

Zu Beginn des Proterozoikum vor 2.5 Milliarden Jahren traten mittlere und größere Impakte nur noch sehr selten auf. Fast alle Spuren davon sind mittlerweile erloschen bis auf zwei Ausnahmen:

Sudbury – Impakt Kanada (zweitgrößter Einschlagskrater der Erde, 60x30 km) Vredefort – Impakt Südafrika (größter Einschlagskrater der Erde, 320x180 km)

Beide Impakte werden auf das Paläoproterozoikum datiert und sind nur deshalb noch erhalten, weil die einige Kilometer großen Einschlagskörper Kerne von Terranen getroffen haben.



Impaktstrukturen sind auf der Erde geologisch betrachtet nur sehr kurzlebig, da sie durch erosive Prozesse recht schnell abgebaut werden.

Beispiele: Nördlinger Ries ca. 15 Millionen Jahre

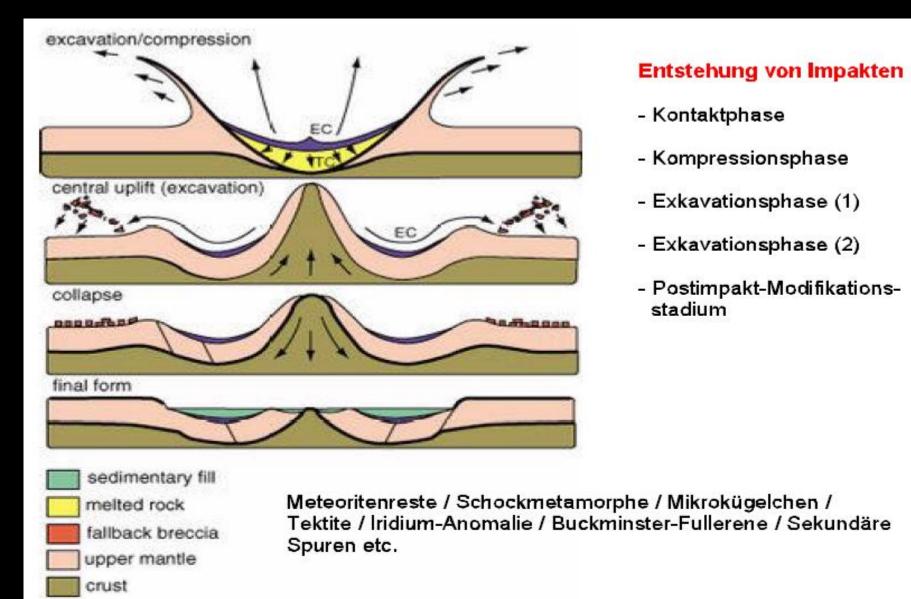
Chicxulub-Krater ca. 65 Millionen Jahre



Die größten Impaktstrukturen der Erde (außer Antarktica)

Exkurs: Was passiert bei einem Impakt?

limit of fracturing and brecciation



Der Sudbury - Impakt



Länge 60 km, 30 km breit, 15 km tief --> kleiner Teil einer zusammengeschobenen Ringstruktur von ca. 250 km Durchmesser



Im Bereich des Sudbury-Impaktes lassen sich die Auswirkungen mehrerer Gebirgsbildungszyklen (Orogenesen) auf ein kontinentales Schild studieren:

1.9 Ga Penokean-Orogen

1.8 Ga Großräumige Intrusionen von Magmen -> Sudbury Igneous Complex

1.4 – 1.0 Ga Grenville-Orogenese (Rodinia)

37 Ma Wanapitei – Impakt (gleichnamiger See)

Der Impaktkrater wurde schnell mit Magmen gefüllt, welche große Mengen von Nickel, Kupfer, Platin, Palladium und Gold enthielten und die später durch in Rissen und Klüften aufsteigenden Wässern angereichert und hydrothermal ausgefällt wurden

--> eines der wichtigsten und ergiebigsten Minerallagerstätten Kanadas

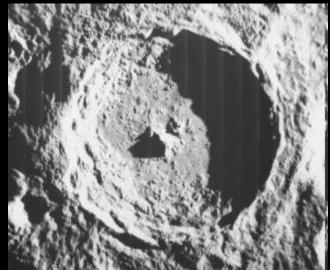
(Nickel- und Kupferlagerstätten konzentrieren sich auf den Rand der Ringstruktur)



- Einschlagskörper ca. 10 km Durchmesser
- Einschlag erfolgte auf archaische Granite mit einem Alter von ca. 3 Ga
- Impakt bildet eine Multiringstruktur mit einem Durchmesser von ca. 300 km
- ca. 70 Kubikkilometer Gestein sind beim Impakt verdampft
- Der "Dome" ist der Rest des Zentralberges

An den Wallgrenzen der Ringstruktur (Whitewaterrand) ergiebige Goldvorkommen





Shatter Cones – Strukturen

Vredefort – Dome



Oklo: Location



Uran 92

Eigenschaften:

- Sehr schweres (18.9 t pro m³), silber-weißes und relativ weiches Metall
- ca. 200 Uranminerale sind bekannt, am häufigsten als Dioxid (Pechblende)
- Anreicherung hauptsächlich durch hydrothermale Prozesse

 Ist auf der Erde außergewöhnlich häufig im Vergleich zur erwarteten kosmischen Häufigkeit (Supernova-Relikt)

--> 1,5 t pro Quadratkilometer und 30 cm Bodentiefe

Isotope:

238 U	(99.27 %)	4.47	Ga
235 U	(0.72 %)	704	Ma
234 U	(0.0055%)	245	Ta



Zu Beginn des Proterozoikums lag der Anteil von 235 U noch bei mehr als 3 %

Wichtige und ergiebige Uranlagerstätten

Deutschland:

Ostthüringen - Ronneburg

Erzgebirge - Schneeberg, Johanngeorgenstadt

Dresden - Coschütz, Gittersee

Sächs. Schweiz - Königsstein

Zittauer Geb. - Jonsdorf

Ausland:

Böhmen - Joachimstal (Glasherstellung)

Australien

Gabun / Niger

Namibia / Südafrika

Rußland / Kasachstan

USA / Kanada

Jahresweltproduktion: ca. 42000 t

Uranerztagebau Ronneburg während der Sanierung 1995

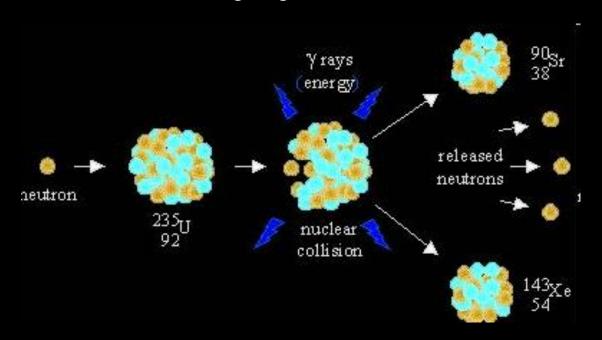


Der Kernreaktor – Erfindung der Natur?

Uran 235 ist der einzige natürlich vorkommende Stoff, der zu einer Kettenreaktion fähig ist.

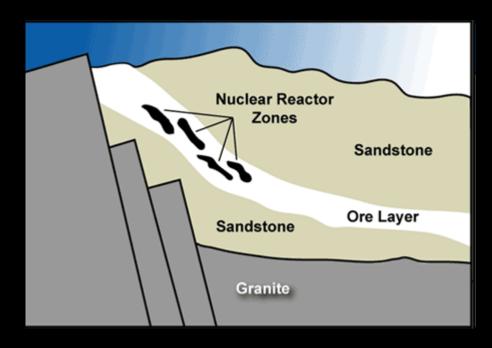
Bedingung: Anreicherungsgrad > 3%

Anwesenheit eines geeigneten Moderators



- im Bereich des Reaktors eine hohe Konzentration von spaltbaren Uran
- eine geringe Konzentration von Elementen, die Neutronen absorbieren
- eine hohe Konzentration eines geeigneten Moderators (hier Wasser)

Oklo: Vor rund 2 Milliarden Jahre bildete sich hydrothermal eine Uranerzlagerstätte, die in klastische Sedimente eingeschlossen wurde (Bedingung: Anreicherung der Atmosphäre mit Sauerstoff!!)



Das Verhältnis von 238U zu 235 U ist im gesamten Sonnensystem konstant (99.3% zu 0.7%)

--> Oklo: Abweichungen (Perrine, 1972)

Innerhalb dieser Schichten kam es im Bereich von metergroßen Uranerzkonzentrationen zu Kettenreaktionen, bei denen Uran 235 gespalten und dabei Energie freigesetzt wurde.

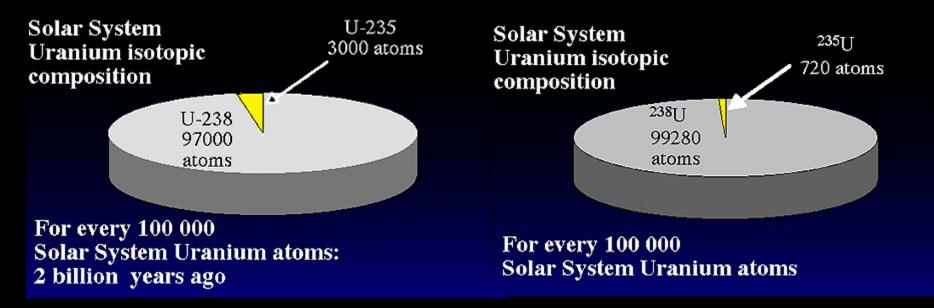
Aktivitätszeitraum: 500000 bis 1 Million Jahre

Gesamtleistung: ca. 100 Milliarden KWh (entspricht der Energie, die

ein KKW in 4 Jahren erzeugt)



Wie war das möglich?



Vor ca. 1.5 Milliarden Jahren fiel der 235 U – Anteil auf unter 3% und die natürlichen Kernreaktoren stellten ihren Betrieb ein.

238 U	(99.27 %)	4.47	Ga
235 U	(0.72 %)	704	Ma

Arbeitsweise eines natürlichen Kernreaktors

- 1. Es handelt sich um Brutreaktoren, d.h. es wurde in der Summe mehr 235U gespalten als ursprünglich vorhanden war
- 2. Die Reaktoren verwendeten als Moderatoren Wasser und arbeiteten zyklisch:
- Grundwasser gelangt in die kritische Zone und bremst als Moderator vorhandene Neutronen ab, wodurch die Kernspaltungen zunehmen und Wärme produziert wird (aktive Phase, ca. 30 Minuten)
- Durch die Wärme erhitzt sich das Wasser und wird über Dampffontänen aus der Reaktorzone entfernt, wodurch die Reaktionsraten abnehmen bis sie quasi zum Erliegen kommen (inaktive Phase, ca. 2 bis 3 Stunden)
- Anschließend strömt Grundwasser nach und der Zyklus beginnt von vorn.
 (Leistung ca. 100 kW)

Bedeutung:

Oklo-Reaktoren: Studium des Verhaltens radioaktiver Abfallprodukte über Jahrmilliarden hinweg ...