Planet ist der Merkur. Jede Narbe rührt von einem Einschlag her. Die meisten Treffer stammen aus der Zeit, als sich die Planeten formten.



Die Venus, umhüllt von einer dichten Kohlendioxydatmosphäre, lässt sie keinen Blick auf ihre Oberfläche zu. Erst durch moderne Satellitenmissionen, die mit Radar die Oberfläche abtasten können, offenbart sich auch hier eine Vielzahl von Einschlägen aus der Frühzeit des Sonnensystems.



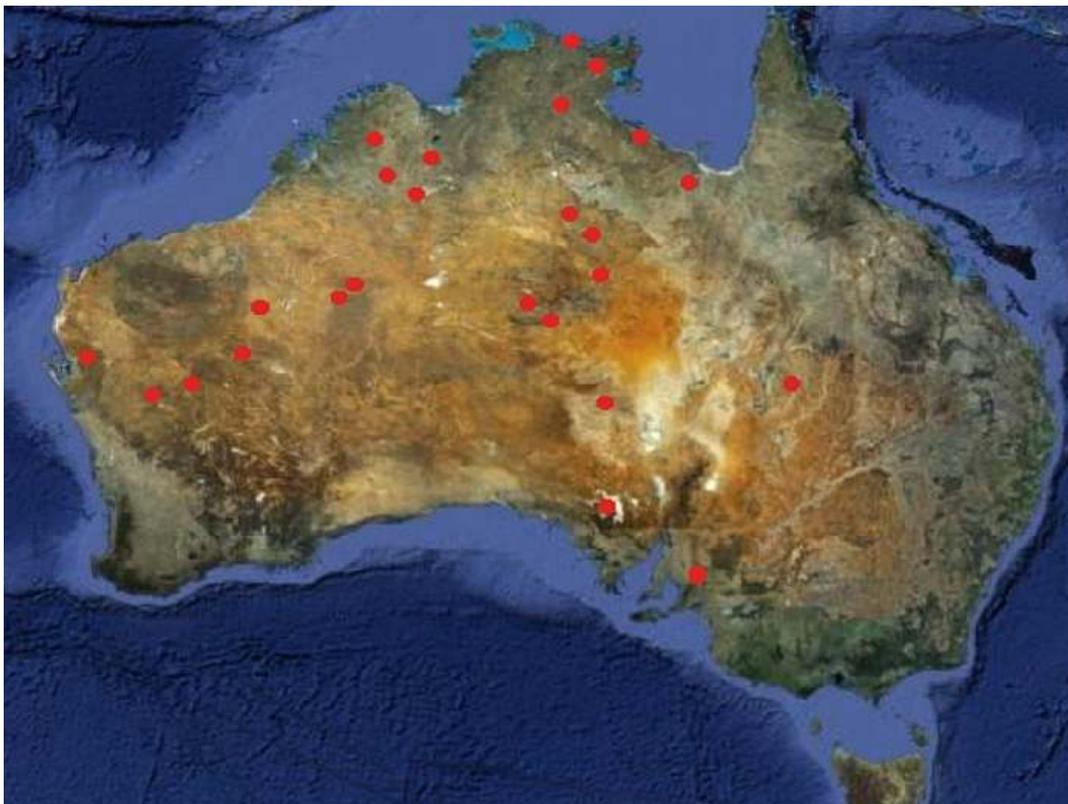


Krater auf dem Mars. Verursacht durch uralte Einschläge. Vor mehr als 4 ½ Milliarden Jahren war unser Sonnensystem ein Malstrom gegenseitig kollidierender Planetoiden, ein Bombardement, das 600 Millionen Jahre währte.



**Aber, wo sind die Einschlagspuren auf der Erde?
Man findet sie, wenn man weiß, wo man sie suchen muß.**

**Australien, ein trockener, geologisch stabiler Kontinent.
Hier sind sie am einfachsten auszumachen.**





**Im Herzen des Outback liegen die Henbury-Krater.
Eine Gruppe von zwölf bis 14 Krater ca. 120 Kilometer
südwestlich von Alice Springs.
Die meisten Einschlagkrater sind durch Wasser, Wind und
Wetter mit der Zeit stark erodiert.**

**Der größte der Henbury-Krater misst 157 Meter im
Durchmesser. Die Anordnung der Treffer lässt darauf
schließen, dass der Meteorit kurz vor dem Aufschlag
zerrissen wurde.**

**Der Zeitpunkt des Einschlags, der durch einen
mittelgroßen Eisenmeteoriten verursacht wurde, wird vor
4200 – 5000 Jahre, also in der jüngsten Epoche des
Erdzeitalters, dem Holozän datiert und ist damit ein Beleg
dafür, dass Erde und Mond auch heute noch durch
Projektile aus dem All gefährdet sind.**

Um herauszufinden wo die meisten dieser Geschosse herkommen begeben wir uns von der Erde, vorbei am Mars zum Asteroidengürtel, dessen Bahn sich zwischen Mars und Jupiter erstreckt.



Am Ende des 18. Jahrhunderts stellten die Mathematiker Titius und Bode eine relativ komplizierte Formel auf, die die Abstände der bis dahin bekannten Planeten von der Sonne rechnerisch ermittelte. Man nannte das die Titius-Bode-Reihe. Nach dieser Reihe musste sich in einem Abstand von ca. 2,8 AE, also zwischen den Planeten Mars und Jupiter, ein weiterer Planet befinden. Doch dort war keiner. Fieberhaft suchte man nach diesem fehlenden Himmelskörper, was jedoch zunächst erfolglos blieb.

Durch reinen Zufall hat dann in der Nacht zum 1. Januar 1801 Giuseppe Piazzi einen Himmelskörper aufgespürt, den man dieser Entfernung zuordnen konnte. Es war der Asteroid Ceres, der erste entdeckte Kleinplanet, der zusammen mit dem ganzen Asteroidengürtel diese Lücke schloss.

Planet	n	AE berechnet	AE beobachtet
Merkur	- ∞	0,4	0,39
Venus	0	0,7	0,72
Erde	1	1,0	1,00
Mars	2	1,6	1,52
???????	3	2,8	2,9
Jupiter	4	5,2	5,20
Saturn	5	10,0	9,52
Uranus	6	19,6	19,16

Die Titius-Bode-Reihe mit den damals bekannten Planeten

Rechenformel: $AE_n = 0,4 + 0,3 \cdot 2^n$

In den folgenden Jahren wurden viele Kleinplaneten gefunden und mit Namen versehen.

Das größte Exemplar blieb aber der Kleinplanet CERES mit einem Durchmesser von etwa 930 Kilometern.

Insgesamt besteht der Asteroidengürtel aus tausenden Objekten deren Durchmesser von wenigen Zentimetern bis hin zu mehreren hundert Kilometern reichen.

Asteroiden sind Reste, die bei der Entstehung unseres Sonnensystems übrig geblieben sind und kreisen auf Bahnen, die vorwiegend durch die Gravitationskräfte vom Jupiter und der Sonne bestimmt werden. Ohne den störenden Einfluß des gewaltigen Jupiters wären diese planetarischen Körper vielleicht zu einem Planeten zusammengewachsen.

Sie bestehen hauptsächlich aus den unterschiedlichsten Metallen und mineralischem Staub. Man unterteilt sie in drei Kategorien:

- den kohlenstoffhaltigen (Typ C) ca. 75% aller Asteroiden**
- den silikatischen (Typ S) ca.17%**
- den metallischen (Typ M) ca. 8%**

Heute sind die Asteroiden auf ihrer Bahn zwischen Mars und Jupiter eine potentielle Gefahr auch für die Erde.



Gaspra, ein typischer Asteroid.

20 km lang und 10 km im Durchmesser, bestehend aus Silikaten und puren Metallen, überwiegend Eisen und Nickel. Er gehört damit zu den M-Typen, also den metallischen. Seine Oberfläche ist übersät mit Einschlagkratern. Wenn er auf der Erde einschlagen würde, muß man mit einem „Totalschaden“ rechnen, wie an der Grenze der Kreidezeit zum Tertiär.



Und das ist Ida.

Mehr als doppelt so groß wie Gaspra, mit einem kleinen Trabanten Dactyl, der Überrest aus einem größeren Brocken. Auch er ist ein M-Typ.



Eros, ein unregelmäßig geformter Himmelskörper mit 33 km Länge und 13 km im Durchmesser. Er ist ein S-Typ mit einer Dichte von 2,4 g/cm³.



Ein Durchmesser von 52 km, das ist Mathilde. Schwarz wie Kohle ist er der dunkelste gekannte Asteroid. Ein typischer Vertreter vom Typ C, mit einer Dichte von nur 1,4 g/cm³.



Am hellsten von allen Asteroiden strahlt Vesta. Mit einem Durchmesser von 530 km ist er ein Gigant unter den Asteroiden.

Aber auch wenn das alles beeindruckend aussieht: Nimmt man *alle* Objekte im Asteroidengürtel und würde man sie zu einem einzigen Himmelskörper zusammensetzen, dann hätte dieses Objekt nur etwa 4% der Masse unseres Erdmondes (zwischen 3000 und 3600 Billionen Tonnen)! Die 3 größten Asteroiden im Gürtel - Ceres, Vesta und Pallas tragen hier schon gut die Hälfte bei.

Da ist es auch leicht zu verstehen, dass die üblichen Darstellungen des Asteroidengürtels in Science-Fiction Filmen, ziemlich falsch ist. Da sieht man ja immer das All, dicht gefüllt mit Felsbrocken durch die die Raumschiffe komplizierte Slalom-Manöver fliegen müssen um nicht zu kollidieren.



In Wahrheit ist das All auch im Asteroidengürtel ziemlich leer. Wenn man sich nicht richtig anstrengt wird man im Allgemeinen den Asteroidengürtel durchqueren, ohne je einen Asteroiden zu Gesicht zu bekommen.

Anhand einer kleinen Überschlagsrechnung kann man das sehr gut veranschaulichen:

Der Asteroidengürtel befindet sich in einem Ring, der bei etwa 2 AE beginnt und bei 3.5 AE endet. Das macht einen Flächeninhalt von ca. 26 AE². Nimmt man nun einen typischen Asteroiden mit einer Masse von 10¹⁵ kg an, das ist etwa so viel wie der Asteroid Eros, dann kommt man auf circa 120 Asteroiden/AE². Das mag viel klingen - aber eine astronomische Einheit sind 150 Millionen Kilometer - und rechnet man um, dann kommt man auf 0.00000000000054 Asteroiden pro Quadratkilometer. Man sieht quasi nur die Sterne im Hintergrund kaum einen Asteroiden.



Immer wieder kommt es innerhalb des Asteroidengürtels zu Kollisionen. Bruchstücke dieser Kollisionen werden in einen Orbit geschleudert der sie näher zum Mars bringt.



Durch dessen Schwerkraft werden sie auf einen neuen Orbit abgelenkt, eine Bahn, die die Erde kreuzen könnte. Damit werden sie zu einem sogenannten Erdkreuzer und stellen eine potentielle Bedrohung dar.

Ein solcher Asteroid traf vor 65 Mio Jahren auf die Yucatan-Halbinsel in Mexiko

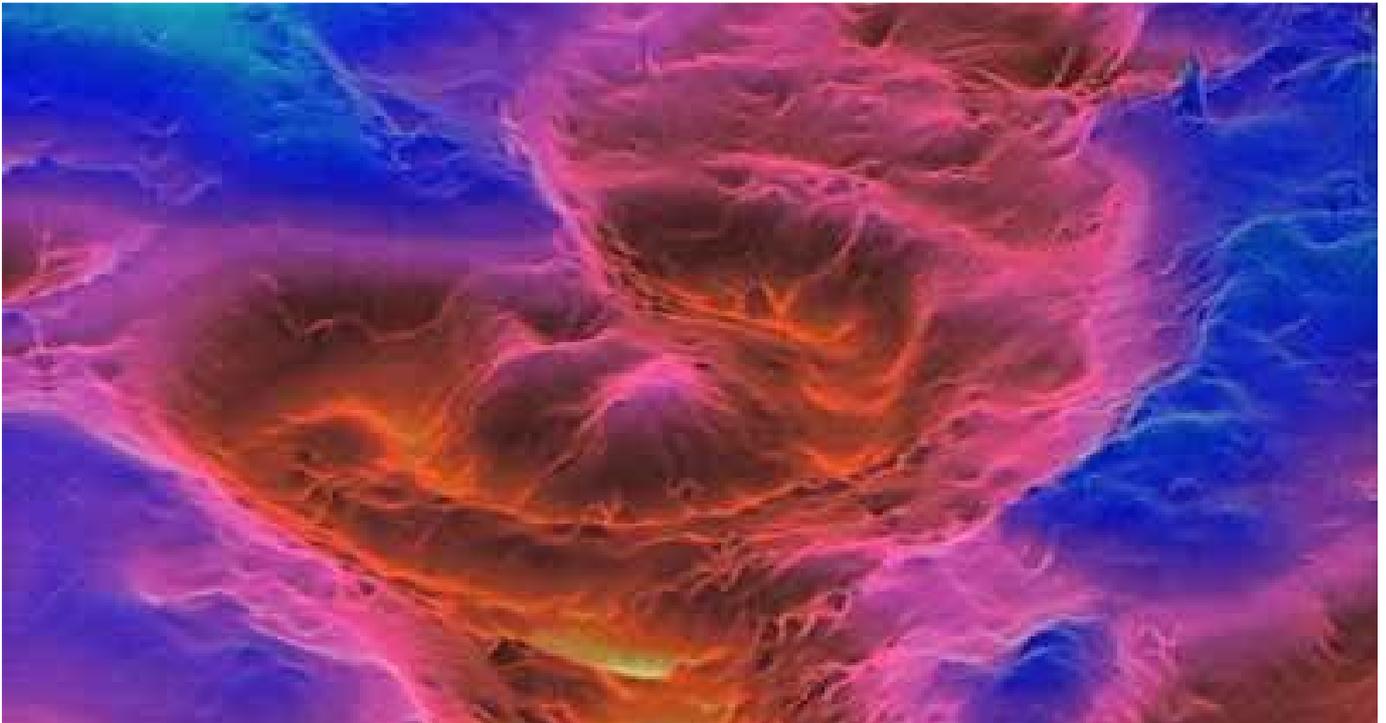


Die Folgen waren: Ein kosmischer Winter und ein Massensterben auf der Erde.

Als der Himmel wieder aufhellte waren 2/3 aller Arten ausgestorben, einschließlich der Dinosaurier.



**Eingefärbt ist der Krater hier zu sehen, der heute unter Dschungel und dem Meer verborgen liegt.
Er hat einen Durchmesser von 200 km, d.h. der Asteroid war ein Geschoss mit ca. 15 km Durchmesser.**



Die Einschlagkrater auf der Erde lassen sich am besten aus dem All erkennen.



Dieser hat sich mit Wasser gefüllt, ein See.



Auch hier ein Ring aus Wasser mit einer Erhöhung in der Mitte.



Unsere Weltkarte. Jeder rote Punkt bezeichnet einen Einschlagkrater.

Wieder zurück auf dem australischen Kontinent hier der Wolf-Creek. Der im trockenen Outback guterhaltene Krater hat einem Durchmesser von etwa 900 m und ist rund 300.000 Jahre alt.



Das ist relativ jung und klein im Vergleich zu Australiens größtem Krater der vor 142 Mio. Jahren in die Erdkruste geschlagen wurde.

Gosses Bluff, mit einem Durchmesser von 20 km.



Aber auch auf anderen Kontinenten sind Einschlagkrater zu entdecken.

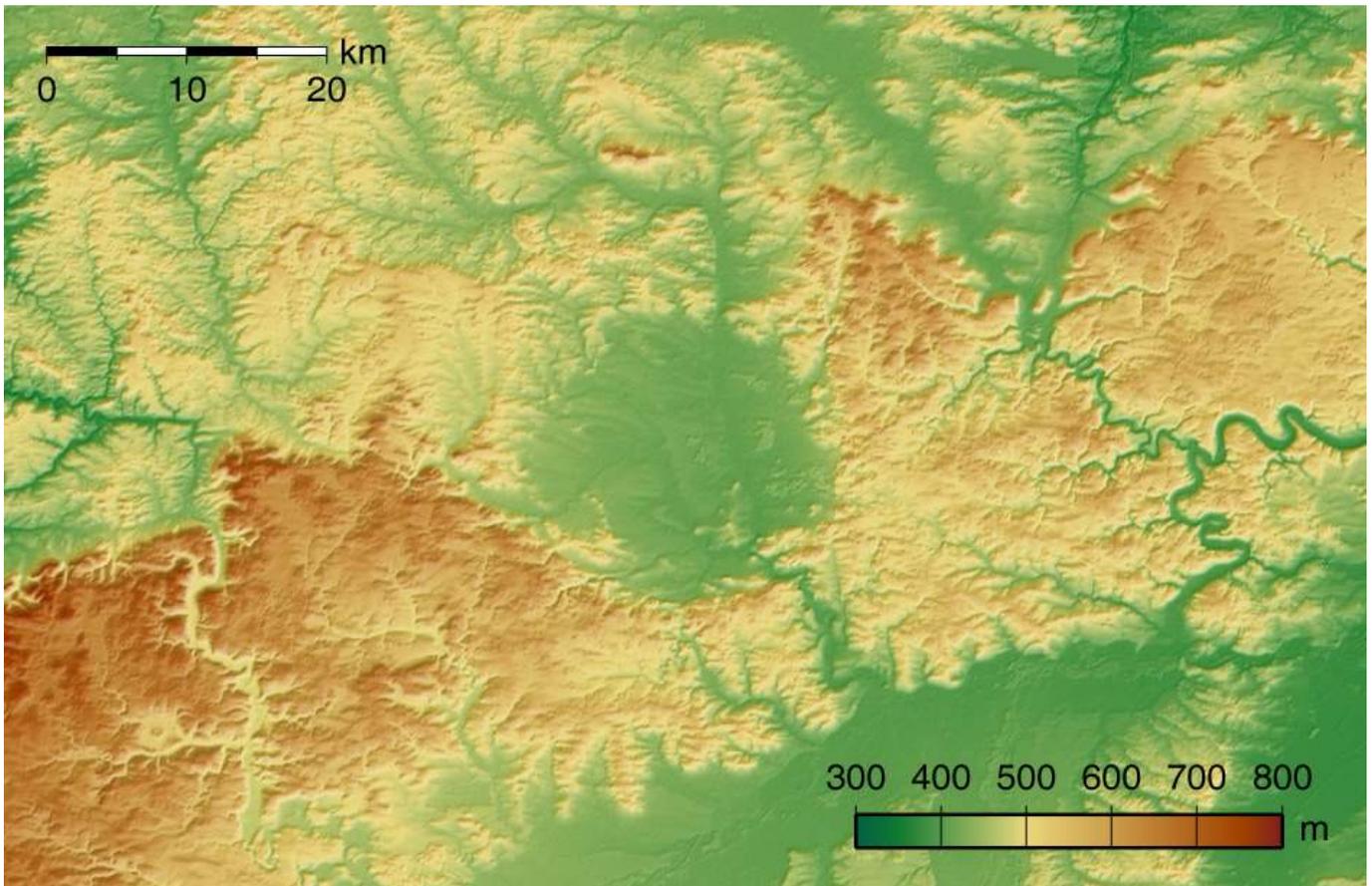


Zum Beispiel der Barringer-Krater, ein Einschlagskrater im Coconino County, Arizona, USA. Der Einschlagort liegt auf dem südlichen Colorado-Plateau und ist durch das Wüstenklima besonders gut erhalten.

Der Krater hat einen Durchmesser von etwa 1200 m, eine Tiefe von 180 m und wird von einem Wall umgeben, der durch den Auswurf des Einschlags entstanden ist und sich etwa 30 bis 60 m über das umliegende Plateau erhebt.

Der Einschlag des Meteoriten fand vor ungefähr 50.000 Jahren statt. Er hatte einen Durchmesser von 50 Metern, wog 300.000 Tonnen und bestand im Wesentlichen aus Nickel und Eisen. Er schlug mit einer Geschwindigkeit von ungefähr 60.000–90.000 km/h ein.

Auch in Europa hat man inzwischen Einschlagkrater gefunden, ja sogar in Deutschland.



Das Nördlinger Ries, eine nahezu kreisförmige, flache Hochebene hebt sich auffällig ab von der hügeligen Landschaft der Schwäbischen Alb. Aufgrund der im Ries gefundenen Gesteine, wurde es zunächst für eine vulkanische Struktur gehalten. Erst 1960 konnte der amerikanische Geologe und Astronom Eugene Shoemaker nachweisen, dass es Überreste eines etwa 15 Millionen Jahre alten Einschlagkraters sind. Das Ries zählt zu den am besten erhaltenen großen Impaktkratern der Erde.

Der Krater ist aufgrund seiner Größe und der starken Verwitterung nur aus der Luft deutlich zu erkennen.

Der Asteroid, der vor ca. 15 Millionen Jahren im Tertiär das Nördlinger Ries erzeugte, dürfte einen Durchmesser von etwa 1,3 -1,5 km gehabt haben und mit einer Geschwindigkeit von etwa 72.000 km/h eingeschlagen sein.

Der Einschlag erfolgte mit einer Sprengkraft von ca. 141000 Megatonnen TNT.

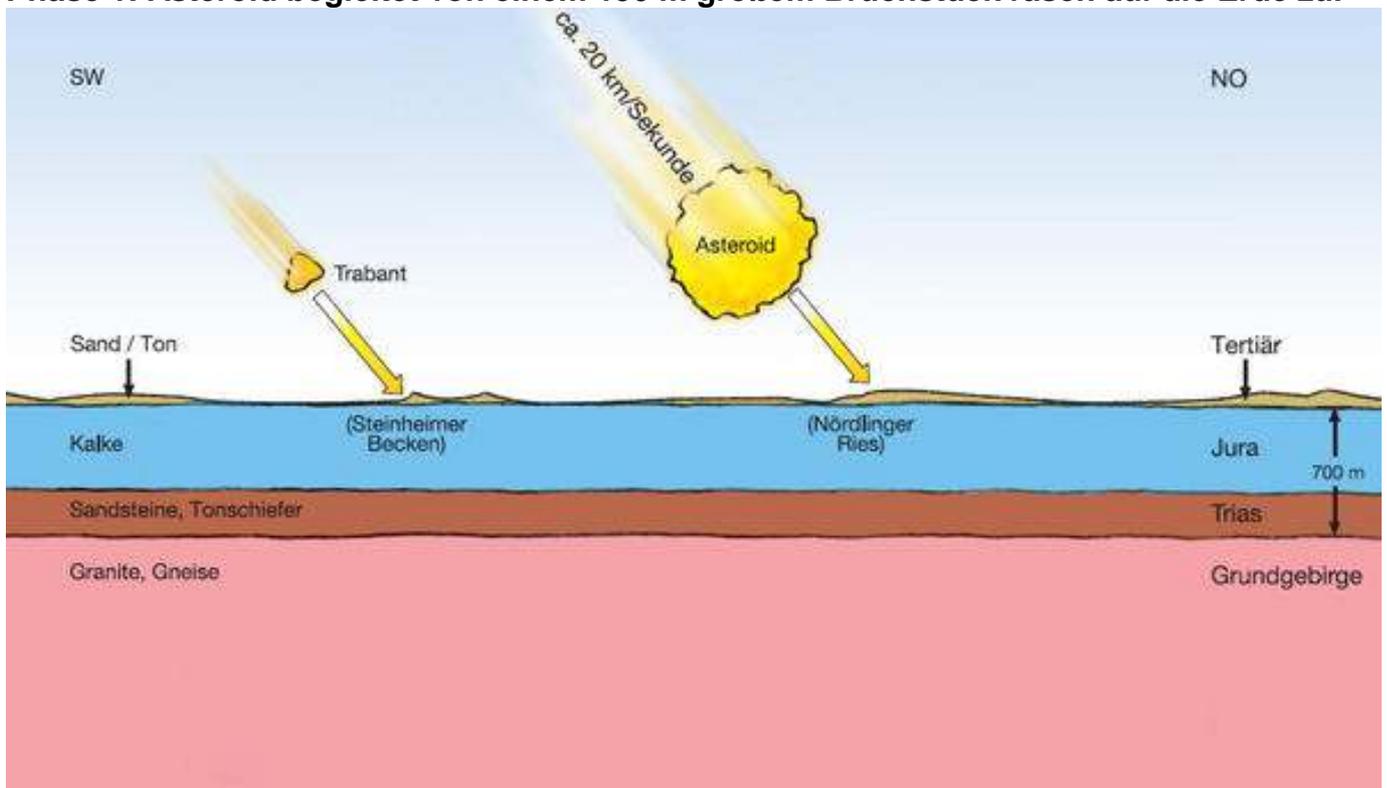
Zum Vergleich: Die Hiroshima-Bombe hatte eine Sprengkraft von 0,013 Megatonnen TNT.

Durch den Einschlag wurden ca. 150 km³ Gestein ausgeworfen, sogar Teile aus dem kristallinen Grundgebirge, denn der Asteroid durchschlug das 700 m starke Deckgebirge aus dem Mesozoikum (Trias und Jura). Gesteinsbrocken flogen ca. 450 Kilometer bis nach Böhmen. Aufgrund der hohen Temperaturen (bis 30 000°) und hohen Drücken (einigen Mio. bar) wurden Hochdruckminerale, sogenannte Tektide gebildet, auch als böhmischem Glas bekannt.

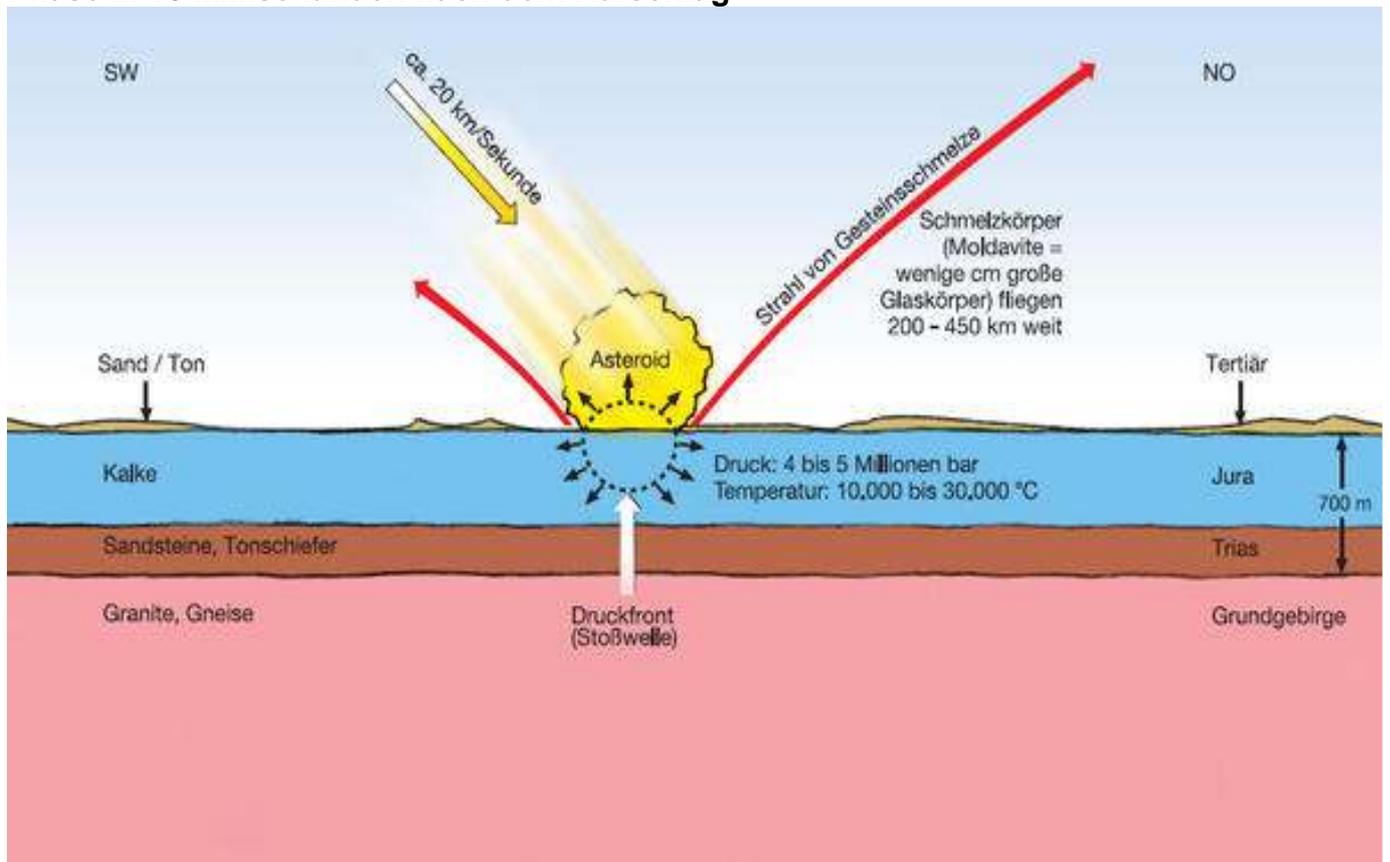
In wenigen Minuten war ein Krater von beinahe 25 km Durchmesser und rund 600 m Tiefe entstanden. Nahezu jegliches Leben im Umkreis von mindestens 100 km vom Einschlagkrater wurde schlagartig ausgelöscht.

Der Ablauf des Einschlag lief in folgenden Phasen ab:

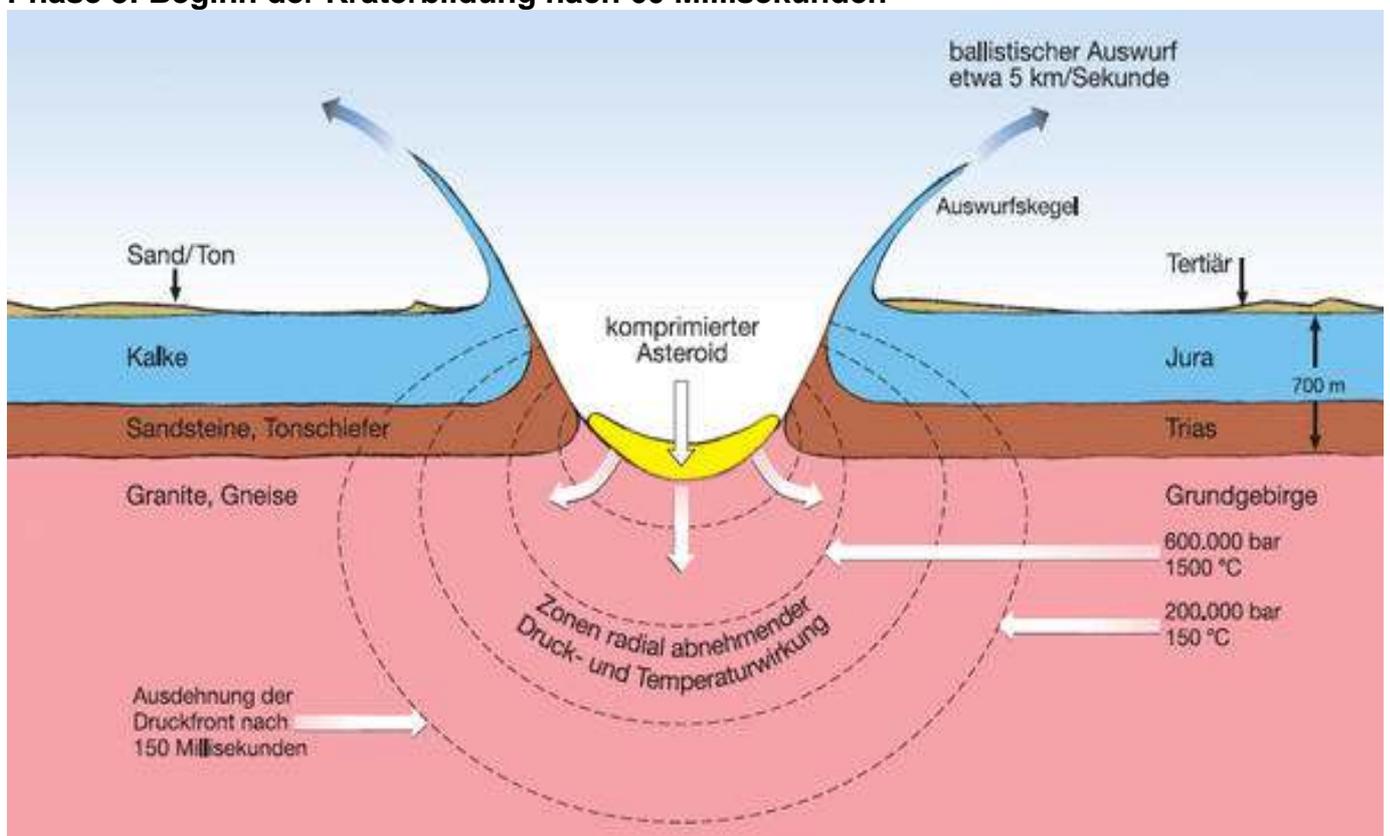
Phase 1: Asteroid begleitet von einem 150 m großem Bruchstück rasen auf die Erde zu.



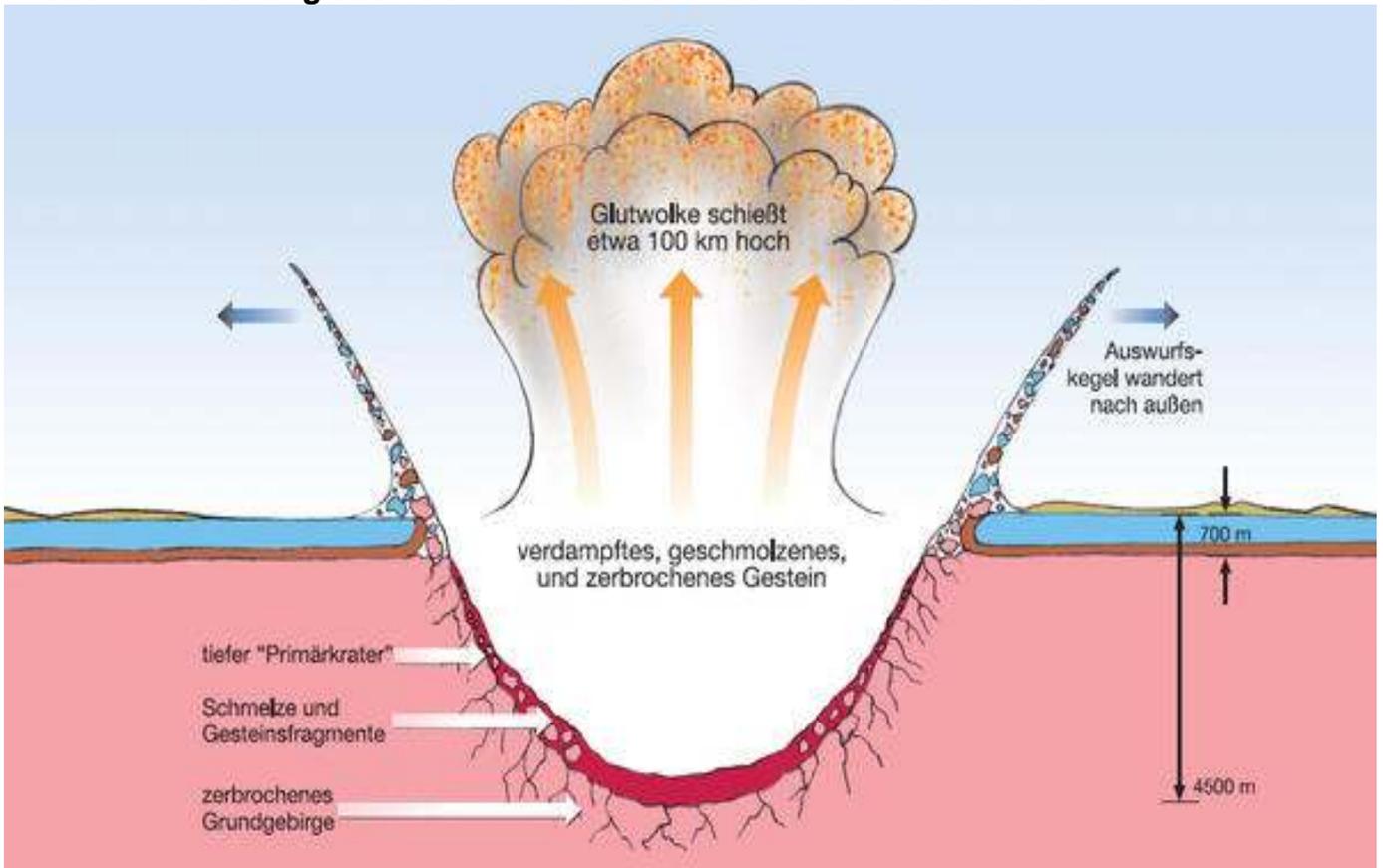
Phase 2: 10 Millisekunden nach dem Aufschlag



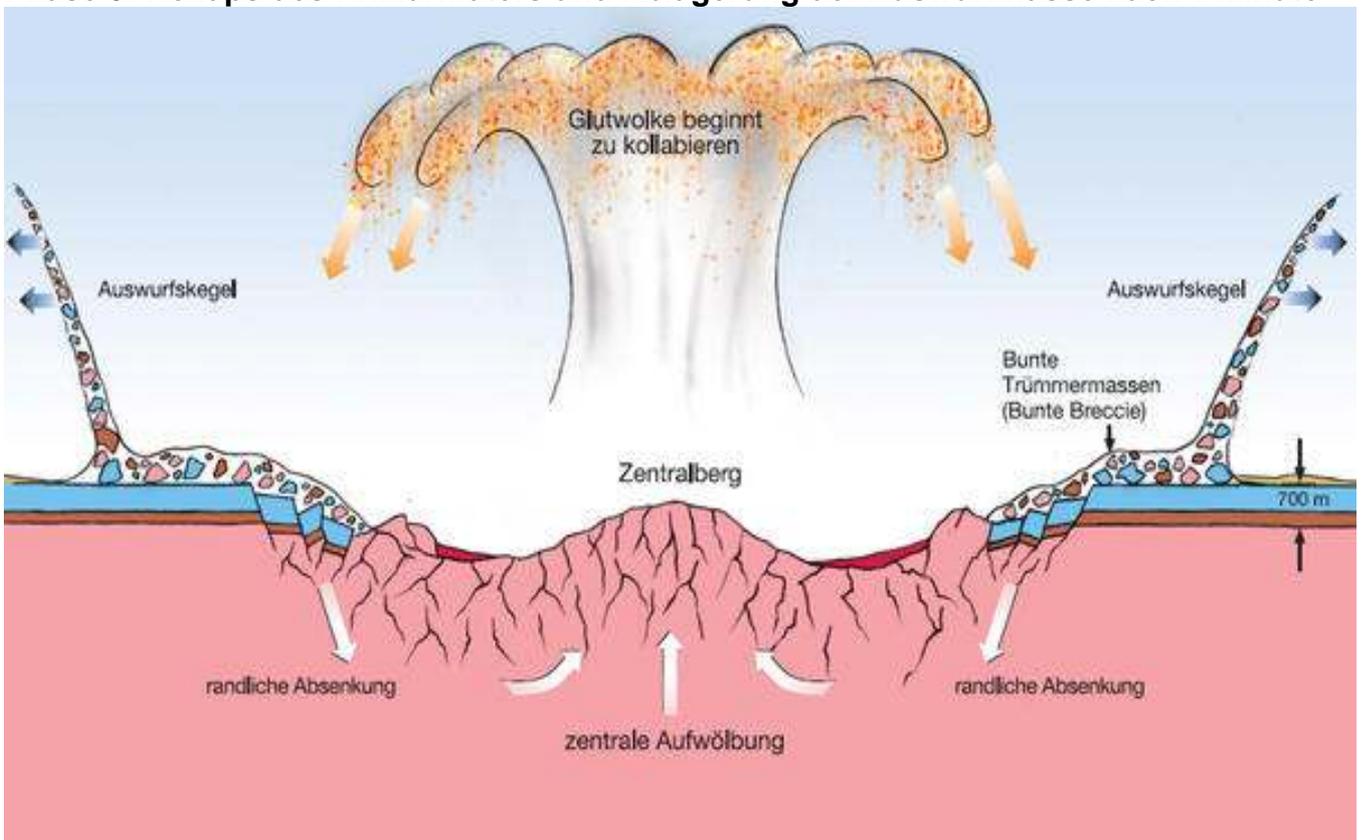
Phase 3: Beginn der Kraterbildung nach 60 Millisekunden



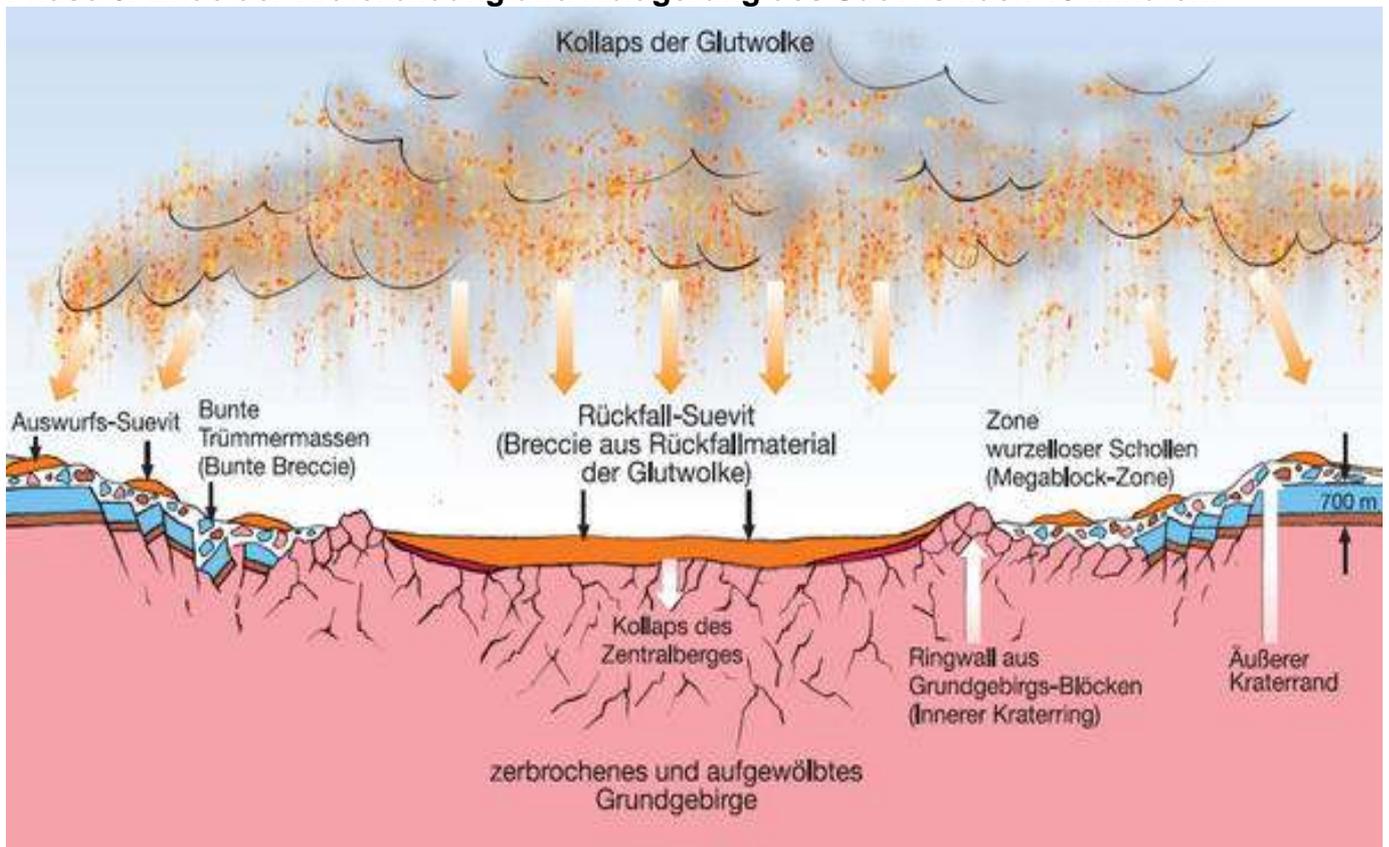
Phase 4: Entstehung des tiefen Primärkraters nach etwa 10 Sekunden



Phase 5: Kollaps des Primärkraters und Ablagerung der Auswurfmasse nach 1 Minute



Phase 6: Ende der Kraterbildung und Ablagerung des Suevits nach 10 Minuten.



Etwa 40 km südwestlich vom Nördlinger Ries liegt das Steinheimer Becken, ein weiterer Einschlagskrater mit 3,5 km Durchmesser. Er ist ebenfalls rund 15 Millionen Jahre alt und könnte auf das gleiche Ereignis wie das Ries zurückgehen. Danach würde es sich bei dem kosmischen Körper, dessen Einschlag die beiden Krater hinterließ, um einen Asteroiden handeln, der vor dem Einschlag zerbrach. Denkbar ist aber auch, dass es ein Meteorit von ca. 150 m Durchmesser war, der zufällig etwa zur gleichen Zeit einschlug, wie der Ries-Asteroid.



Panoramablick des Steinheimer Beckens von Norden



Panoramablick mit dem gut erhaltenen Zentralberg.



Zertrümmertes, daher scharfkantiges, wieder verbackenes Juragestein. Gehört zu den Indizien eines Meteoriteneinschlages. Solche Stücke finden sich in großer Anzahl an verschiedenen Stellen im Steinheimer Becken.

Kleinere Projektile treffen tagtäglich auf die Erde. Die meisten bis zu einer Größe von 50 m im Durchmesser verglühen in der Erdatmosphäre bevor sie die Oberfläche erreichen oder zerbrechen in viele kleine Trümmerstücke,

die dann als begehrte Sammelobjekte überall auf der Erde gefunden werden. Jedes Jahr regnen ca. 40.000 Tonnen Staub und Trümmerteile auf die Erde nieder.



Kleinere Meteorite sind keine wirkliche Bedrohung, aber Asteroiden mit Durchmessern von 1 km und mehr würden die Menschheit ausradieren, so wie früher die Dinosaurier.



Wie kann die Erde vor solchen Geschossen geschützt werden?

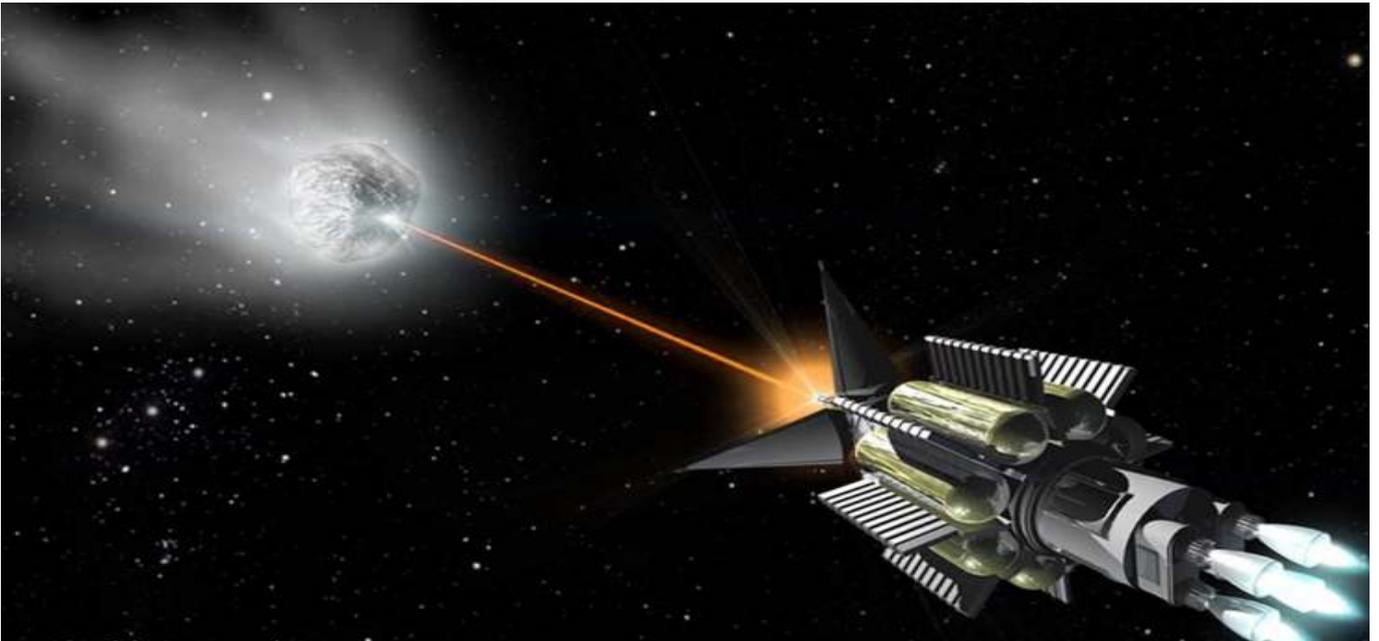
Überall auf der Erde tasten Astronomen den Himmel mit ihren Teleskopen nach Near Earth Objects, sogenannten NEOs, ab - jenen Asteroiden oder Kometen, die der Erde gefährlich nahe kommen könnten. Und sie entwickeln Konzepte, um einen Asteroiden oder Kometen von einem Kollisionskurs abzulenken.

Prinzipiell gibt es zwei Möglichkeiten, eine Kollision zu vermeiden. Man kann versuchen, den Asteroiden von seinem Kurs abzudrängen,



Raketentriebwerk landet, zündet und schiebt den Asteroid beiseite

oder ihn zu zerstören.



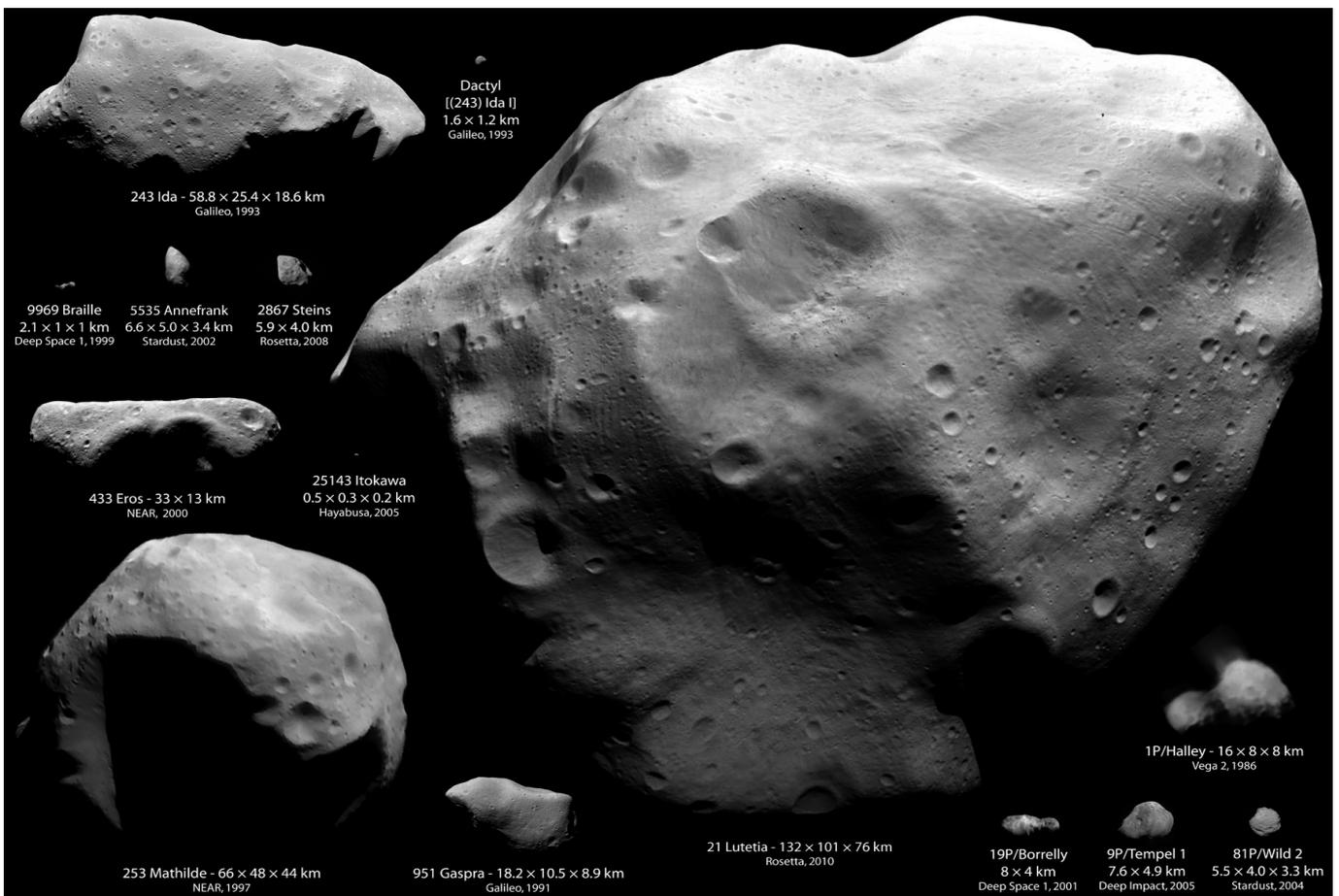
Science Fiction Darstellung, Zerstörung mit Laserkanone

Abdrängen wäre die elegantere Methode: Schon eine kleine Änderung der Bahn kann bei solch astronomischen Distanzen bewirken, dass der Himmelskörper an der Erde vorbeifliegt. Wird der Himmelskörper aber zerstört, etwa durch eine atomare Explosion, könnten die Bruchstücke dennoch die Erde treffen.



Asteroiden mit Durchmessern über 100 Meter sollten deshalb besser sanft beiseite geschoben werden, meinen die Forscher.

Dennoch setzt die amerikanische Weltraumbehörde Nasa auf die atomare Option. Ein Raumschiff soll eine Atombombe zum Asteroiden bringen. Doch wird diese nicht auf die Oberfläche aufgesetzt oder wie im Hollywood-Streifen "Armageddon" vergraben, sondern in der Nähe des Asteroiden gezündet. Die Explosion erteilt dem kosmischen Geschoss einen Schlag und wirft ihn aus der Kollisionsbahn. Mit langer Vorwarnzeit funktioniert das auch mit heutiger Technik, die Astronomen setzen daher alles daran, möglichst viele NEOs zu erfassen und ihre Bahndaten vorauszuberechnen. Größere Brocken über einen Kilometer gibt es vermutlich nur 1100, davon haben die Astronomen bisher über 800 identifiziert.



Einige der bekannten NEOs mit über einem Kilometer Durchmesser

Je größer und damit gefährlicher die Asteroiden sind, desto mehr weiß man über sie. Die NEOs mit Durchmessern über zehn Kilometern hat man alle entdeckt, sodass es hier keine unliebsamen Überraschungen gibt.

Wirklich langfristig betrachtet, muss wieder mit einem Einschlag welcher Größe auch immer gerechnet werden. Daher sind die aktuellen Überlegungen grundsätzlich schon angebracht, eine Suche nach solchen bedrohlichen Himmelskörpern zu intensivieren und auch über geeignete Abwehrmaßnahmen nachzudenken.

Die Abwehrtechniken nützen allerdings wenig, wenn man Asteroiden zu spät entdeckt. Experten halten die derzeitige Überwachung der Weltraumbehörden für ungenügend. Kleinere Asteroiden aufzuspüren ist sehr aufwendig und sehr teuer, denn man bräuchte dazu größere Teleskope und zwar eine ganze Menge davon.



Paranal-Observatorium der ESO in Chile

Internetquellen:

<http://www.uni-stuttgart.de/wechselwirkungen/ww2003/Auweter-Kurtz.pdf>
<https://secure.wikimedia.org/wikipedia/de/wiki/TNT-%C3%84equivalent>
<https://secure.wikimedia.org/wikipedia/de/wiki/Meteoriteneinschlag>
http://secure.wikimedia.org/wikipedia/de/wiki/Liste_der_Einschlagkrater_der_Erde
http://www.geopark-ries.de/index.php/de/entstehung_rieskrater
http://www.steinheimer-becken.de/steinheimer_becken_meteoreinschlag.html
<http://www.spiegel.de/wissenschaft/weltall/0,1518,526715,00.html>
<http://www.zeit.de/wissen/2009-10/asteroiden-einschlag-erde/>
http://www.wissenschaft.de/sixcms/detail.php?id=286295&template_id=8786