

... von Meteoriten, Kometen und Sternschnuppen“

CORNELIA BOCKRATH

Der folgende Artikel befasst sich mit den Inhalten dieser Sonderausstellung.

Plötzlich erhellt sich der Nachthimmel und eine grell leuchtende Feuerkugel rast mit hoher Geschwindigkeit über das Firmament. Ein lautes Donnern und ein explosionsartiger Knall folgen. Dann tritt wieder Stille ein ...

Unsere Erde hatte in diesem Moment ein Rendezvous mit außerirdischer Materie – ein Meteorit hat unsere Atmosphäre durchstoßen und ist auf die Erdoberfläche niedergestürzt.

Woher stammen Meteoriten?

Alle Meteoriten entstammen unserem Sonnensystem. Zwischen den Planeten Mars und Jupiter befindet sich die

Heimat der meisten Meteoriten, der Asteroidengürtel. In diesem Materiestrom umkreisen unzählige Festkörper in einer festgesetzten Umlaufbahn unsere Sonne, von winzigen Staubbörnchen bis hin zu Kleinplaneten, sogenannten Planetoiden.

Unter diesen Asteroiden kommt es vereinzelt zu Zusammenstößen, die zu Bahnablenkung und Zertrümmerung einzelner Körper führen können. So geraten Asteroiden auf eine neue Umlaufbahn um die Sonne. Dann besteht die Möglichkeit, dass sie die Erdumlaufbahn kreuzen, mit der Erde zusammentreffen und als Meteorit auf die Erdoberfläche niederfallen.

Einige wenige Meteoriten stammen allerdings von anderen Himmelskörpern, vom Planeten Mars und unserem Erdtrabanten, dem Mond. Bis heute sind jedoch von den fast 20.000 geborgenen Meteoritenfragmenten nur gut ein

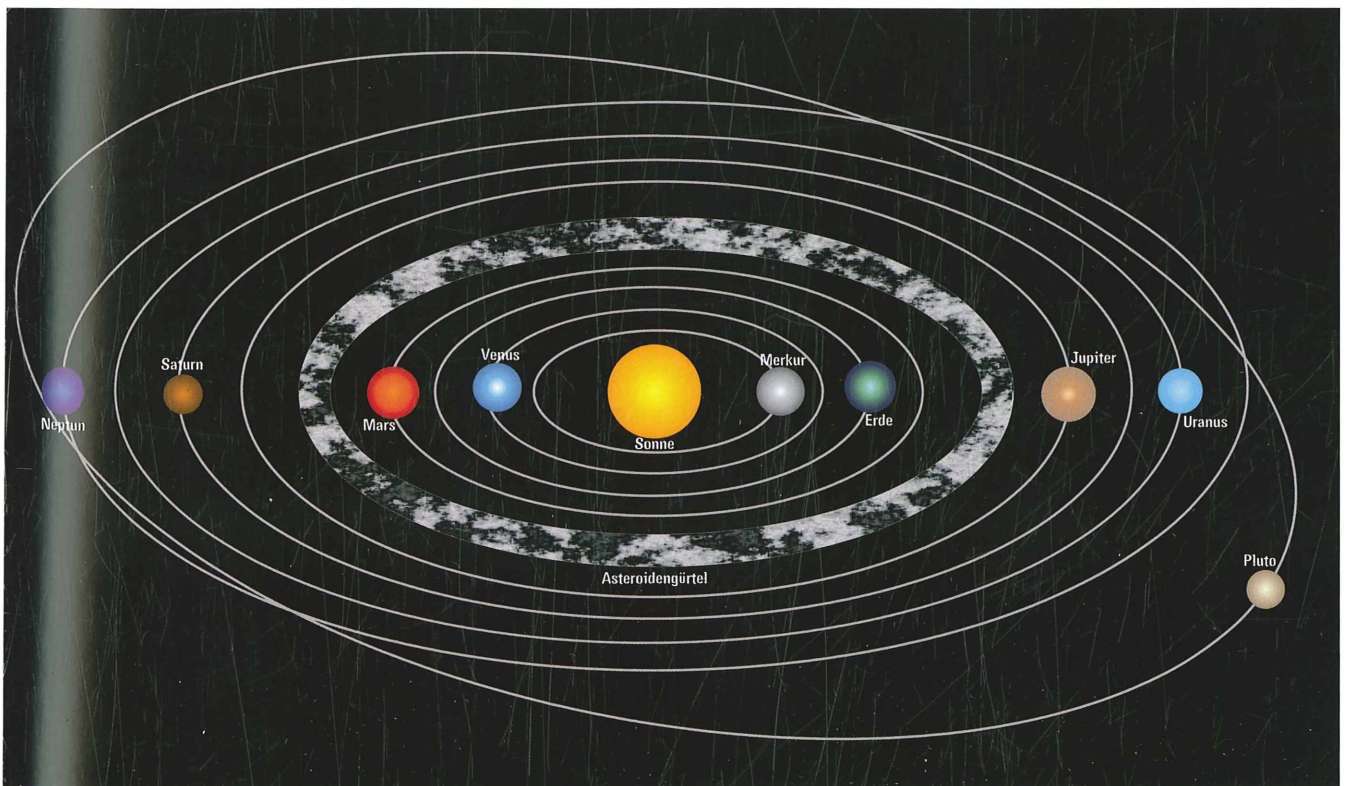


Abb. 1: Unser Sonnensystem. Grafik: M. Hoffer

Dutzend verschiedene Meteoriten bestimmt, die zweifelsfrei vom Mond stammen, wie Vergleiche mit den Mondproben der Apollo-Expeditionen zeigen. Einer ähnlich kleinen Gruppe von Meteoriten, den sogenannten *SNC-Meteoriten* (nach den Anfangsbuchstaben der Erstfundorte dieser Meteoriten benannt – *Shergotty* [Indien], *Nakhla* [Ägypten] und *Chassigny* [Frankreich]), wird eine Herkunft vom Mars zugesprochen. Sie unterscheiden sich von anderen Meteoriten dadurch, dass sie ein sehr viel jüngeres Entstehungsalter aufweisen und magmatischen Ursprungs sind. Sie müssen von Planeten stammen, die bis „vor kurzem“ noch heiß waren und Gesteinsschmelzen produzieren konnten. Auch die chemische Zusammensetzung eingeschlossener Gase in den SNC-Meteoriten stimmt gut mit Edelgas-Häufigkeiten der Mars-Atmosphäre überein, wie Analysen der amerikanischen Viking-Mars-Sonden zeigen.

Rendezvous in der Nacht

Begegnet ein kosmischer Körper der Erde, so trifft er zuerst auf ihre Atmosphäre. Was nun passiert, hängt von seiner Masse, seiner Geschwindigkeit und seinem Eintrittswinkel ab. Kleine Staubpartikel werden bereits in den obersten Luftschichten abgebremst und schweben unbemerkt zu Boden. Ab einer Masse von 0,1 Gramm sind sie jedoch groß genug, um (bei vollständigem Verglühen) eine Lichtspur zu hinterlassen. Dringt ein großer Himmelskörper in die Atmosphäre ein, kommt es zu auffälligen Leucht- und Schallerscheinungen.

Als *Sternschnuppen* (auch *Meteore*) werden winzige Körper aus Gestein oder Eisen bezeichnet, die nur wenige Millimeter groß sind („Weltraumstaub“). Beim Eindringen in die Erdatmosphäre werden sie stark abgebremst und verglühen durch die Reibungswärme, die dabei entsteht. Sternschnuppen sind so klein, dass sie bereits in den obersten Luftschichten komplett verglühen und nicht bis zur Erdoberfläche vordringen. Es gibt Zeiten im Jahr, in denen besonders viele Sternschnuppen beobachtet werden können. Dann kreuzt unsere Erde die Umlaufbahn von Kometen. Im Laufe der Jahrtausende haben sich winzige Teilchen des Kometen auf seiner gesamten Umlaufbahn verteilt, die nun in unsere Atmosphäre eindringen können. So können in diesen Tagen (mit etwas Glück) mehrere Sternschnuppen pro Minute bestaunt werden (Meteorschauer). Die bekanntesten Meteorschauer sind die Perseiden, die auch „Tränen des Laurentius“ genannt

werden. Sie sind jedes Jahr zwischen dem 17. Juli und 24. August zu beobachten.

Asteroide (auch *Planetoide*) sind Kleinplaneten, die sich auf einer festen Umlaufbahn um die Sonne bewegen und eine Größe von einigen Kilometern bis zu 1.000 Kilometern besitzen. Die meisten Asteroide (bisher sind etwa 380.000 bekannt) befinden sich im Asteroidengürtel zwischen den Planeten Mars und Jupiter. Sie bestehen aus Gestein oder Metall und bilden die Mutterkörper der meisten Meteoriten, die auf der Erde zu finden sind.

Meteoroide sind Asteroide oder Bruchstücke von Asteroiden, die sich noch im Weltraum befinden. Definitionsgemäß wird ein Meteoroid zum **Meteoriten**, sobald er die Erdoberfläche erreicht. Der Begriff Meteorit stammt aus dem Griechischen. Meteoros bedeutet „in der Luft befindlich“. Ein Meteorit ist ein kosmischer Festkörper, der die Erdatmosphäre durchdrungen hat und auf die Erdoberfläche auftrifft. Meteoriten bestehen wie Asteroide aus Gestein oder Metall.

Kometen sind Eisbrocken und bestehen hauptsächlich aus Wassereis, dem andere gefrorene Gase, Staubpartikel und kohlenstoffhaltige Verbindungen beigemischt sind. Sie werden auch als „schmutzige Schneebälle“ bezeichnet. Der Entstehungsort von Kometen liegt in der etwa 1,5 Lichtjahre von uns entfernten *Oort'schen Wolke*, die unser Sonnensystem umschließt. Sie besteht aus Gas-, Staub- und Gesteinsfragmenten, die bei der Entstehung unseres Sonnensystems vor 4,56 Milliarden Jahren übrig geblieben sind. Kometen bewegen sich in elliptischen Bahnen um die Sonne. Durch Kollisionen oder geänderte Gravitation können sie ihre Bahn verlassen und auf eine Bahn umgelenkt werden, die sie Richtung Sonne führt. Der innere Aufbau eines Kometen besteht aus Kern, Koma und zwei Schweifen. Der eigentliche Kern ist nur wenige Kilometer groß. Die Koma, die um den Kern liegt, besteht aus kleinen Staubteilchen, die beim Entstehen des Schweifes vom Kern mitgerissen und fein verteilt werden. Sie ist mit bis zu mehreren Millionen Kilometer Durchmesser viel größer als der Kern. Das typische Merkmal eines Kometen sind jedoch die beiden Schweife (ein Staubschweif und ein Ionenschweif), die immer von der Sonne weg gerichtet sind. Kometenschweife können bis zu 300 Millionen Kilometer lang werden. Einige Wissenschaftler vermuten, dass Kometen die „Saat des Lebens“ in Form von

biochemischen Bausteinen auf unsere Erde getragen haben könnten. Die Schweife des Kometen entstehen erst, wenn er sich der Sonne nähert. Durch die Strahlung der Sonne erwärmt sich die Kometenoberfläche. Ein Teil des Eises, aus dem er besteht, beginnt zu verdampfen. Pro Sekunde können bis zu 100 Tonnen Eis des Kometenkerns verdampfen. Der Sonnenwind sorgt dafür, dass der Schweif immer von der Sonne weg gerichtet ist.

Um an unveränderte Urmaterie aus dem Inneren des Kometenkerns zu gelangen, wurde im Jahre 2005 die Mission „Deep impact“ gestartet. Dabei wurde ein Kupferprojektil mit 37.000 Kilometern pro Stunde auf den Kometen „9P/Tempel 1“ abgeschossen, um analysierbares Material aus dem Kern zu schlagen. Die Mission brachte jedoch nicht den gewünschten Erfolg.

Die Raumsonde „Stardust“ nahm Proben aus der Koma des Kometen „Wild 2“. Damit konnte am 17. Januar 2006 im Labor der amerikanischen Weltraumbehörde NASA erstmals Kometenstaub analysiert werden. Mittels energiereicher Röntgenstrahlung wurden die chemischen Elemente und Minerale entschlüsselt, aus denen der

Komet besteht. Dabei entdeckten die Wissenschaftler auch Materie, die zu den ältesten Stoffen im Sonnensystem gezählt wird (sogenannte CAIs – Einschlüsse aus Calcium-Aluminium-Oxiden). Auch organische Moleküle und komplexe Kohlenwasserstoff-Verbindungen wurden gefunden.

Was passiert beim Aufprall?

„Fossile“ Impakte

Seit der Entstehung der Erde vor 4,56 Milliarden Jahren treffen immer wieder Meteoriten auf ihre Oberfläche auf und hinterlassen Narben in der Erdkruste. Tektonische Prozesse und Erosion verwischen diese Spuren jedoch im Laufe der Jahrtausende. Auf unserem Trabanten, dem Mond, sind diese Spuren jedoch noch sehr deutlich sichtbar, da er seismisch inaktiv und ohne Atmosphäre ist. Seine Kraternarben sind festgehaltene Zeugen des „heavy bombardment“, einer Zeit in der frühen Erdgeschichte vor ungefähr 4,5 bis 3,9 Milliarden Jahren, als noch vermehrt Meteoriten die Erde, den Mond und andere Himmelskörper trafen.



b. 2: Auch der Mond zeigt Spuren von Meteoriteneinschlägen. Aufn. A. Roth

Wann entsteht ein Impaktkrater?

Jeden Tag dringen etwa 40 Tonnen feste außerirdische Materie in die Erdatmosphäre ein. Der Großteil dieser Masse rieselt allerdings in Form eines feinen kosmischen Staubes unbemerkt auf die Erde hernieder. Beim Flug durch die Atmosphäre verliert ein Meteoroid (abhängig von ursprünglicher Geschwindigkeit und Eintrittswinkel) durch Ablation bereits so viel seiner Masse, dass kleinere Objekte die Erdoberfläche gar nicht erreichen. Als Faustregel gilt, dass Eisenmeteoriten, die den Weg durch die Lufthülle überstehen, zwischen 3 und 300 cm groß waren. Kleinere

Objekte würden in der Atmosphäre verglühen, größere beim Aufprall vollständig zerstört werden. Meteoriten, die weniger als einige Tonnen Gewicht besitzen, hinterlassen beim Aufprall keinen echten Einschlagskrater. Stattdessen findet man Einschlagsröhren von wenigen Metern Tiefe oder flache Gruben, die durch das Eigengewicht des Meteoriten gebildet werden. Erst größere Körper können zu katastrophalen, explosiven Ereignissen führen. Ab einer Masse von etwa hundert Tonnen ist die Erdatmosphäre zu dünn, um die Fallgeschwindigkeit abzubremesen. Der Meteorit schlägt dann mit seiner kosmischen Geschwindigkeit ein (10 bis 90 km/s), und bei der Explosion des Körpers auf der Erdoberfläche entsteht ein echter Impaktkrater. Zurzeit sind auf der Erde etwa 150 gesicherte Impaktkrater bekannt.

Die Vorgänge beim Aufprall eines großen Meteoriten lassen sich in drei Phasen unterteilen:

1. Kompressionsphase

Der Meteorit (Projektil) trifft auf die Erdoberfläche und dringt in den Untergrund ein. Die Tiefe entspricht dabei etwa dem Doppelten seines Durchmessers. Dabei kommt es zu einer extremen Verdichtung des getroffenen Gesteines. In Bruchteilen von Sekunden wird die gewaltige Bewegungsenergie, die der Meteorit mit sich bringt, in Hitze umgewandelt.

Beispiel: Ein Steinmeteorit von etwa 900 m Durchmesser, der mit einer Geschwindigkeit von 20 km/s aufprallt, würde einen Maximaldruck von etwa dem 4,5-Millionenfachen der Erdatmosphäre und Temperaturen von circa 15.000° C hervorrufen.

Die Folge ist ein explosionsartiges Verdampfen von Meteorit und Untergrund. Gleichzeitig entstehen Schockwellen, die durch den Untergrund laufen und diesen verändern können.

2. Auswurfphase

Gesteinsmaterial aus dem Untergrund wird ausgeschleudert und ein tiefer Primärkrater entsteht.

3. Deformationsphase

Der gebildete Krater wird durch zurückstürzende Gesteinstrümmer, den nach innen rutschenden Kraterwand sowie durch Hebung des Kraterbodens infolge der Druckentlastung umgeformt. Bei großen Kratern kann im

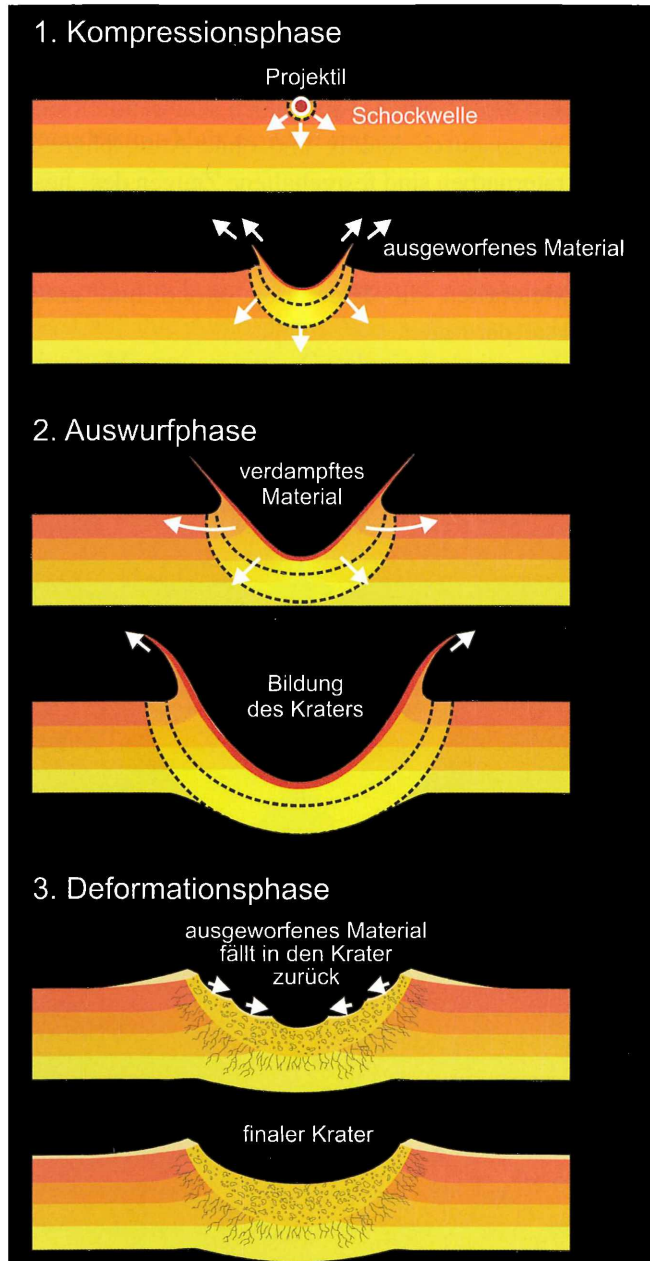


Abb. 3: Phasen des eigentlichen Impaktes. Grafik: M. Hoffer

Inneren eine zentrale Erhebung oder Ringstruktur entstehen. Nahe Verwandte der Impaktgläser sind die Tektite, die ebenfalls aus ausgeschleudertem Gesteinsglas bestehen und in weiterer Entfernung vom Krater gefunden werden können.

Woran erkennen wir einen Meteoritenkrater?

Damit eine Kraterstruktur auch als Meteoriteneinschlag identifiziert werden kann, muss sie einige der hier aufgeführten Kriterien erfüllen:

1. Oberflächenstruktur

Weist das Gebiet die typischen Merkmale eines Einschlagskraters auf? Dieses Kriterium ist sehr ungenau, weil Kraterstrukturen mit der Zeit durch Erosion und Landschaftsformung überprägt sein können. Gleichzeitig gilt: Nicht jede kraterähnliche Struktur ist auch durch einen Meteoriten entstanden!

2. Nachweis von Überresten eines Meteoriten

Auch dieses Kriterium ist selten zu erfüllen, da bei Explosionskratern der Impaktor meistens vollständig verdampft. Nur in zehn Prozent der bekannten Krater auf der Erde konnten Fragmente oder rekondensierte Materie eines Meteoriten nachgewiesen werden. In diesen Fällen handelte es sich immer um Überreste von Eisenmeteoriten.

Am Rande eines Einschlagkraters findet sich oftmals brekziertes Gestein, das beim Aufschlag zertrümmert und aus dem Krater geschleudert wurde.

3. Strahlenkegel

Strahlenkegel sind Strukturen, die im überprägten Nebengestein eines Meteoritenkraters zu finden sind. Dabei wird das Gestein durch die Druckwelle des auftretenden Projektils überprägt. Es bilden sich konische Strukturen, die am besten in Tonstein, Dolomit, Sandstein oder Quarzit entwickelt sind. Damit ein Strahlenkegel entstehen kann, braucht es einen Druck, der zwischen 2 und 30 GPa liegt. Nur nukleare Explosionen zeigen diese Strukturen ebenfalls.

4. Impaktgläser

Impaktgläser sind Gesteinsschmelzen, die mit einem Meteoriteneinschlag in Verbindung stehen. Wenn Hitze und Druck so gewaltig sind, dass der Meteorit verdampft, schmilzt auch ein Teil des Nebengesteins. Dieses wird in der Auswurfphase aus dem Krater geschleudert, kühlt sich in der Luft ab und erstarrt zu Glastropfen.

5. Stishovit und Coesit

Stishovit und Coesit sind Mineralmodifikationen von SiO_2 („Hochdruckquarze“). Sie bilden sich nur unter besonders großem Druck. An ihnen kann man wie an einem Barometer ablesen, wie groß der Druck mindestens gewesen sein muss, der bei einem Impact auf ein Gestein eingewirkt hat.

6. „Shock“-Minerale

Auch an anderen Mineralphasen kann abgelesen werden, ob sie einem besonders hohen Druck ausgesetzt waren, der auf einen Impact schließen lässt. Werden diese Minerale unter dem Mikroskop betrachtet, lassen sich lamellenartige Strukturen und Risse erkennen, die durch die Kraft des Aufschlages entstanden sind. Sie dienen dem Fachmann als Druckanzeiger.

Hitparade der Superlative

Wie schnell sind Meteoroiden?

Beim Eintritt in die Atmosphäre besitzen Meteoroiden eine kosmische Geschwindigkeit von zehn bis neunzig Kilometern pro Sekunde. Nach Eintritt in die Atmosphäre werden sie stark abgebremst, behalten aber wenigstens ihre Fallgeschwindigkeit von 100 bis 300 Metern pro Sekunde bei.

Wie heiß werden Meteoroiden beim Durchfliegen der Atmosphäre?

Die Schmelzkruste, die alle Meteoriten zeigen, entsteht durch das Aufschmelzen der Gesteinsoberfläche beim Durchqueren der Atmosphäre. Dabei werden Temperaturen von über 1.300°C erreicht. Im weiteren Fall kühlt sich der Meteoroid aber wieder so weit ab, dass man ihn nach seinem Aufprall auf die Erdoberfläche bedenkenlos mit den Händen berühren könnte.

Wie schwer ist der größte bekannte Meteorit?

Der größte bekannte Meteorit der Welt ist der 1920 in Namibia entdeckte Hoba-Meteorit, ein Eisenmeteorit, der eine Masse von circa 60 Tonnen besitzt. Das entspricht in etwa dem Gewicht eines ausgewachsenen Pottwals!

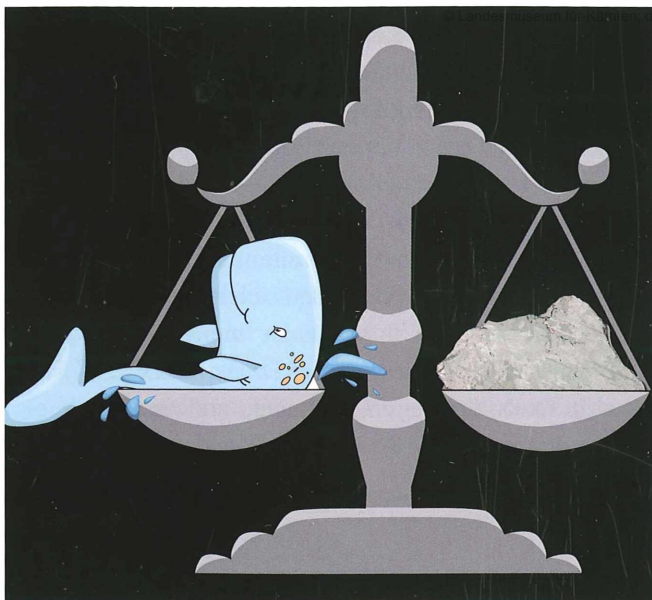


Abb. 4: Vergleich des Gewichts des Hoba-Meteorits mit dem eines Pottwals.
Grafik: M. Hoffer

Der älteste Impaktkrater

Der älteste auf der Erde nachgewiesene Impaktkrater ist der südafrikanische Vredefort-Dom. Er besitzt ein Alter von etwa 2,02 Milliarden Jahren.

Der größte Impaktkrater

Der südafrikanische Vredefort-Dom hat auch hier die Nase vorn. Mit einem ursprünglichen Durchmesser von circa 300 Kilometern ist er auch der größte weltweit bekannte Meteoritenkrater. Der einschlagende Himmelskörper besaß einen Durchmesser von rund zehn Kilometern.

Prominente Impaktereignisse

Die Entstehung des Mondes

Das für uns sichtbarste Produkt eines Impaktes können wir fast jede Nacht am Sternenhimmel bewundern – unseren eigenen Mond! Auch er ist das Ergebnis einer gewaltigen Kollision, die die Erde in ihrer Frühzeit erleben musste.

Vor etwa 4,56 Milliarden Jahren bildete sich unser Sonnensystem aus einem Gas- und Staubbenebel. 99 Prozent des Materials sammelten sich in der Sonne, ein Prozent blieb für alle Planeten und Asteroiden übrig. Spätestens vor 4,533 Milliarden Jahren war die Bildung der Erde abgeschlossen. Etwa zur gleichen Zeit stieß die Erde mit einem fremden Planeten zusammen, der in etwa die Größe des Mars gehabt haben muss. Dieser wurde

zerstört. Seine Bruchstücke wurden zusammen mit Material aus Erdkruste und Erdmantel in eine Umlaufbahn um die Erde geschleudert. Daraus bildete sich dann der Mond.

Das Aussterben der Dinosaurier

Schon lange Zeit sind sich die Geowissenschaftler einig, dass sich vor rund 65 Millionen Jahren auf der Erde etwas Besonderes ereignet haben muss. In der geologisch betrachtet sehr kurzen Zeitspanne von wenigen Millionen Jahren sind drei Viertel aller Lebewesen ausgestorben. Die prominentesten Opfer dieser Katastrophe waren die Dinosaurier, die zuvor 145 Millionen Jahre lang die Erde beherrschten. Dieses Ereignis definiert die Grenze zwischen der Kreide (Erdmittelalter) und dem Tertiär (neuere Nomenklatur: Paläogen), dem Beginn der Erdneuzeit.

Anfang der 1980er Jahre fand eine Gruppe amerikanischer Wissenschaftler in den steinernen Ablagerungsschichten zwischen der Kreide- und der Tertiärzeit weltweit eine dünne Schicht, in der sie erhöhte Gehalte am Element Iridium (einem auf der Erde recht seltenen Platingruppen-Element) feststellten. Die Forscher vermuteten hierfür eine außerirdische Erklärung, denn in Eisenmeteoriten findet sich dieses Element in deutlich höheren Konzentrationen als auf der Erde. Ein riesiger Meteorit soll demnach vor 65 Millionen Jahren die Erde getroffen haben. Durch den Einschlag wurden Unmengen an Staub in die Atmosphäre gewirbelt, was nachhaltig zu einer Klimaveränderung führte. Die Iridium-Grenzschicht stellt nach dieser Theorie verdampftes Material jenes Meteoriten dar, das sich zusammen mit dem Staub global verteilte und irgendwann zu Boden sank. Diese spektakuläre Idee wurde im Laufe der Zeit durch weitere Untersuchungen untermauert. So fanden Forscher den möglichen Einschlagskrater im Golf von Mexiko vor der Halbinsel Yucatan. Dieser sogenannte Chicxulub-Krater hat einen Durchmesser von 170 Kilometern und eine Tiefe von 45–60 Kilometern. Er muss von einem Meteoriten verursacht worden sein, der über 10 Kilometer groß war.

Auch weitere Gründe waren für das große Sterben vor 65 Millionen Jahren mitverantwortlich: So kam es in der späten Kreidezeit zu vermehrten vulkanischen Aktivitäten (besonders in Indien), die das Klima bereits nachhaltig veränderten und für das damalige Ökosystem einen großen Stressfaktor darstellten. Die Kollision mit dem großen Meteoriten stellte vermutlich nur den finalen Schlag dar.

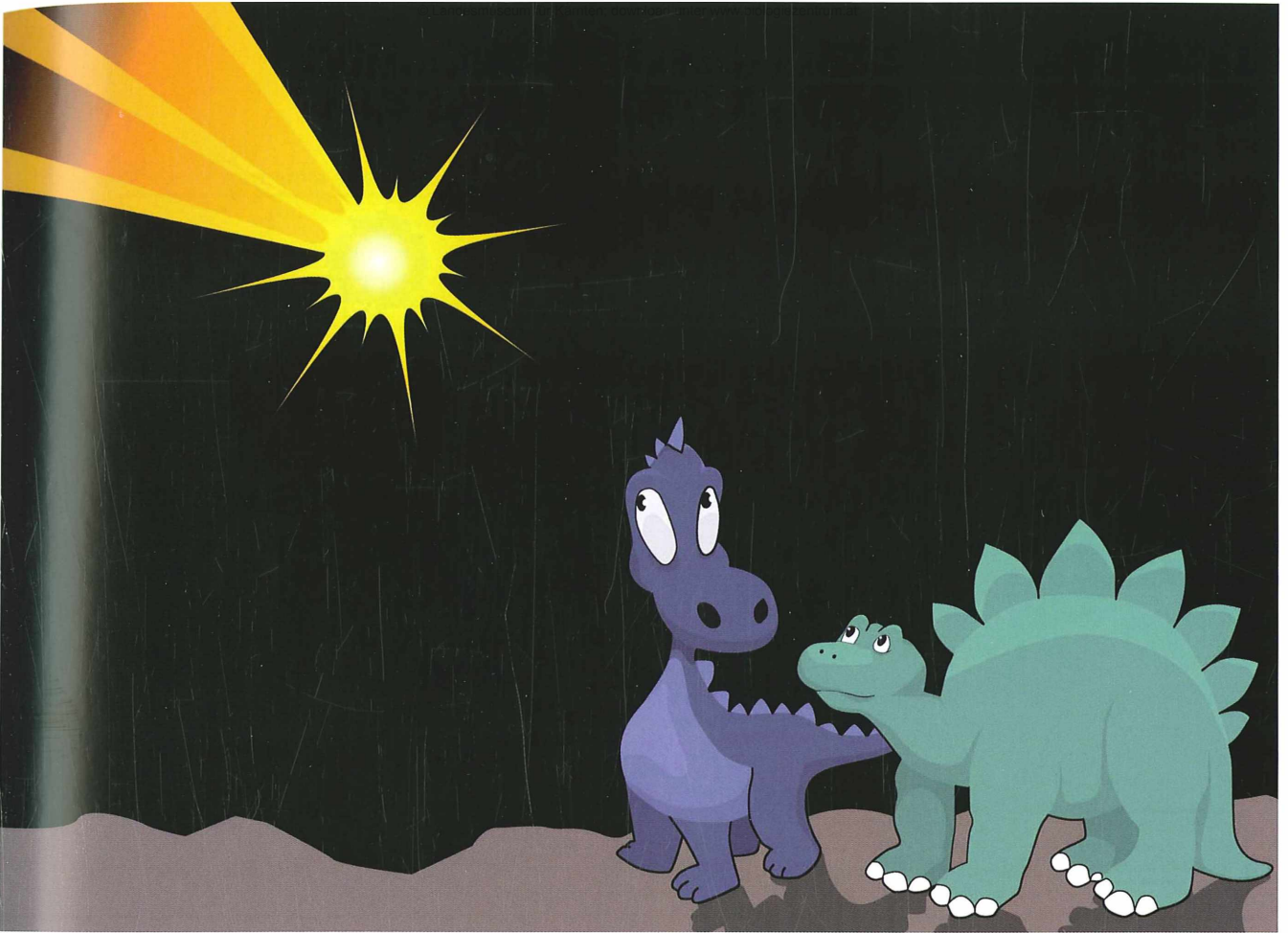


Abb. 5: Der „finale Schlag“ Grafik: M. Hoffer

Gefahr aus dem Weltall?

Immer wieder laufen Hollywoodfilme im Kino, die sich dem Thema des „deep impact“ und seiner katastrophalen Folgen annehmen. Aber wie groß und realistisch ist die Gefahr wirklich, die von großen „Killer-Meteoriten“ ausgeht?

Statistisch gesehen trifft etwa alle hunderttausend Jahre ein kilometergroßes Objekt die Erde. Ein bevorstehender Einschlag kann heute unter Umständen vorhergesagt werden, weil erdnahe kosmische Objekte beobachtet und ihre Flugbahnen sehr genau berechnet werden können. Mit dieser Thematik sind viele Wissenschaftler und Observatorien weltweit beschäftigt. Die NASA finanziert zudem eigene Programme zur „Asteroidenabwehr“, in denen überlegt wird, wie ein Asteroid, der Kurs auf die Erde nimmt, am besten von seiner Bahn abgelenkt oder zerstört werden kann. Sieht man einmal von der äußerst

seltenen Ankunft jener gigantischen kosmischen Körper ab, deren Einschlag ganze Kontinente in Mitleidenschaft ziehen könnte, geht von außerirdischen Materiebrocken keine unmittelbare Gefahr für die Menschen aus. Der Großteil der auftreffenden Meteoriten besitzt nur eine geringe Masse. Zudem stürzen die „Himmelssteine“ statistisch gesehen viel häufiger in die Ozeane, die flächenmäßig den Hauptteil der Erde ausmachen, oder sie gehen unbemerkt und ohne Schaden anzurichten über Gegenden nieder, die unbesiedelt sind.

Woraus bestehen Meteoriten?

Meteoriten werden zu den Gesteinen gezählt, da sie aus unterschiedlichen Mineralen zusammengesetzt sind. Die wissenschaftliche Einteilung der Meteoriten wird nach ihrer chemischen Zusammensetzung und dem Grad ihrer Fraktionierung vorgenommen.

Klassifikation der Meteorite

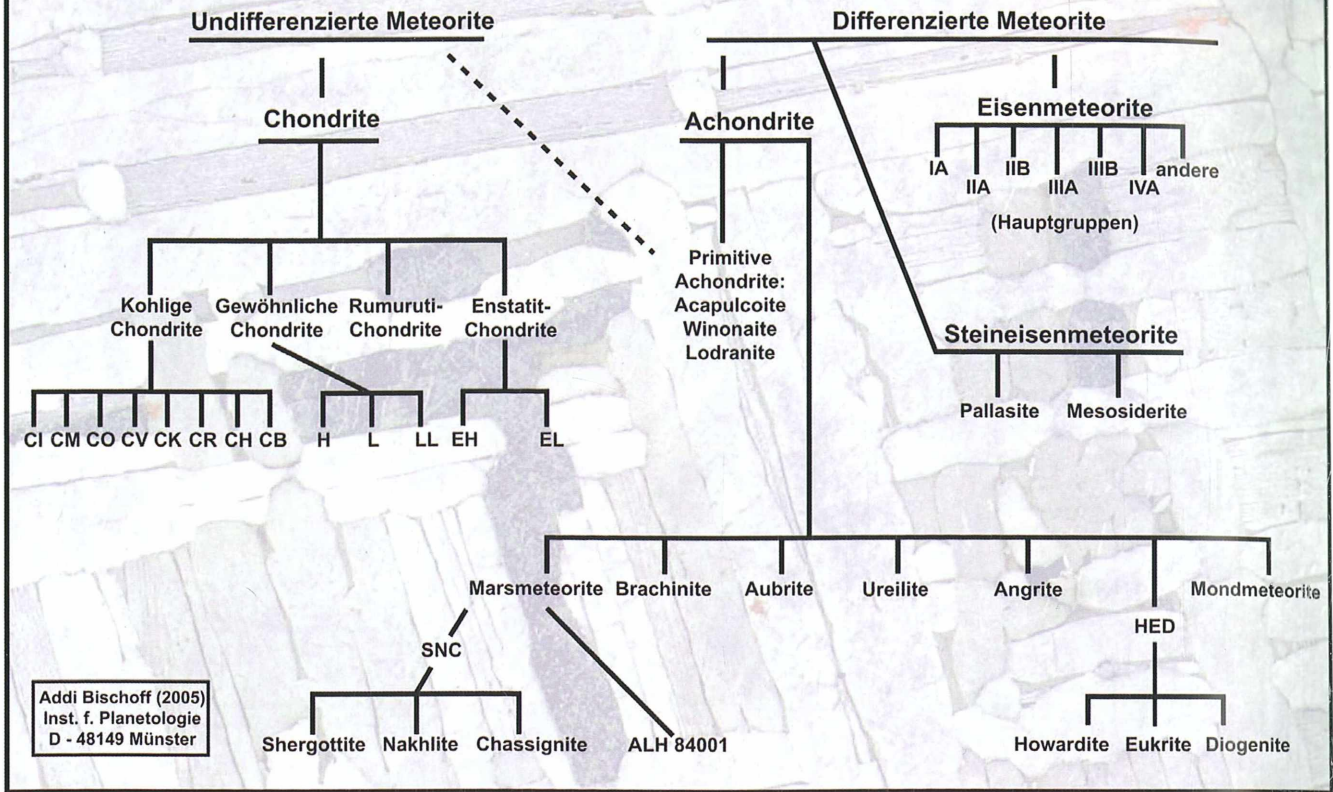


Abb. 6: Klassifikation der Meteorite. Grafik: A. Bischoff

Vereinfacht werden sie nach ihrem Mineralinhalt in drei Klassen unterteilt (Eisenmeteoriten, Steinmeteoriten und Steineisenmeteoriten). Ihr chemischer Aufbau erzählt die Geschichte des Mutterkörpers, von dem der Meteorit ursprünglich stammt.

1. Eisenmeteoriten

Sie bestehen überwiegend aus einer Legierung von Eisen mit etwas Nickel, wie sie auf der Erde nicht vorkommt, und erregen schon durch ihr großes spezifisches Gewicht Aufsehen. Aus diesem Grund werden sie am häufigsten ohne Fallbeobachtung gefunden und als Meteoriten erkannt.

Eisenmeteoriten werden aufgrund ihrer chemischen Zusammensetzung in *Oktaedrite*, *Hexaedrite* und *Ataxite* unterteilt. Eine weitere Untergliederung, die auch auf den Mutterkörper schließen lässt, wird anhand ihrer Spurenelementmuster vorgenommen.

Oktaedrite:

- häufigste Gruppe der Eisenmeteoriten
- bestehen zu 7–15 % aus Nickel
- zeigen nach Säurebehandlung spezifische Strukturen auf der Oberfläche > Widmannstättische Figuren
- der Name Oktaedrit leitet sich vom regelmäßigen Verwachsen der beiden Hauptphasen (Kamazit und Taenit) ab, die nach den Flächen eines Oktaeders angeordnet sind

Hexaedrite:

- seltener als Oktaedrite
- besitzen die Eigenschaft, nach Würfeln (Hexaedern) zu spalten
- enthalten weniger Nickel
- bilden keine Widmannstättischen Figuren aus



Abb. 7: Eisenmeteorit Canyon Diablo. Aufn. R. Schumacher

axite:

- reich an Nickel
- stets feinkörnig
- weisen nur Mikrostrukturen auf
- sehr selten
- der größte Meteorit der Welt (Hoba-Meteorit, Namibia) gehört zu dieser Klasse

Steinmeteoriten

• bestehen vorwiegend aus Silikaten wie den Mineralen Olivin, Pyroxen und Plagioklas, zusammen mit Anteilen an verteilt Nickeleisen.

• ob unterteilt man diese Gruppe in die *Achondrite* und *Chondrite*.

Chondrite:

- stark differenziert
- irdischen Gesteinen am ähnlichsten

- magmatischen Ursprungs
- in der Regel führen sie kein metallisches Eisen
- zu dieser Gruppe gehören die Mond- und Marsmeteorite

Chondrite:

- häufigste Meteoritengruppe
- fast alle Chondrite besitzen Chondren (kugelige Strukturen in ihrem Inneren, 0,2 bis 5 mm groß)

3. Steineisenmeteoriten

Die dritte Gruppe der Meteoriten stellt ein Verbindungsglied zwischen den ersten beiden Gruppen dar und gliedert sich in die *Pallasite* und die *Mesosiderite* auf, die sich durch unterschiedliche Anteile an Nickeleisen und Silikaten auszeichnen.

Pallasite:

- bestehen aus einem Netzwerk von Oktaedrit, dessen Zwischenräume fast immer vom Silikatmineral Olivin ausgefüllt sind.

Mesosiderite:

- brekziöses Gefüge
- seltener als Pallasite
- führen gleichviel Silikat und Nickeleisen
- das Nickeleisen ist in feinen Adern oder tropfenförmig in einer silikatischen Grundmasse verteilt

Warum sehen Meteoriten so unterschiedlich aus?

Unsere Erde und die anderen inneren Planeten unseres Sonnensystems besitzen einen internen Aufbau, der dem eines Pfirsichs ähnelt. In der Mitte liegt ein Kern, der von Fruchtfleisch und Haut umgeben ist. Bei den Planeten besteht der Kern aus einer metallenen Eisen-Nickel-Legierung, um den sich ein Mantel (und eine Kruste) aus silikatischem Material legt. Diese Differentiation in unter-

schiedliche Schalen erfolgte bereits im schmelzflüssigen Frühstadium der Planeten, indem sich aus einer Urschmelze eine schwere metallische von einer leichteren silikatischen Schmelze trennte (ähnlich wie sich Wasser und Öl voneinander trennen, da sie nicht mischbar sind). Bei größeren Himmelskörpern ist durch die Gravitation die schwere Schmelze in das Zentrum gewandert, wo sie den Kern bildet. In den äußeren Bereichen bleibt die leichtere, silikatische Gesteinsschmelze zurück, aus der Mantel und Kruste bestehen.

Auch von einigen Planetoiden im Asteroidengürtel nimmt man an, dass sie eine solche Differentiationsgeschichte erlebt haben. Bei der Zerstörung dieser Kleinplaneten bildeten sich Trümmer aus Kern- oder aus Mantelmaterial.

Die Meteoriten, die nun aus diesen Trümmern entstehen, können also aus unterschiedlichen „Gegenden“ eines Planetoiden stammen: *Eisenmeteoriten* stammen aus dem ehemaligen Kern, *Achondrite* aus dem ehemaligen Mantel oder der Kruste und *Steineisenmeteoriten* aus der Übergangszone zwischen beiden.

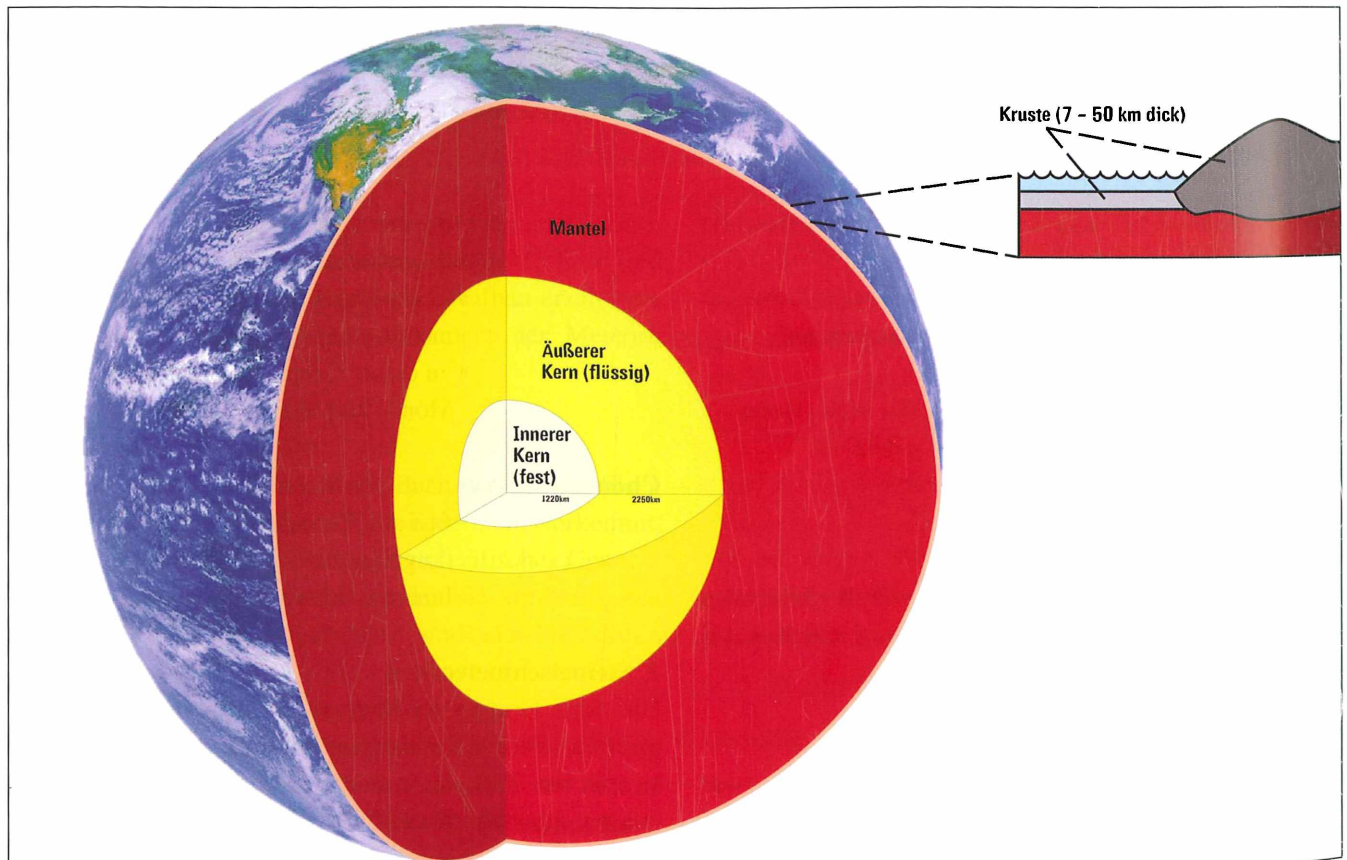


Abb. 8: Innerer Aufbau unserer Erde. Grafik: M. Hoffer

Die *Chondrite* jedoch erzählen eine andere Entstehungsgeschichte: Sie stammen von Planetoiden, die zu klein waren, um aufzuschmelzen und zu differenzieren.

Sie bildeten sich vor 4,56 Milliarden Jahren zeitgleich mit der Sonne und den anderen Planeten aus der solaren Urwolke und sind seitdem nicht wesentlich verändert worden.

Die „primitivsten“ Chondrite sind die der Gruppe CI, da sie nie über 100 Grad Celsius erhitzt wurden. Sie sind das ursprünglichste Material unseres Sonnensystems und können den Wissenschaftlern viel über die ursprüngliche Zusammensetzung unserer Erde und anderer Planeten erzählen. Mit ihnen halten wir die Bausteine in den Händen, aus denen die Sonne, die Planeten – und letztlich alle Lebewesen auf der Erde gemacht wurden!

Meteoriten – Schlüssel zu unserer Erde

Auch in der heutigen Zeit sind Meteoriten trotz bemannter Weltraumflüge noch eine kostbare Informationsquelle für die Forschung, da sie von fernen Planeten und auch von der Geschichte unserer Erde erzählen können. Mit den *SNC-Meteoriten* hält der Mensch beispielsweise nach wie vor das einzige Material in Händen, das nachweislich vom Mars stammt.

Aber auch über das Innere unserer eigenen Erde und unsere Geschichte erfahren wir Verblüffendes, wenn wir Meteoriten erforschen: Die tiefste Bohrung in das Erdinnere ist mit 12 Kilometern Tiefe (auf der Kola-Halbinsel, Russland) gemessen am Erdradius von 6.380 Kilometern nur ein Nadelstich in die Haut. Der Erdmantel und der Erdkern bleiben unseren Blicken verborgen. Wenn wir aber davon ausgehen, dass sich alle Planeten und die Sonne aus einer gemeinsamen Materie gebildet haben, können wir durch die Analyse der Meteoriten viel über den inneren Aufbau der Erde lernen. Auch das Alter der Erde (und anderer Planeten) sowie ihre jeweilige Entwicklungs- und Differentiationsgeschichte lassen sich indirekt über Meteoriten nachweisen.

Hin und wieder lassen Meteoriten auch einen Blick über den Tellerrand unseres Sonnensystems zu, da einige Chondrite winzige Mengen an präsolare Materie beinhalten, die nachweislich außerhalb unseres Sonnensystems entstanden ist.

Woran werden echte Meteoriten erkannt?

Ein Meteorit ist nicht immer auf den ersten Blick von irdischem Gestein zu unterscheiden und es braucht im Einzelfall aufwändige Laborarbeit, um Gewissheit zu erlangen. Zudem gibt es so viele chemisch unterschiedliche Meteoritengruppen, dass es leider keinen Pauschaltest gibt, der für alle gilt.

Einige Kriterien können jedoch in einem ersten Schritt auf einen echten „Himmelsstein“ hindeuten:

1. Schmelzkruste

Durch die Reibungshitze beim Durchdringen der Atmosphäre schmelzen die äußeren Partien eines Meteoriten, eine dunkle Schmelzkruste bildet sich. Mit etwas Glück finden sich auf ihr noch erstarrte Fließstrukturen, die durch die Luftströmung entstanden sind. Je länger aber ein Meteorit auf der Erdoberfläche liegt, desto verwitterter und unkenntlicher wird die Schmelzkruste.

2. Dichte

Die meisten Meteoriten besitzen durch den höheren Eisenanteil eine größere Dichte (bei gleicher Größe ein höheres Gewicht) als irdisches Gestein.

3. Form

Meteoriten können typische Strukturen und Formen zeigen, die beim Eintritt in die Atmosphäre entstehen. Napfartige Vertiefungen (Regmaglypten) werden durch Luftturbulenzen gebildet. Bleibt der Meteoroid beim Durchqueren der Atmosphäre in stabiler Lage, kann er eine orientierte Form annehmen.

4. Inneres Gefüge

Bei den häufigsten Steinmeteoriten, den Chondriten, finden sich im Anschnitt kugelige Strukturen, die bis zur Größe einer Erbse ausgebildet sein können. In irdischen Gesteinen sind derartige Gebilde bisher nicht beobachtet worden. Diese Strukturen heißen *Chondren* und sind für die Gruppe namensgebend.

5. Speziellere Testverfahren, die auf einen Eisen- und Steineisenmeteoriten hindeuten (können!):

- Ist das Gestein magnetisch?
- Beinhaltet das Gestein Nickel?
- Zeigen sich nach einer Säurebehandlung

Widmanstättische Figuren (nur bei Oktaedriten vorhanden)?

Die kosmische Herkunft eines Gesteines kann zweifelsfrei durch die Untersuchung der Isotopenzusammensetzung nachgewiesen werden:

Ein Meteorit ist bei seinem Flug durch das Weltall einer kosmischen Strahlung ausgesetzt, die in ihm kurzlebige Isotope erzeugt, die in irdischen Gesteinen nicht nachgewiesen werden können!

„Wir erhalten durch einen Meteoriten die einzig mögliche Berührung von etwas, das unserem Planeten fremd ist.

Gewöhnt, alles nichttellurische nur durch Messung, durch Rechnung, durch Vernunftschlüsse zu kennen, sind wir erstaunt, zu betasten, zu wiegen, zu zersetzen, was der Außenwelt angehört.“ (Alexander von Humboldt, Cosmos, Bd. I. Cotta 1845, S. 142)

Anschrift der Verfasserin

Dr. Cornelia Bockrath

Landesmuseum Kärnten

Museumgasse 2

A-9021 Klagenfurt am Wörthersee

cbockrath@stadtdo.de

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Rudolfinum- Jahrbuch des Landesmuseums für Kärnten](#)

Jahr/Year: 2009

Band/Volume: [2008](#)

Autor(en)/Author(s): Bockrath Cornelia

Artikel/Article: ["Himmelssteine von Meteoriten, Kometen und Sternschnuppen". 359-370](#)