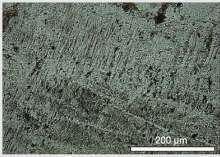
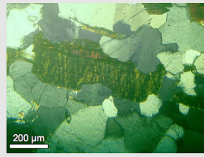


# Ein Schock für die Gesteine – hohe Drücke und Temperaturen im Chiemgau-Kraterstreufeld

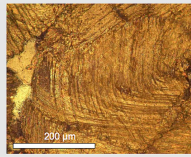
## Hohe Drücke – Schockeffekte in Gesteinen des Kraterstreufeldes im Dünnschliff unter dem Polarisationsmikroskop



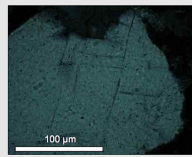
Deformationsstrukturen (PDFs) in Quarz vom Ringwall des Tüntensee-Kraters. Nicht alle Scharen zeigen sich in der Dünnschliff-Aufnahme; sie werden aber bei der Drehung des Mikroskops sichtbar.



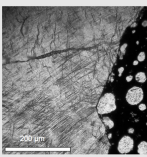
Zwei konjugierte Scharen sehr engstündiger Knickbänder in Glimmer (Biotit) in einem Gneis aus der Impaktschicht am Tüntensee-Krater. Obwohl Knickbänderung auch von starker tektonischer Deformation bekannt ist, sprechen die hier gezeigten konjugierten Scharen mit großer Häufung der extrem schmalen Bänder für Schock, zumal in dem untersuchten Schliff praktisch alle Glimmer diese intensive Deformation zeigen.



Fünf Scharen extrem engstündiger, z.T. gebogener Deformationsstrukturen mit Mikrowillingsbildung in Calcit. Zwillingsbildung im Calcit-Kristall ist eine wohl bekannte Erscheinung, die bereits bei geringen Deformationskräften auftritt. Der Abstand dieser Mikrowillings beträgt hier teilweise aber nur 2 µm, was im allgemeinen als Ausdruck von Schockbeanspruchung angesehen wird. Calcitgängen in Quarz aus der Impaktschicht am Tüntensee-Krater.



Planare Brüche (PFs; englisch: planar fractures) verschiedener Richtungen in Quarz aus einem Quarz vom Tüntensee-Ringwall. Eine solche Spaltbarkeit zeigt Quarz normalerweise nicht, allenfalls unter extremer tektonischer Beanspruchung. Als Schockeffekt ist dagegen die Spaltbarkeit von Quarz in Impaktstrukturen weit verbreitet. Der Grund dafür könnten im Gegensatz zu tektonischem Druck Zugspannungen sein, die zu den häufig offenen Brüchen der Spaltbarkeit führen. Starke Zugspannungen können entstehen, wenn die Druckwelle des Schocks an Korngrenzen als Zugwelle reflektiert wird (Spallation).



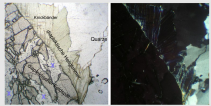
Krater 004 bei Mehring im nordöstlichen Teil der Streufelds. Quarz aus einem teilweise geschmolzenen Gneis mit planaren Deformationsstrukturen (PDFs) und Scharen unregelmäßiger, diskontinuierlicher subparalleler Brüche im Kontakt mit einem dunklen blasigen Glas.

## Besondere Schockeffekte im Krater #001: diaplekthisches Glas von Feldspat und Glimmer

Isotropisierte Minerale, die optisch zu einem Glas geworden sind, ohne dabei ihre Strukturmerkmale wie Korngrenzen und Brüche eingebüßt zu haben, werden als diaplekthisches Glas bezeichnet, und solche, die nur partiell isotrop geworden sind, auch als diaplekthische Kristalle. Sie sind vor allem von Quarz und Feldspat bekannt, aber z.B. auch von Olivin und Zirkon beschriebenen worden, und gelten als untrügliches diagnostisches Merkmal für geschockte Gesteine in einem Impaktregime. Nach gegenwärtigem Kenntnisstand können sie sich nicht bei endogenen, tektonischen oder vulkanischen Prozessen bilden. Die dafür notwendigen enormen Schockdrücke müssen 10–20 GPa (= 100–200 kbar) übersteigen.



Aufnahme eines kompletten Dünnschliffs (40 mm x 27 mm) bei gekreuzten Polarisatoren. Gliederung des Dünnschliffs in eine dichte aus Quarz bestehende Grundmasse, die von einem Band aus Hellglimmern (Muskovit) und wenig Feldspäten durchzogen wird.



Aus dem mittleren Bereich des Schliffs: Kontaktzone zwischen dem Quarz des Quarzites und dem Muskovit-Feldspat-Band. Glimmer und Feldspat sind optisch isotrop geworden. Da die Korngänge mit Brüchen und Korngrenzen beim Feldspat sowie die Spaltbarkeit nach (001) und die Knickbänder im Glimmer erhalten geblieben sind, handelt es sich um sog. diaplekthisches Glas als Beweis für Schock und Impact. X-Löcher im Schliff, die bei gekreuzten Polarisatoren ebenfalls optisch erscheinen, 1 mm Bildbreite.

Diaplekthisches Glas von Glimmer ist bisher in der Impaktforschung unbekannt gewesen.

Die hier gezeigten mikroskopischen Effekte bedeuten nur eine kleine Auswahl aus der Vielzahl zu beobachtender Schockdeformationen in den Gesteinen des Chiemgau-Streufeldes. Ein längerer Artikel mit vielen weiteren Beispielen von Schockeffekten findet sich auf der Chiemgau-Impakt-Website. Im Hinblick auf die doch relativ kleinen Impaktkrater im Streufeld ist die große Häufigkeit von Schockdeformationen, obwohl in der Mehrzahl von eher geringerer Intensität, sehr bemerkenswert. Eine mögliche Erklärung ist die besondere Gesteinsausbildung im vom Einschlag betroffenen Gebiet, die ganz verschieden ist von der in anderen erforschten Kratern. Wie bei einer Linse könnte dies zu einer Fokussierung der Schockenergie im Inneren der Gerölle geführt haben. Die Besonderheit sind die harten, dichten Gerölle in einer unverfestigten weichen Matrix, die fast überall im Einschlaggebiet den Untergrund bildeten.

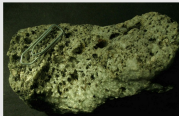
## Hohe Temperaturen – Impaktschmelzgesteine und Gläser im Kraterstreufeld

Ausdruck extremer hoher Temperaturen im Kraterstreufeld sind Schmelzgesteine und verschiedene Gesteinsgläser, die in Form von Handstücken in Kratern und in deren Umfeld gefunden werden oder in mikroskopischer Form flächig verbreitet in bestimmten Horizonten auftreten.

### Gesteinsglas – makroskopisch bis mikroskopisch



Großes Quarzgeröll vom Tüntensee mit einem hauchdünnen Glasüberzug. Man muss sich vorstellen, dass dieses Geröll ganz kurzzeitig einer extremen Temperatur ausgesetzt gewesen sein muss. Ein Auswurf des Gerölls bei der Kraterbildung und anschließender Flug durch eine auf mehrere 1000°C aufgeheizte Explosionswolke mit Schmelzen und rascher Abkühlung und Glasbildung vor der Landung könnte das bewirkt haben und würde auch erklären, warum die Glashaut keinerlei Kontaktstellen zeigt.



Dieses Geröll aus dem 11 m-Krater 004 bei Mehring ist mehr oder weniger vollständig zu einem blasigen Gesteinsglas durchgeschmolzen.



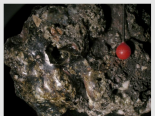
Aus dem Krater Kaltenbach: Ein großes zerkochtes Sandsteingeröll mit einer grünen Glashaut.



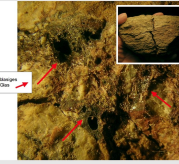
Bims-ähnliches Schmelzgestein vom Chiemsee-Randbereich. Nach mineralogischer Untersuchung könnte das Ausgangsgestein ein Seton gewesen sein.



Schwarze blasenreiche Gläser aus dem Streufeld



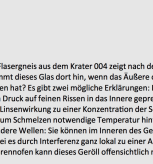
Weit verbreitet im Kraterstreufeld: ein schlacke-artiges Glas mit scharfkantigen Gesteinsplättchen. Es wird vermutet, dass dieses umhüllte Glas an der damaligen Erdoberfläche durch Aufschmelzen der obersten Bodenschichten entstand.



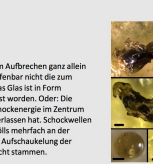
Ein ganz ungewöhnliches Geröll aus Flasergneis aus dem Krater 004 zeigt nach dem Aufbrechen ganz allein im Inneren ein blasiges Glas. Wie kommt dieses Glas dort hin, wenn das Äußere offenbar nicht die zum Schmelzen erforderliche Hitze erfahren hat? Es gibt zwei mögliche Erklärungen: Das Glas ist in Form dünnflüssiger Schmelze unter hohem Druck auf feinen Rissen in das Innere gepresst worden. Oder: Die runde Geröllform hat in einer Art Linienwirkung zu einer Konzentration der Schockenergie im Zentrum des Gerölls geführt, die nur dort die zum Schmelzen notwendige Temperatur hinterlassen hat. Schockwellen verhalten sich nicht viel anders als andere Wellen: Sie können im Inneren des Gerölls mehrfach an der Außenfläche reflektiert werden, wobei es durch Interferenz ganz lokal zu einer Art Aufschaukelung der Energie kommen kann. Aus einem Brennofen kann dieses Geröll offensichtlich nicht stammen.



Ein ganz ungewöhnliches Geröll aus Flasergneis aus dem Krater 004 zeigt nach dem Aufbrechen ganz allein im Inneren ein blasiges Glas. Wie kommt dieses Glas dort hin, wenn das Äußere offenbar nicht die zum Schmelzen erforderliche Hitze erfahren hat? Es gibt zwei mögliche Erklärungen: Das Glas ist in Form dünnflüssiger Schmelze unter hohem Druck auf feinen Rissen in das Innere gepresst worden. Oder: Die runde Geröllform hat in einer Art Linienwirkung zu einer Konzentration der Schockenergie im Zentrum des Gerölls geführt, die nur dort die zum Schmelzen notwendige Temperatur hinterlassen hat. Schockwellen verhalten sich nicht viel anders als andere Wellen: Sie können im Inneren des Gerölls mehrfach an der Außenfläche reflektiert werden, wobei es durch Interferenz ganz lokal zu einer Art Aufschaukelung der Energie kommen kann. Aus einem Brennofen kann dieses Geröll offensichtlich nicht stammen.



Ein ganz ungewöhnliches Geröll aus Flasergneis aus dem Krater 004 zeigt nach dem Aufbrechen ganz allein im Inneren ein blasiges Glas. Wie kommt dieses Glas dort hin, wenn das Äußere offenbar nicht die zum Schmelzen erforderliche Hitze erfahren hat? Es gibt zwei mögliche Erklärungen: Das Glas ist in Form dünnflüssiger Schmelze unter hohem Druck auf feinen Rissen in das Innere gepresst worden. Oder: Die runde Geröllform hat in einer Art Linienwirkung zu einer Konzentration der Schockenergie im Zentrum des Gerölls geführt, die nur dort die zum Schmelzen notwendige Temperatur hinterlassen hat. Schockwellen verhalten sich nicht viel anders als andere Wellen: Sie können im Inneren des Gerölls mehrfach an der Außenfläche reflektiert werden, wobei es durch Interferenz ganz lokal zu einer Art Aufschaukelung der Energie kommen kann. Aus einem Brennofen kann dieses Geröll offensichtlich nicht stammen.



Ein ganz ungewöhnliches Geröll aus Flasergneis aus dem Krater 004 zeigt nach dem Aufbrechen ganz allein im Inneren ein blasiges Glas. Wie kommt dieses Glas dort hin, wenn das Äußere offenbar nicht die zum Schmelzen erforderliche Hitze erfahren hat? Es gibt zwei mögliche Erklärungen: Das Glas ist in Form dünnflüssiger Schmelze unter hohem Druck auf feinen Rissen in das Innere gepresst worden. Oder: Die runde Geröllform hat in einer Art Linienwirkung zu einer Konzentration der Schockenergie im Zentrum des Gerölls geführt, die nur dort die zum Schmelzen notwendige Temperatur hinterlassen hat. Schockwellen verhalten sich nicht viel anders als andere Wellen: Sie können im Inneren des Gerölls mehrfach an der Außenfläche reflektiert werden, wobei es durch Interferenz ganz lokal zu einer Art Aufschaukelung der Energie kommen kann. Aus einem Brennofen kann dieses Geröll offensichtlich nicht stammen.



Ein ganz ungewöhnliches Geröll aus Flasergneis aus dem Krater 004 zeigt nach dem Aufbrechen ganz allein im Inneren ein blasiges Glas. Wie kommt dieses Glas dort hin, wenn das Äußere offenbar nicht die zum Schmelzen erforderliche Hitze erfahren hat? Es gibt zwei mögliche Erklärungen: Das Glas ist in Form dünnflüssiger Schmelze unter hohem Druck auf feinen Rissen in das Innere gepresst worden. Oder: Die runde Geröllform hat in einer Art Linienwirkung zu einer Konzentration der Schockenergie im Zentrum des Gerölls geführt, die nur dort die zum Schmelzen notwendige Temperatur hinterlassen hat. Schockwellen verhalten sich nicht viel anders als andere Wellen: Sie können im Inneren des Gerölls mehrfach an der Außenfläche reflektiert werden, wobei es durch Interferenz ganz lokal zu einer Art Aufschaukelung der Energie kommen kann. Aus einem Brennofen kann dieses Geröll offensichtlich nicht stammen.

### Glassteine aus Kalkbrennöfen?

Kalkbrennen ist seit zehntausenden dem Menschen vertraut, und in der Chiemgau-Region vermutlich von den Römern oder noch früher von den Kelten praktiziert worden. Vielfach bestanden die Wandungen der Kalkbrennöfen aus Steinsetzungen silikatischer Gesteine, die bei sehr hohen Brenntemperaturen an der Innenseite verglasten konnten. Würden die Öfen später aufgegeben und angelesen, konnten glasigte Gesteine durchaus den Weg in „Wald und Flur“ finden. Da ein glasierter Stein keine Aufhärter trägt, die verbleibt, ob das Glas in einem Brennofen oder in der heißen Explosionswolke des Impaktes entstanden ist, sind Verwechslungen möglich. Fundamentale (z.B. streng gebläutete) an Krater ohne jegliche menschliche Störungen, ohne isolierte eine Öfen usw.) und mineralogisch-petrographische Analysen bringen aber meist Klarheit. Eine Kuriosität bilden glasigte Gerölle, die in einem heute noch historisch betriebenen Kalkbrennofen bewahrt für den Verkauf an Besucher hergestellt wurden. Es gibt keinen Hinweis, dass in früheren Zeiten solche glasigen Gerölle gezielt hergestellt wurden, wenngleich silikatische Gerölle aus der Wandung herausarbeiten und im heißen Kalkofen vielleicht glasiert werden konnten. Nicht von der Hand zu lassen ist, dass Ofenbetreiber impakt glasierte Gerölle ganz bewusst in die Wandungen der Öfen eingestrichelt haben.



Die Untersuchung zweier relictischer Impakt-Schmelzgesteine und gläserner und anorganischer Bildungen ist nicht immer einfach, wenn man allein auf makroskopische Merkmale angewiesen ist und die genauen Fundamentale unbekannt sind. Ein solcher Fall ist z.B. mit den brennsamen od. Abbläschen gegeben, die bei der Eisenverhüttung von Achthal und Bergen anfiel. Wie sieht sich Impaktgesteine und manche Varianten der Abbläschen ähnlich können, zeigen die Fotos rechts.

### Verwechslungsmöglichkeiten:

Impaktmelzgestein von Chaudunthal/Argentanien (links) und vermutlich Abbläschen.

Tektite sind wohl bekannteste natürliche Gläser, die nach der Vorstellung der meisten damit befassten Forscher in der allerersten Phase der Kraterentstehung bei einem meteoritischen Impakt gebildet werden. Dabei werden oberflächennahe Böden und Gesteine geschmolzen und/oder verdampft und unter hoher Geschwindigkeit als Schmelze oder Dampf ausgeschleudert. Beim Rückfall mit Abkühlung erwerben die zu Glas gewordenen Partikel charakteristische Formen, landen auf der Erde, wo sie zu den Impakt-Auswurfmassen (Ejekta) gezählt werden. In den Alpenvorbergen hat namentlich die systematische Suche nach einem Impakt-Fallout nicht nur reichlich winzige Eisenillitid-Partikel (Minerale u.a. Gussit und Illerit) sondern auch Mikrotektite erbracht, die weltweit in den Böden angetroffen werden. Mit den Begriff Mikrotektite werden Tektite mit einer Größe von weniger als 1 Millimeter bezeichnet. Die namentlich gesammelten Mikrotektite zeigen die typischen Spindel-, Tränen-, Hantel-, Kugel- und Ellipsoid-Formen, sie sind transparent und haben meist eine gelblich-bräunlich-grünliche Farbe. Häufig sind Blaseninschlüsse. Die Maßstabballen in den Fotos links sind jeweils 100 µm lang.