

Physik und Geologie - Impakt als physikalischer und geologischer Prozess

Im Prinzip ist jeder geologische Prozess auch ein physikalischer Prozess mit den wichtigen Parametern Druck, Bewegung, Temperatur, Schwerkraft, Zeit. Bei geologischen Impaktprozessen wird das vor allem deutlich, weil die Parameter Druck, Temperatur, Geschwindigkeit und Zeit eine ganz besonders wichtige Rolle spielen. Die extremen Drücke und Temperaturen und die enorm kurzen Zeiträume, in denen sich die Geologie ganzer Landstriche zum Teil katastrophal verändert, bereitet immer noch sehr vielen Geologen Probleme und bleibt für sie etwas durch und durch Obskures. Für einen Geologen laufen gewöhnlich geologische Prozesse in langen, langen Zeitspannen ab, und geologische Strukturen sind gesetzmäßig mit dem geologischen Rahmen in Raum und Zeit verknüpft.

Beides gilt für einen Impakt und die entstehenden Impaktstrukturen nicht. Bei einem Impakt können riesige Gebirge mit gewaltigen Falten und Verwerfungen innerhalb weniger Minuten entstehen und in derselben Zeit Sedimentgesteine von vielen hundert Metern Mächtigkeit abgelagert werden. Und als ein rein statistischer Prozess kümmert sich der Impakt weder um räumliche noch zeitliche Besonderheiten des Zielgebietes. Wegen dieser Fremdartigkeit neigt mancher Geologe dazu, vertrauten Strukturen und Prozessen den Vorzug zu geben, wenn es um die Erörterung von Impaktkratern geht, zumal wenn vielfach Erdfälle, vulkanische Strukturen wie Calderen und Maare, oder tektonische Strukturen Ähnlichkeiten aufweisen. Und tatsächlich ist es in der Vergangenheit nicht immer einfach gewesen, sich eindeutig für die eine (die endogene, die erdbebendene) oder die andere (die kosmische) Lösung zu entscheiden.

Auf der ganzen Welt hat es deshalb zum Teil ganz erbittert geführte wissenschaftliche Auseinandersetzungen über Impaktstrukturen und die Auswirkungen kosmischer Kollisionen gegeben. Heute kennt die Wissenschaft Kriterien, mit denen die Auswirkungen eines Impaktes auf Minerale und Gesteine zuverlässig belegt werden können. Umfangreiche geologische, mineralogisch-petrographische, geochemische und geophysikalische Erkundungen in Impaktstrukturen, Impaktexperimente im Labor, Computer-Simulationen, astronomische Befunde und schließlich die Meteoritenforschung selbst haben dazu geführt, dass der Impakt als wichtiger Prozess im gesamten Planetensystem mittlerweile recht gut verstanden wird.

Ein wichtiger Prozess - auch beim Chiemgau-Impakt: Spallation



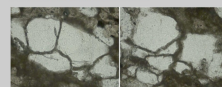
Rätsel Nr. 1: Im Bereich von Chiemsee und Tüttensee liegen große erratische Blöcke völlig isoliert im lehmigen Untergrund. Sie sind scharfkantig zerbrochen und weisen Ansätze einer Zertrümmerung auf. Die Eiszeitgletscher als Transport- und Einbettungswerkzeug scheiden grundsätzlich aus. Warum sollte ein abschmelzender Gletscher ganz allein und ganz selektiv nur diese Brocken an einem Fleck "abladen"? Auch ohne vertiefte geologische Kenntnisse haben sich die jeweiligen Ausgräber diese Frage gestellt.



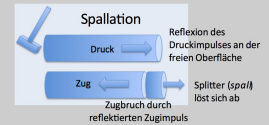
Rätsel Nr. 2: Was ist mit den Tropfsteinen in der Sonntagshorn-Höhle passiert? Riesige Tropfsteine sind in der Mitte durch einen horizontalen Bruch getrennt (links), ganze Galerien von hängenden Tropfsteinen (Stalaktiten) erscheinen wie abgemäht, und das am Boden liegende "Mähgut" ist ebenfalls zerbrochen (Mitte), und einzelne stehende Tropfsteine (Stalagmiten) sind geradezu geköpft, nur dass der Kopf auf dem Rumpf verbleiben ist (rechts). Für Höhlenforscher ist das schon immer ein unbegreifliches Phänomen gewesen.



Rätsel Nr. 3: Wer oder was hat die Gerölle auseinandergezogen? Wie sind die offenen Risse innerhalb entstanden, ohne dass das Geröll zerbrochen und zerschert ist? Bei einzelnen Geröllen, die fest zementiert in einem Konglomerat in den Alpen stecken, kann ein tektonischer Druck auch zu offenen Klüften führen, aber diese Klüfte durchschneiden das ganze Geröll, und bei weitem tektonischen Druck kommt es zwangsläufig zu Versätzen am Riss. Aber hier - in einem lockeren quartären Sediment, aus dem die Gerölle stammen? Die offenen Risse beginnen und enden im Geröll. Wer oder was hat da von außen das Geröll auseinander gezogen?



Rätsel Nr. 4: Ähnlich wie bei Rätsel 3. Wer oder was hat die im Dünnschliff gezeigten einzelnen Quarzkörner (Krater #004) auseinandergezogen und die entstandenen offenen Risse mit Glas gefüllt? Warum sind die Risse so gebogen und scheinen grob spiegelbildlich zu den äußeren Kongrenzen zu verlaufen?

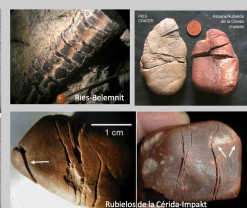


Des Rätsels Lösung: Die Schockwellen bei einem Impaktereignis - Spallation

Die vom Einschlag ausgehenden Schockwellen laufen halbkugelschallig in den Untergrund hinein und auch entlang der Erdoberfläche. Überall, wo die Schockfront an freie Grenzflächen stößt, wird sie als fast gleichstarker Zugimpuls reflektiert, der die Gesteine und Minerale, ob sehr groß oder sehr klein, auseinanderzieht. Da der Zusammenhalt des Materials bei Zug (die Zugfestigkeit) stets deutlich kleiner ist als bei Druck (Druckfestigkeit), sind die reflektierten Zugimpulse beim Impakt besonders zerstörerisch und erklären viele für den Geologen zunächst unverständliche Beobachtungen.



Vom CIRT mit Werner Mehl durchgeführtes Spallationsexperiment an einem Glasstab. Momentaufnahme einer Hochgeschwindigkeitskamera.

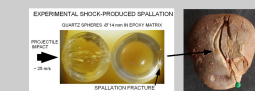


Schock-Spallation von Geröllen und bei den berühmten Ries-Belemniten (oben Mitte). Die Spallationsmerkmale im Nördlinger Rieskrater, in der spanischen Rubielos de la Cérda-Impaktstruktur und beim Chiemgau-Impakt haben stets sehr ähnlichen Charakter: feste Gerölle oder ein hartes Belemniten-Rostrum in einer sehr weichen Matrix. Eine tektonische Druckbeanspruchung kann ausgeschlossen werden.



Spallation in Quarzkörnern - auch ein Schockeffekt

Gesetzmäßigkeit: Die offenen Spallationsbrüche in den Quarzkörnern (Größe knapp 1 mm) sind nicht zufällig entstanden. Sie sind sehr häufig das Spiegelbild der schock-reflektierenden Kornoberfläche - Physik der Schockwellen-Ausbreitung. Z.T. verblüffend ähnliche Rissgeometrien!



Spallationsexperiment (links): Das durch den Zugimpuls abgeplatze lösenförmige Segment spiegelt die den Schock reflektierende Oberfläche wider. Rechts: dasselbe in der Natur beim Impakt

Spallation in Gesteinen und Mineralen ist ein ganz wichtiges Merkmal für dynamische Schockbeanspruchung und meteoritischen Impakt. Der Schockeffekt, der die isolierten erratischen Blöcke (ganz oben) verursacht hat, wird auf dem Poster "Der Tüttensee-Krater - Impakt im Experiment" erläutert.