

Das Alter von Impaktereignissen - Datierung

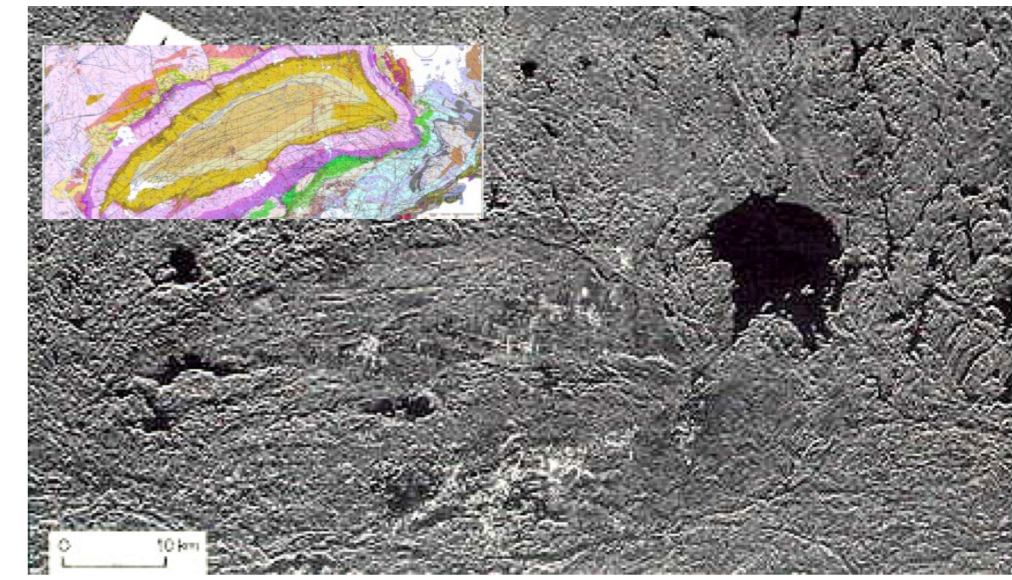
Große Meteoriteneinschläge (Impakte) sind ein geologischer Prozess. Das hat als erster wohl H.J. Melosh, amerikanischer Geologe, so deutlich ausgesprochen, als sein Lehrbuch "Impact Cratering - A Geologic Prozess" im Jahr 1989 erschien. Ein wichtiges und grundlegendes Kapitel ganz allgemein in der Geologie ist bekanntlich die Altersfrage und dabei die Datierung geologischer Schichten und eben auch geologischer Prozesse. Wann ist die Erde entstanden, wann haben sich der afrikanische und der südamerikanische Kontinent getrennt? Wann hat es die Steinkohlenwälder gegeben, wann sind die Dinosaurier ausgestorben, wann hat es die letzte Eiszeit gegeben? Und da Impakte in unserem Planetensystem zu einem der wichtigsten geologischen Prozesse überhaupt gehören (Poster Eugene Shoemaker!), ist ihre Datierung auch eine wichtige geologische Frage. Die ältesten bekannten Impaktstrukturen liegen in Kanada (Sudbury) und Südafrika (Vredefort). Um beide hat es lang andauernde erbitterte Kämpfe unter den Geologen gegeben, bis ihre Impaktnatur allgemein anerkannt wurde. Beide datieren in das Erdzeitalter des Präkambriums; Sudbury ist

etwa 1,8 Milliarden Jahre alt, Vredefort mit gut 2 Milliarden Jahren etwas älter. Eine markante Impakt-Datierung ist die an der KreideTertiär-Grenze, die mittlerweile - ebenfalls nach erbittertsten Auseinandersetzungen unter Geologen und Paläontologen - als Zäsur eines Massensterbens von Flora und Fauna auf der Erde als Folge des gigantischen Chicxulub-Einschlags in Mexiko anerkannt ist. 65 Millionen Jahre ist der Einschlag her, dem als spektakulärster Aspekt auch die Dinosaurier zum Opfer gefallen sind.

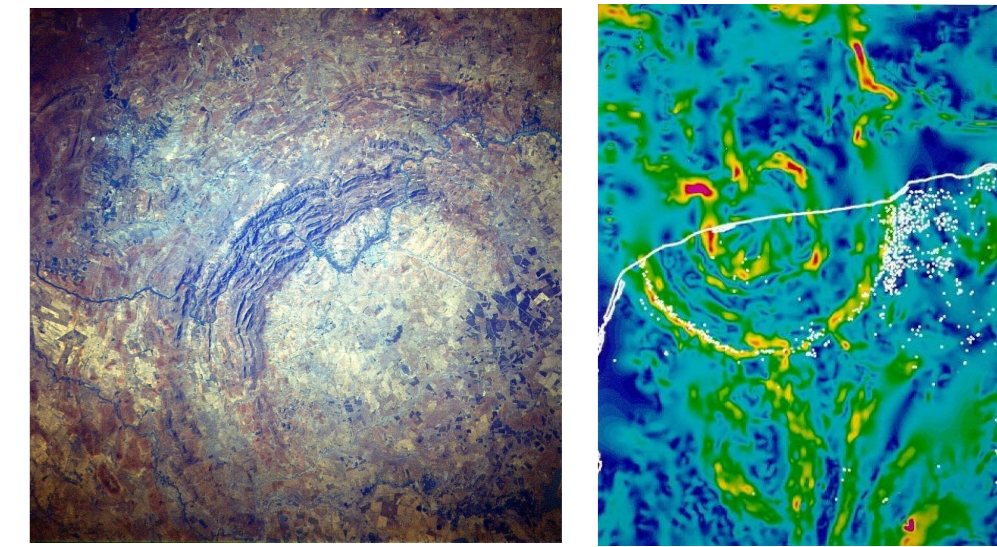
Ries und Steinheimer Becken in Deutschland waren längst in das tertiäre Miozän datiert worden, als noch kein Mensch die wahre Entstehung als Meteoritenkrater ahnte. Aus der jüngeren geologischen Zeit ist vor allem der Barringer-(Meteor-)Krater in Arizona sehr bekannt, der etwa 50 000 Jahre alt ist; und auf den Tag genau, der 15. September 2007, kennt man den vom Menschen beobachteten Steinmeteoriten-Einschlag von Carancas in Peru, der einen Krater mit etwa 13 m Durchmesser erzeugt hat.

Das Poster "Impakt - das terrestrische Inventar" zeigt in einer Graphik eine Zusammenstellung der geologischen Zeitabschnitte mit der Anzahl der auf die jeweilige Periode entfallenden Einschläge. Doch wie datiert man einen Impakt? Nicht anders als sonstige Ereignisse: mit den Methoden der geologischen Stratigraphie und mit physikalischen Altersbestimmungen. Die stratigraphische Methode ist sehr einfach zu verstehen: Die jüngsten Schichten, die der Einschlag verändert hat, datieren ihn nach unten, und die ältesten Schichten, die vom Impakt nichts mehr abbekommen haben, datieren ihn nach oben, wobei das Alter der entsprechenden geologischen Schichten z.B. aus Fossilien in Sedimenten oder bei Kristallingesteinen aus physikalischen Altersbestimmungen zu gewinnen ist. Hier überschneiden sich die stratigraphische und die physikalische Methode. Die eigentliche physikalische Datierung eines Impaktes nimmt sich das Ereignis selbst vor, bei dem durch Schock und Hitze Gesteine und Minerale so verändert wurden, dass in ihnen heute datierbare Spuren verblieben sind. Die auf dem radioaktiven Zerfall bestimmter Elemente beruhenden Methoden sind in den Geowissenschaften seit langer Zeit und unter Namen wie z.B. Kalium-Argon, Argon-Argon, Uran-Blei, Uran-Uran, Rubidium-Strontium und Spaltspuren bekannt. Relativ verlässliche Materialien sind vor allem Gläser in Impaktgesteinen, deren Entstehungsalter beim Impakt-Schmelzprozess so fixiert wird. Wie bei allen geophysikalischen Messverfahren muss man allerdings reine Messdaten und deren Interpretation auseinanderhalten. Auch bei radiometrischen Datierungen müssen bestimmte Grundvoraussetzungen erfüllt sein, damit stimmige Resultate erzielt werden. Das erklärt, dass im Laufe der Zeit auch vielen Impaktereignissen zum Teil stark abweichende Entstehungszeiten zugeordnet wurden.

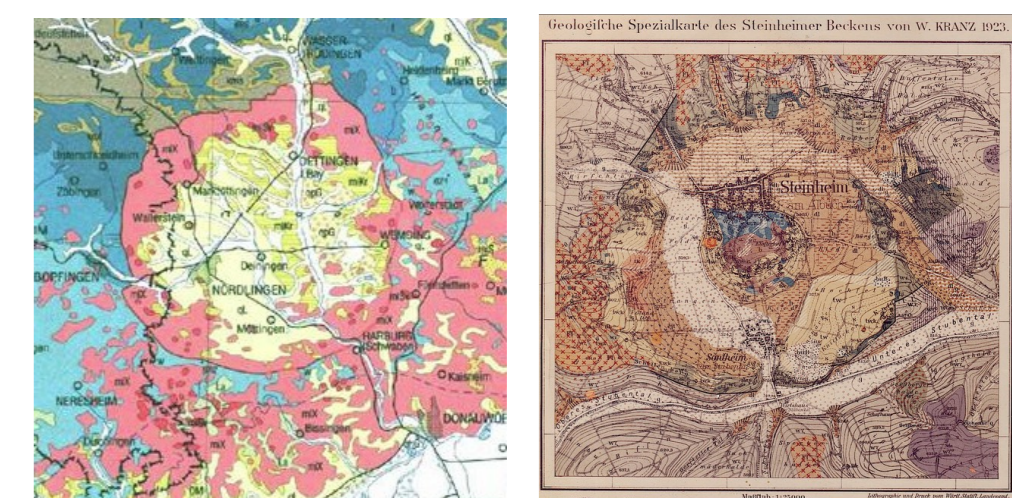
Aufschlussreich können solche veränderten Datierungen werden, wenn liebgeordnete Vorstellungen ins Wanken geraten. Jüngst haben neue Alterbestimmungen für das Krater-Paar von Clearwater West und Clearwater East in Kanada (Bild rechts) nahegelegt, dass beide, obgleich so nahe beieinander gelegen, keineswegs gleichalt zu sein scheinen - ein netter Hinweis auf das alte Dilemma der Regionalgeologen, wenn diese meinen, dass ein Impakt nicht mit den regionalen geologischen Verhältnissen verträglich sei. Ein großer Meteorit kann überall einschlagen, auch direkt neben einem schon existierenden Krater. Selbst beim Nördlinger Ries und Steinheimer Becken ist ein synchroner Einschlag keineswegs bewiesen. Das Ries ist über die Gläser im Suevit fraglos ziemlich präzise auf 14,7 Millionen Jahre datiert. Vom Steinheimer Becken, in dem es keine Gläser gibt, kennt man über Fossilien nur das stratigraphische Alter, und das lässt etwa 100 000 Jahre Ungewissheit bezüglich einer Gleichzeitigkeit mit dem Ries.



Sudbury (Kanada) mit eingefügter geologischer Karte. Schwarz: der viel jüngere Wanapitei-Impakt.



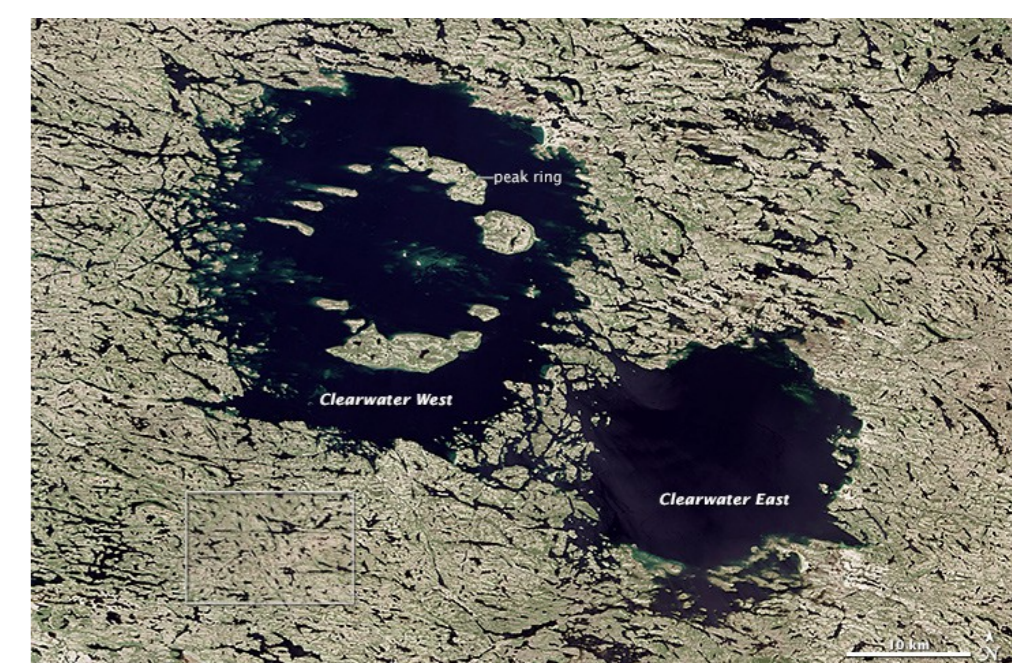
Vredefort (Südafrika) und Chicxulub (Mexiko), Karte der Gravimetrie.



Geologische Karten von Ries und Steinheimer Becken.



Barringer-(Meteor-)Krater (Arizona, USA).



Clearwater West und Clearwater East (Kanada).

Der Chiemgau-Impakt und Probleme der Datierung junger Einschläge

Datiert man den 65 Mill. Jahre alten Chicxulub-Impakt mit einem Fehler von 10 000 Jahren, so würde man das als eine höchstpräzise Aussage ansehen. Beim Meteorokrater mit 50 000 Jahren könnte man immer noch einigermaßen zufrieden sein, bei einer Datierung des Chiemgau-Impaktes und anderer, vergleichsweise junger Einschläge wäre jedes Alter mit einem Fehler von 10 000 Jahren wertlos. Bei jungen Altern besteht häufig das Problem, dass die meisten Methoden, die auf dem radioaktiven Zerfall beruhen, wegen der großen Halbwertszeiten nicht einsetzbar sind, weil noch zu wenig Tochterelemente entstanden sind, um statistisch akzeptable Werte zu geben. Das ist anders bei der Radiokohlenstoff-Methode, die eine kurze Halbwertszeit von ca. 5700 Jahren nutzen und organisches Material über den Zerfall des radioaktiven C14-Isotops etwa 60 000 Jahre zurück datieren kann. In der Archäologie ist das ein Standardverfahren mit in der Regel verlässlichen Daten.

Auch junge Impaktereignisse sind immer wieder mit der C14-Methode datiert worden, vielfach mit leidvollen Erfahrungen, die auch die Forscher des Chiemgau-Impaktes machen mussten. Holzkohle, Knochen und Holz aus den Impakt-Katastrophenschichten von Stöttham und vom Mühlbach beim Tüttensee-Krater wurden zur Datierung nach Italien verschickt, und die gemessenen Alter lösten teilweise Kopfschütteln aus. Einige Alter passten durchaus zu anderen Überlegungen einer Altersstellung, dann aber sollten andere Proben, aus z.B. 2 m Tiefe gewonnen, aus dem Mittelalter stammen und sogar ein heutiges Alter haben und definitionsgemäß aus dem Jahr 1950 stammen, was bedeutet, dass von C14 praktisch noch nichts zerfallen war. Eine plausible Erklärung haben die Wissenschaftler mittlerweile, und die lautet: Der Impakt selbst mit seinen extremen physikalischen Bedingungen und Auswirkungen auf Atmosphäre und selbst das organische Material am Boden macht die Methode unbrauchbar, da im Moment des Einschlags die notwendigen Bedingungen im Gleichgewicht zwischen den Hauptbeteiligten Stickstoff und Kohlenstoff zerstört werden. Auch andere, neuere Datierungsmethoden wie z.B. die optisch stimulierte Lumineszenz (OSL) haben inzwischen Anlass gegeben, an ihrer Zuverlässigkeit bei der Datierung von geologischen Impaktablagerungen zu zweifeln. Auch hier kann der Impakt selbst dafür gesorgt haben, dass die Voraussetzungen für das "Funktionieren" der Methode nicht mehr erfüllt sind.

Ebenfalls ein unerklärliches Ergebnis der Radiokarbon-Datierung beim Chiemgau-Impakt, diesmal in die entgegengesetzte Richtung, ist das abgeleitete realitätsferne Alter von über 45 000 Jahren für den Chiemit (Poster "Impakt und Kohlenstoff"), für das bisher keine schlüssige Erklärung gegeben werden kann.