

Impakt und Kohlenstoff - der Chiemit und glasartiger Kohlenstoff im Kraterstreufeld

Kohlenstoff (C) ist neben Sauerstoff das bedeutendste Element der Biosphäre. In der Geologie ist er dagegen nicht besonders häufig und vor allem in gebundener Form in karbonatischen Gesteinen (Kalksteinen, Dolomiten, Mergeln, Marmor) vorhandenen sowie Bestandteil der fossilen Brennstoffe. Elementarer Kohlenstoff ist selten und tritt in Form von Graphit in metamorphen Gesteinen und als Diamant auf. Wissenschaftlich diskutierte Brücken zwischen dem Leben auf der Erde, seiner Entstehung, Impakten und der meteoritischen Gesteinswelt bildet ebenfalls der Kohlenstoff. Kohlenstoff ist im Kosmos weit verbreitet und kommt in Form besonderer Meteorite, der kohligten Chondrite, immer wieder zur Erde. Im größeren Maßstab könnten Kohlenstoffverbindungen als mögliche elementare Bausteine des Lebens durch Kometeinschläge zur Erde gebracht worden sein. Kohlenstoff in fußballähnlicher Molekülstruktur, die sogenannten Fullerenen, werden als Indikatoren für irdische Impakt-ereignisse angesehen, wenn sie in ihrer Fußball-Struktur extraterrestrische Gase eingefangen haben. Fullerenen scheinen auch in Materie aus dem Weltraum die Reise zur Erde überlebt zu haben.

Aber sie mögen sich auch unter den extremen physikalischen Bedingungen eines Impaktes auf der Erde bilden. Kohlenstoff als Graphit wird in vielen Meteoriten nachgewiesen, und in metamorphen Gesteinen bildet er das Ausgangsmaterial für die Entstehung von Diamanten in Meteoritenkratern/Impaktstrukturen (z.B. im Nördlinger Ries oder in der 100 km messenden Popigai-Impaktstruktur). Diamanten mit Größen bis hinunter in den Nanobereich (Nanodiamanten; 1 Nanometer = 0,000 001 mm) finden sich in Meteoriten und im kosmischen Staub. Nanodiamanten könnten sich auch bei den extrem hohen Drücken und Temperaturen eines Impaktes aus gewöhnlichem Kohlenstoff bilden. Bei diesen extremen Bedingungen ist es sogar möglich, dass der Kohlenstoff in Karbonatgesteinen aus seiner CO₂-Bindung herausgelöst wird und dann als freier Kohlenstoff in Form von Kohlenstoffglas oder amorphem glasartigen Kohlenstoff zu finden ist.

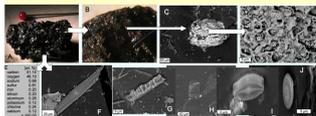
Im Zusammenhang mit dem Chiemgau-Impakt tritt Kohlenstoff weit verbreitet in bekannten, ungewöhnlichen und exotischen Formen auf.

Impakt und Kohlenstoff - der glasartige Kohlenstoff



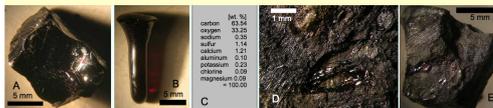
Im Bereich des Kraterstreufeldes gibt es eine bemerkenswerte Folge zunehmender Inkohlung, wobei sonst mit Inkohlung der geologische Prozess der Kohlewerdung aus organischer Substanz im Endeffekt zu Steinkohle und Anthrazit verstanden wird. Die Folge beginnt mit frischem, scharf in kleine Fragmente und Splitter zerbrochenem Holz, das in polymyktre Brekzien der Impakt-Ejektta eingebettet ist (A), ebenso wie Holzkohle, die regelmäßig Bestandteil der Brekzien ist (B). Am Ende der Folge stehen dichte, sehr harte schwarze glasartige Fragmente bis zur Größe einiger Zentimeter (F). Zwischen der Holzkohle und der glasartigen Kohle gibt es eine große Varietät kohlgiger Fragmente, die ganz offensichtlich einen Übergang in einer Reihe von Holz/Holzkohle zu glasartiger Kohle repräsentieren.

Zu beobachten sind: -- eine monomyktre Holzkohle-Brekzie die aus feinzernählernen und fest verbackenen Holzkohlepartikeln besteht (C). Die Holzkohle hat ein glasiges Aussehen bekommen und brennt nicht mehr; -- bröckeliges, dennoch sehr dichtes und teilweise glasähnliches Kohlematerial mit einigen eingeschlossenen Holzkohlepartikeln (D); -- Stücke, die ineinander übergehend Holzkohle und glasähnliche Kohle kombinieren; -- geschichtete und sehr widerstandsfähige glasartige Kohle, die an ursprüngliche Holzfasern erinnert, sowie, im Millimetermaßstab, abwechselnd geschichtete und glasartige Kohle (E). Holzkohle hat grundsätzlich die zelluläre Struktur bewahrt, ist aber nicht mehr entflammbar und zeigt sich häufig nur noch in Form von fossilen Abdrücken auf der glasartigen Kohle. Die EDX-Elementanalyse einer glasartigen Kohleprobe ergibt mit > 70% überwiegend Kohlenstoff, einen hohen Anteil an Sauerstoff (bis zu 25%), geringe Mengen an Al, Si und Calcium sowie Spuren von Na, Mg, S, Cl, K und Fe. Raman-Spektren der Probe zeigen weitgehend ungeordneten elementaren Kohlenstoff in amorphem Zustand.



Glasartige Kohle mit Kieselalgen (Diatomeen) und Cyanobakterien (früher: Blaualgen) In der Nähe des Chiemsees fand sich ein leicht magnetisches, sehr dichtes und sehr hartes Stück einer glasartigen Kohle (A) mit eingebetteten roströten Aggregaten (B, C). Unter dem Elektronenmikroskop (REM) erwiesen sich die Aggregate als kokkoide Cyanobakterien (D), und die EDX-Elementanalyse ergab bis zu 16 Gew.% Eisen, das als Magnetit Fe₃O₄ wahrscheinlich für den Magnetismus der Probe verantwortlich ist.

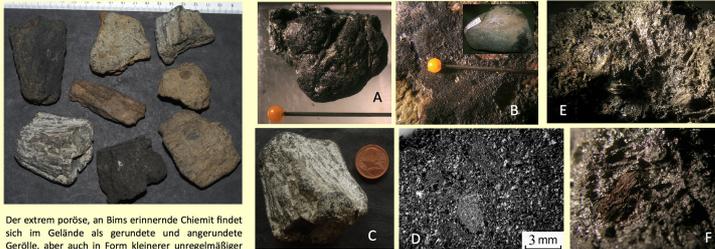
Überraschung: REM-Bilder der schwarzen glasartigen Matrix zeigen eingeschlossene fossile Skelette verschiedener Diatomeen (Kieselalgen), zum Teil als Bruchstücke aber auch als voll erhaltene Exemplare (F-J). Die EDX-Elementanalyse vermittelt Kohlenstoff und Sauerstoff, die mehr als 97 Gew.% ausmachen (E).



Durchsichtige rote glasartige Kohle

Westlich vom Chiemsee wurde dieses völlig rätselhafte rote, glasartige, kohlige (nach der Zusammensetzung, C) Material gefunden, sowohl in bruchstückhafter Form (A) als auch tropfenförmig (B) und auch in Form winziger Partikel, die die schwarze glasartige Kohle mit Resten einer Holzkohlesignatur durchsetzen (D, E). Die chemische Analyse (C) mit wiederum einem Gehalt von 97 Gew.% Sauerstoff und Kohlenstoff ist sehr ähnlich der des schwarzen glasartigen Materials.

Der Chiemit - ein ungewöhnliches Kohlenstoffgestein

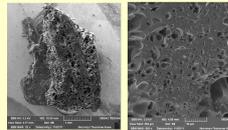


Der extrem poröse, an Bims erinnernde Chiemit findet sich im Gelände als gerundete und angerundete Gerölle, aber auch in Form kleinerer unregelmäßiger Fragmente. Es gibt Proben, die aerodynamisch geformt erscheinen und Fließgefüge aufweisen, und in einem Fall zeigt ein Sandsteingeröll pseudomorph nach Holzfragmenten (pseudomorph = hat die Form angenommen). Frisch gebrochene Flächen sind tiefschwarz und zeigen metallischen bis Glas-Glanz. Das Gefüge des Chiemits kann beachtlich variieren: Man beobachtet ein stark blasiges, bimsähnliches Inneres, in dem wenige meist plattige schwarze Einschlüsse stecken. Aber es gibt auch Übergänge zu dichteren, eher plattigen Stücken, und selbst ein tafeliges, abwechselnd poröses und plattiges Gefüge kann beobachtet werden.

Häufig zeigen die plattigen Einschlüsse ein eindeutiges Holzkohle-Bild mit faserigem Gefüge, wobei sich Farbe und Glanz nicht von der bimsartigen Matrix unterscheiden. Beobachtet werden Stücke, in denen dieses Gefüge zu einer Art relativ frische Holzpartikel (F). Messungen an Proben ergeben eine hohe elektrische Leitfähigkeit und eine vielfach leichte Magnetisierung. Der Chiemit lässt sich relativ leicht zerdrücken, ist aber nur mit einem Diamantsägeblatt zu schneiden. Selbst sehr hohen Temperaturen widersteht der Chiemit.

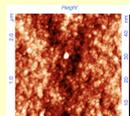


Der Chiemit (rechts unter dem Elektronenmikroskop in seiner stark porösen, bimsähnlichen Struktur) wurde und wird untersucht von Dr. Tatjana Shumilova, Direktorin des Diamant-Laboratoriums des geologischen Instituts, Komi SC UB, Russische Akademie der Wissenschaften, Syktyvkar, zusammen mit Mitarbeitern des Instituts mit folgenden Methoden: Elektronenmikroskopie (REM, TEM, EBSD), Raman-Spektroskopie, AFM-Rasterkraft-Mikroskopie, Röntgendiffraktometrie und -fluoreszenzspektroskopie, differentielle Thermoanalyse sowie Kohlenstoff-Isotopenanalyse mit Radiocarbon-Datierung.

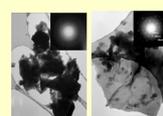


Ergebnisse

Die Röntgenfluoreszenz ergibt über 90% reinen Kohlenstoff, der Rest ist Silizium, Aluminium und Eisen, untergeordnet Schwefel. In Spuren tritt Titan, Mangan, Magnesium, Calcium, Kalium, Phosphor und Strontium auf.



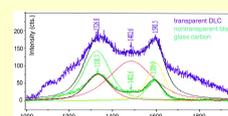
AFM zeigt eine stark variierende Struktur von amorph bis hin zu einem nano-globulären Aufbau



Transmissions-Elektronenmikroskopie (TEM) Nachweis von amorphen und strukturierten Elementen im Nanobereich. Bei letzteren handelt es sich um Carbinen, ganz besondere Kohlenstoff-Modifikationen.



Optisch durchscheinende sub-mikroskopische Partikel sind diamant-ähnlicher Kohlenstoff (DLC) und/oder carbin-ähnlicher Kohlenstoff (CLC). Eine Oktaederform zeichnet sich ab.



Raman-Spektren einer Chiemit-Probe, die den Nachweis von Carbinen und diamant-ähnlichem/carbin-ähnlichem Kohlenstoff zusätzlich belegen. Alle der Raman-Spektroskopie können Materialeigenschaften wie Zusammensetzung, Kristallinität und viele andere Parameter untersucht werden.

Die besondere Bedeutung der Chiemit-Analysen

Die Bildung der nachgewiesenen Carbinen erfordert Drücke von 4 - 6 GPa (= 40 - 60 kBar) und Temperaturen von 2500 - 4000 Grad Kelvin. Auch die Bildung von DLC und CLC deutet auf sehr hohe Temperaturen hin, wobei wegen der Oktaederform eine Pseudomorphose nach Diamant möglich erscheint.

Diese extremen Druck-Temperatur-Verhältnisse passen zu keinem auf der Erde bekannten natürlichen Material. Eine industrielle Produktion (beabsichtigt oder zufällig) gibt überhaupt keinen Sinn.