

Leben mit den Naturgewalten

Ein kühler Blick auf die Gefahr der Magmen und Meteorite

von Hans D. Pflug



Letzte Stunde des Tunguska-Kometen vor der Explosion über Sibirien am 30. Juni 1908 (nach M. Reichstein: Kometen, Leipzig: Urania, 1985)

Die Erforschung der Naturkräfte hat an unserer Universität eine lange Tradition. Schon unser Namenspatron Justus von Liebig hat sich mit Meteoritenphänomenen beschäftigt. Später war hier eine Reihe renommierter Vulkanologen tä-

tig, darunter Richard Weyl und Walter Klüpfel, um nur die allerletzten zu nennen. Ihr Vermächtnis ist inzwischen wieder hochaktuell geworden, nachdem man Gründe hat, über Naturkatastrophen intensiver nachzudenken.

Anlaß war der Einschlag eines Kometen auf Planet Jupiter im Juni 1994, der von den Astronomen detailliert beobachtet werden konnte. Als die Experten danach erklärten, daß ähnliches auch die Erde treffen könnte, war die Aufregung groß, und selbst die UNO befaßte sich in mehreren Resolutionen mit dem Ereignis. Das Thema wurde dann in wissenschaftlichen Konferenzen diskutiert, und mehrere Forschungsprojekte wurden gestartet, darunter eines in Gießen. Am Institut für An-



Vulkan Paricutin (Mexiko) bei heftigem Aschenausbruch.

Foto: F. Thieme, im Archiv R. Weyl



Ausbruch des Vulkans Capelinhos auf den Azoren (Archiv R. Weyl)



gewandte Geowissenschaften wird an einer „Statistik der Meteoriteneinschläge und Vulkanausbrüche“ gearbeitet, die zur objektiven Einschätzung des Gefahrenpotentials beitragen soll.

Lehren aus der Vergangenheit

An sich ist Meteoritenfall für unseren Planeten nichts besonderes. Täglich gehen Stücke und Steine nieder, aber die meisten zerfallen beim Eintritt in die Atmosphäre zu Staub, und das addiert sich zu etwa 200000 Tonnen pro Jahr. Gelegentlich fallen aber auch härtere Brocken, zum Beispiel Eisenmeteorite. Ein solcher, etwa 65 kg schwer, ist im Jahr 1916 bei Treysa/Hessen niedergegangen. Sein Entdecker war der berühmte Alfred Wegener, Vater der Lehre von den driftenden Kontinenten. Spektakulärer war ein

Ereignis im Jahr 1908, als ein Komet über der sibirischen Tunguska explodierte und ein riesiges Waldgebiet zerstörte, und das ohne einen Einschlagskrater zu hinterlassen (siehe Abbildung auf Seite 80). Seitdem müssen sich die Wissenschaftler fragen, ob und wann ähnliches an anderer Stelle wieder passieren könnte.

In unserem Sonnensystem kursieren Millionen kleiner Körper, davon die meisten in einem Gürtel zwischen Mars und Jupiter (Abb. 1). Aber etwa 2000 Objekte haben sich in Erdnähe verirrt, und darunter sind Kolosse von über hundert Kilometer Durchmesser. Schon ein Körper von einem Kilometer Dicke würde beim Einschlag auf der Erde die Energie von schätzungsweise einer Million Hiroshima-Bomben freisetzen und würde einen 20 Kilometer weiten Krater schlagen (Abb. 2). Entsprechendes ist in der Vergangenheit wiederholt passiert, so vor 15 Millionen Jahren im Nördlinger Ries in Süddeutschland. Das Kraterloch ist bis heute dort sichtbar.

Wesentlich stärker war ein Einschlag auf der Halbinsel Yucatan (Mexiko) vor 65 Millionen Jahren, dort mit einem Kraterdurchmesser von rund 250 Kilometern überliefert. Die Katastrophe soll damals die letzten Dinosaurier von der Erde vertrieben haben, wie viele Experten glauben. Zu allem Überfluß folgte danach noch eine Reihe Vulkanausbrüche von gigantischem Ausmaß. Allein in Südindien wurden schätzungsweise zwei Millionen Kubikkilometer Lava hervorgebracht, etwa 15 Prozent davon wurden explosiv ausgeschleudert,

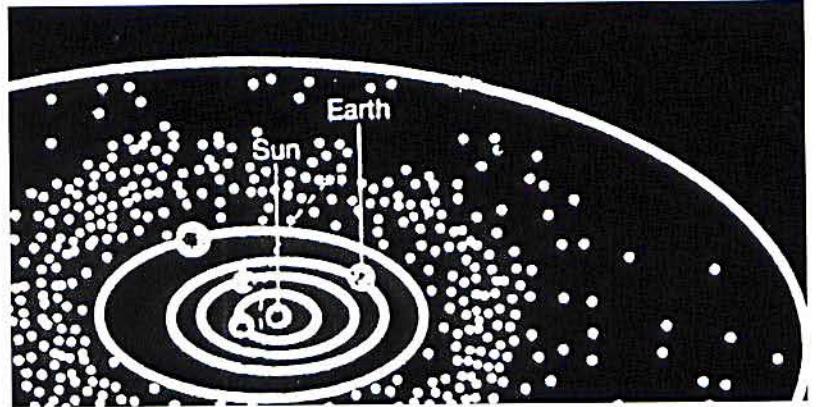


Abb. 1: Räumliche Verteilung der Asteroide im Planetensystem. Die meisten Körper laufen zwischen Jupiter und Mars um. Etwa 2000 Objekte kreisen in Erdnähe (Nach Yeoman, Nature 404: 829, 2000).

und der Aschenfall reichte bis über Mexiko und Alaska hinweg. Noch viel stärker wurde der Vulkanismus im Meer. Die Ozeanböden wurden von zahlreichen pilzförmigen Magmenkörpern perforiert, und deren Wurzeln reichen tief bis in den Erdmantel hinab (Abb. 3a).

Meteoriteneinschläge und Vulkanausbrüche treten häufig zusammen auf, und die Erklärung mag sein, daß durch die Erschütterun-

gen beim Einschlag die latenten Bruchfugen der Erdkruste geöffnet werden, die dann dem Magma den Aufstieg aus der Tiefe ermöglichen (Abb. 4).

Katastrophenstatistik und aktuelle Maßnahmen

Anscheinend ist die Erde schon bei ihrer Entstehung vor 4,6 Millionen

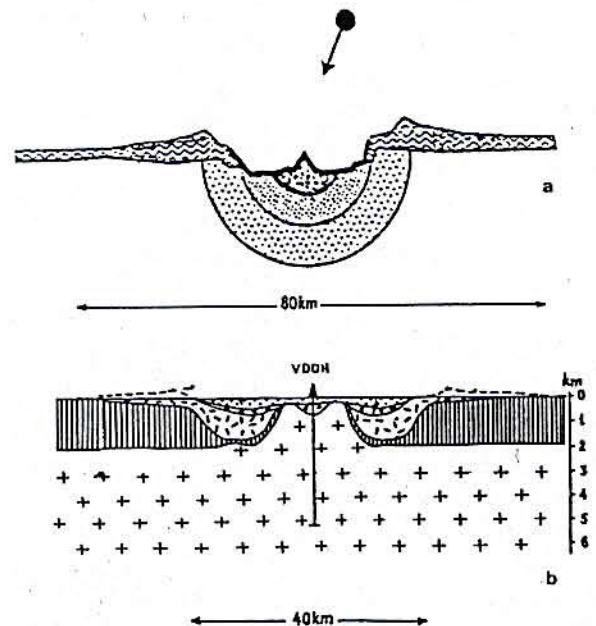


Abb. 2: Fig.a: Schema der Kraterbildung. Die Halbkreise markieren Temperaturzonen. Fig.b: Profil durch den Meteoritenkrater von Puchezh-Katunki bei Nowgorod/Rußland. Erkundung des Kraterlochs durch die Tiefbohrung VDDH. (Fig.a nach Melosh in Newsom (1990), Fig.b. nach Ivanov, Geol. Soc. Amer. Spec. Pap. 293: 81, 1994).

JUSTUS-LIEBIG-
UNIVERSITÄT
GIESSEN

Prof. Dr. Dr. Hans D. Pflug

Institut für Angewandte Geowissenschaften
Diezstraße 15
35390 Gießen
Tel.: 0641/99-36121
Fax: 0641/99-36109

Jahren mehrmals von Riesenkörpern getroffen worden, darunter solche von Marsgröße. Nachfolgend dürfte die Erdoberfläche noch lange so ausgesehen haben wie der Mond heute (Abb. 5). Das Bombardement setzte sich dann in abgeschwächter Form fort, und in den ersten vier Milliarden Jahren Erdgeschichte dürften schätzungsweise noch etwa 500 Krater über 100 Kilometer Durchmesser geschlagen worden sein.

In den letzten 65 Millionen Jahren ebte die Einschlagsaktivität dann deutlich ab, und auch die vulkanische Aktivität wurde schwächer. Zugleich verringerte sich die Sterberate der Lebewesen drastisch, offenbar wurde die Erde lebensfreundlicher (Abb. 4c). Aus den letzten zehn Jahrtausenden sind überhaupt keine kraterbildenden Meteoriteneinschläge mehr bekannt. Aber die Vulkane blieben weiter tätig, insgesamt etwa 15 000 bis heute. Die Ausbrüche haben allein in den letzten zwei Jahrhunderten schätzungsweise 250 000 Menschenleben gefordert.

Italiens Stromboli ist schon seit einem Jahrtausend aktiv, aber andere Ausbrüche sind plötzlich und

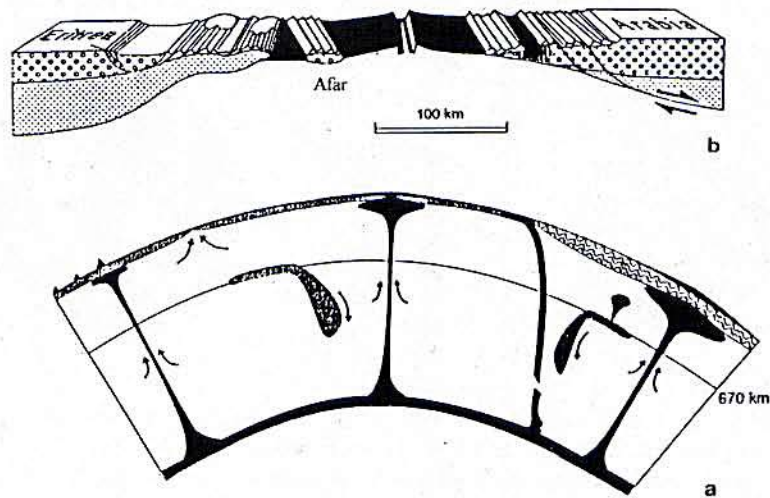


Abb. 3: Fig. a. Teilschnitt durch die Erdkugel. Aufstieg der Basaltschmelzen aus tiefen Herden (schwarz). Fig. b. Austritt der Basaltschmelzen zwischen den auseinanderdriftenden Platten von Arabien und Afrika (Fig. a nach KERR et al., *Geology* 23: 845, 1995, Fig. b nach Talbot & Ghebreab, *Geology* 25: 656, 1997).

unverhofft aufgetreten. Die Explosion des Vulkans Tambora auf der indonesischen Insel Sumbawa im Jahr 1815 überraschte die Inselbewohner im Schlaf und tötete alle. Ein Vulkanausbruch des Mont Pelée auf Martinique im Jahr 1902 begrub die Stadt St. Pierre unter hei-

ßer Asche und alle 28 000 Einwohner kamen um. Ein Schlammstrom des Vulkans Nevado del Ruiz (Kolumbien) begrub im Jahr 1985 die Stadt Armero mit ihren 25 000 Einwohnern. Eines der größten vulkanischen Desaster in der Menschheitsgeschichte ereignete sich um 1500 v. Chr. auf der Insel Santorin in der Ägäis. Bei der Eruption stürzte ein tausend Meter hohes Bergmassiv ins Meer und schlug dort ein 700 Meter tiefes Kraterloch.

In den letzten Jahrzehnten waren pro Jahr durchschnittlich 50 Vulkane aktiv, und dabei brachte die Erde in jeder Sekunde ca. eine Million Tonnen Lava hervor. Im Einflussbereich leben ca. 80 Prozent der Weltbevölkerung, und darunter sind so volkreiche Staaten wie Indonesien, Japan, USA, Rußland. Allein in den USA gelten zur Zeit 60 Stellen als eruptionsverdächtig. Mittlerweile sind Beobachtungsstationen in allen Vulkangebieten eingerichtet, und das weltweit.

Ein ähnliches Überwachungssystem für Meteoriten hat man bisher für überflüssig gehalten, aber neuerdings sehen die Experten das anders (Abb. 7). Ein Einschlag vom Tunguska-Format hätte die Kraft von 50 Megatonnen Dynamit und

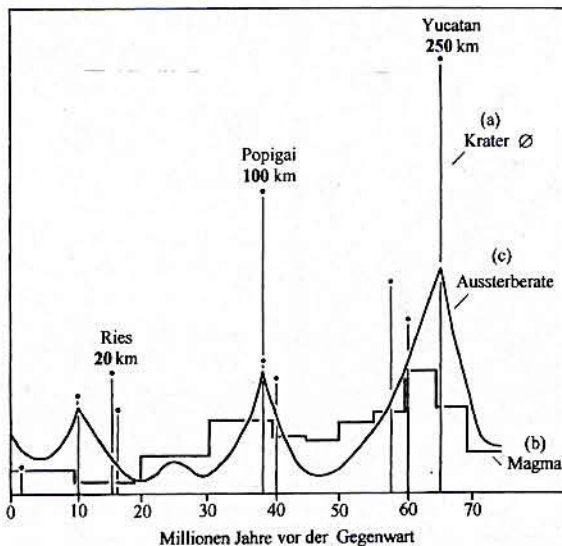


Abb. 4: Periodische Belastung der Erde durch Meteoriteneinschläge (a), Vulkanausbrüche (b), Massensterben (c). Die Belastung ist im Laufe der Erdgeschichte offensichtlich schwächer geworden. Berechnungsgrundlage: (a) Kraterdurchmesser in Kilometern (log-Maßstab), (b) Ozeanische Magmen in Kubikkilometer pro Jahrmillion, (c) Aussterberaten der Meerestiergattungen in Prozent des Bestandes. Zusammengestellt nach verschiedenen Angaben.

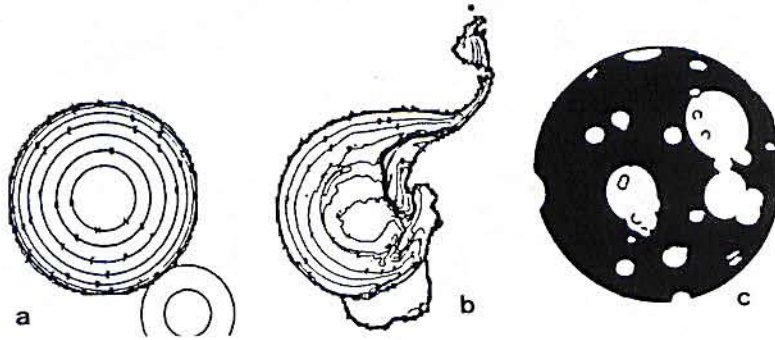


Abb. 5: Fig. a und b. Kollision der Proto-Erde mit einem Körper von Marsgröße (nach einer Computersimulation). Die Linien entsprechen Temperaturgleichen. Fig. c. Rekonstruktion des Erdbildes aus der Zeit vor 4 Milliarden Jahren. (Fig. a/b nach Melosh, 1990, Fig. c nach Grieve, Precambrian Res. 1980).

könnte hunderttausende Menschen töten, wenn das Geschloß über bewohntem Gebiet niedergeht. Schon seit den neunziger Jahren beobachtet die NASA die erdnahen Körper mit ihren Satelliten, und zur Zeit

umkreist eine Sonde den Asteroiden Eros. Ein internationales Überwachungssystem „Spaceguard“ läuft zur Zeit an. Vordringlich erscheint dabei die Erstellung einer Datenbasis, die zuverlässige Vor-

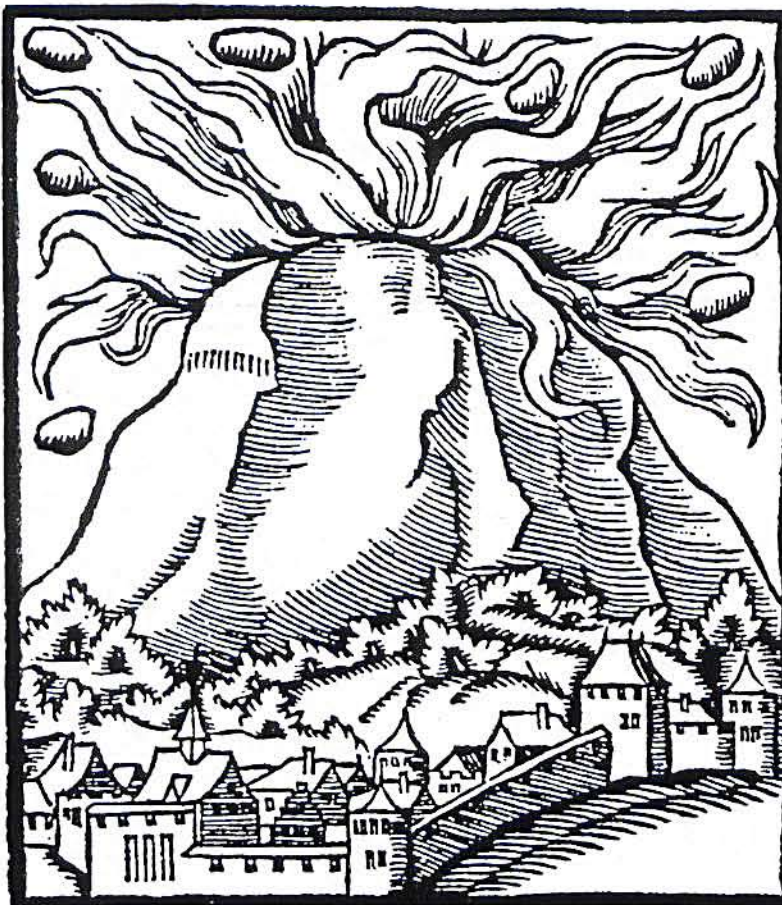


Abb. 6: Ausbruch des Ätna nach einem Holzschnitt von Sebastian Münster in Cosmographica Universalis (1540).

aussagen ermöglicht, womit sich Fehleinschätzungen wie im März 1997 vermeiden ließen. Damals wurde von Experten die Gefahr einer Kollision für das Jahr 2028 angekündigt, was die Weltöffentlichkeit in Schrecken versetzte. Wenig später erwies sich die Prognose als unzutreffend und wurde zurückgezogen.

Nachwort

Die Natur läßt sich nicht nach Nutzen und Schaden teilen, beides gehört eng zusammen. Von Sternexplosionen geht eine gewaltige Zerstörungskraft aus, aber daher stammt der Sauerstoff, den wir atmen, das Calcium in unseren Knochen, das Silizium in unseren Böden, das Eisen in unseren Autos. Vulkanausbrüche verheeren das Land, aber vulkanische Gase halten uns warm. Ohne dies hätte unser Planet eine Oberflächentemperatur von minus 28° C, und alles Wasser würde zu Eis. Die Erde ist – soweit bekannt – der einzige Planet mit aktiven Vulkanen und der einzige mit Wasser und Leben.

Unser Menschendasein ist in eigenartiger Weise mit Vulkanen verknüpft. Das begann vor 4,5 Millionen Jahren, als sich Arabien von Afrika trennte und aus der Trennspalte Fluten von Basaltlava austraten (Abb. 3b). Sie ergossen sich bis in die nahe Afar-Senke und dort begann sich zeitgleich der Menschenstamm zu entwickeln. In den Ausbruchphasen wurde die Landschaft jeweils unter Bergen von Tuff und Lava begraben, und in dieser Gesteinsfolge von über 1000 Metern Mächtigkeit ist die Evolutionsgeschichte der Menschheit überliefert, vom Vormenschen über den Urmenschen zum Frühmenschen. Mehr als drei Dutzend Fundstätten mit Hominiden sind von dort bekannt, drei Horizonte mit Steinwerkzeugen, dazu eine Fauna mit Elefant, Flußpferd, Nashorn, Rind, Urpferd, mit Krokodilen und Wasserschildkröten. Offenbar wußte der Mensch mit den Vulkanen zu leben, wußte von seinen Wohltaten zu profitieren, u.a. von



den fruchtbaren Böden, den Thermalquellen und den fischreichen Vulkanseen. Am glühenden Magma mag er den Feuergebrauch erlernt haben, und diese Fähigkeit unterscheidet ihn von allen anderen Lebewesen.

Vor den Gefahren der Vulkane kann man sich durch geschicktes Verhalten schützen. Sorgfältige Naturbeobachtung läßt die Warnzeichen kommender Ausbrüche frühzeitig erkennen. Leben in kleinen mobilen Gruppen ermöglicht schnelles Ausweichen in ungefährdete Territorien. Bezeichnenderweise ist der Mensch von Natur aus ein äußerst dauerhafter Läufer, ist diesbezüglich fast allen Wildtieren überlegen. Er kann Gewässer durchschwimmen, was sonst kein Primat kann. Möglicherweise hat der Umgang mit Magmen den Menschen mitgeformt. Die meisten großen Kulturen der Menschheit sind auf Vulkanböden entstanden – am Mittelmeer, in Ostasien, in Zentral- und Südamerika. Auf Vulkanböden gedeihen heute die größten Hartholzwälder, Obstplantagen und Reisfelder. Zehn Prozent der heutigen Menschheit lebt auf vulkanischen Tuff, obwohl dieser nur ein Prozent der Festlandfläche ausmacht. •

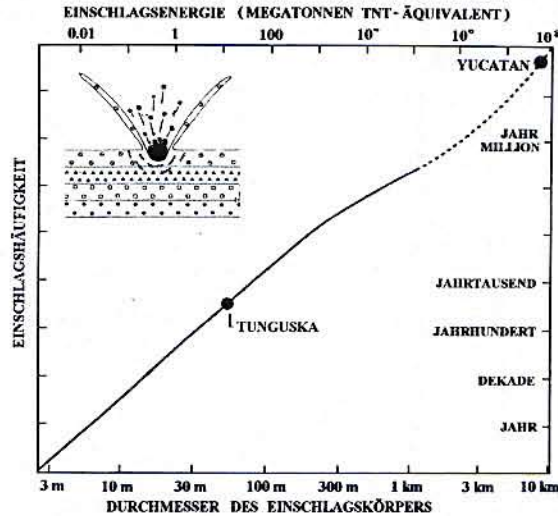


Abb. 7: Zeitliche Beziehung zwischen Einschlagsgröße und Einschlagshäufigkeit. Der Statistik zufolge wäre alle 100 Jahre ein Einschlagskörper von 30 Meter Durchmesser zu erwarten, und alle 100 Millionen Jahre einer von 10 Kilometern. Berechnet nach astronomischen Daten und Kraterzählungen (siehe Rampino & Hagerty, Geol. Soc. Amer. Spec. Pap. 307: 13, 1996).



Abb. 8: Zweite Vision der Johannes-Apokalypse vom Fall der Sterne nach einer Darstellung von Lukas Cranach, aus dem Jahre 1522.

Hans D. Pflug ist Professor für Geologie und Paläontologie an der Universität Gießen. Er hat in Bonn Geologie studiert, wo er 1952 promoviert wurde. Danach absolvierte er an der Technischen Universität Aachen ein Bergbau-Studium, das er auch mit der Promotion abschloß. Nach zweijähriger Assistenzzeit in Köln habilitierte er sich 1958 in Gießen. Anschließend war er über mehrere Jahre als Gastprofessor im Ausland tätig: in den USA, in Südafrika und in der Türkei. Seit 1965 lehrte er an der Universität Gießen Paläontologie, Erdgeschichte und Umweltgeologie. Ende 1990 trat er in den Ruhestand. Zur Zeit arbeitet er an einer „Umweltgeschichte der Erde“.

LITERATUR

- Dressler, B.O. et al, (eds.), (1994): Large Meteorite Impacts and Planetary Evolution.- Geol. Soc. Amer. Spec. Paper 293, Boulder Col..
- Elsässer, H. (2000): Gefahren aus dem Weltall?- Naturwiss. Rdsch. 53 (2): 61.
- Gehrels, T. (ed.), (1994): Hazards due to Comets and Asteroids.- Tuscon: Univ. Arizona Press.
- Grieve, R.A.F. (1997): Extraterrestrial Impact Events.- Palaeogeogr., Palaeoclimat., Palaeoecology 132: 5-13.
- Newsom, H.E., Jones, J.H. (eds.), (1990): Origin of the Earth.- Oxford: Univ. Press.
- Ryder, G. et al, (eds.), (1996): The Cretaceous-Tertiary Event and other Catastrophes in Earth History.- Geol. Soc. Amer. Spec. Paper 307, Boulder Col.
- Sigurdsson, H. (ed.), (2000): Encyclopedia of Volcanoes.- San Diego: Academic Press.
- Vaas, R. (1995): Der Tod kam aus dem All.- Stuttgart: Frankh-Kosmos.