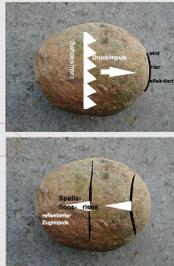


# Deformationen

## Druck und Zug

Die ungeheuren Kräfte, die bei einem Impakt wirksam werden, hinterlassen an den Gesteinen vielfältige Spuren, die oft sehr charakteristisch sind und die mit traditionell in der Geologie bemühten Prozessen vielfach schwer in Einklang zu bringen sind. Die Wirkung von Druck mit spröder und plastischer Verformung ist am einfachsten zu verstehen, aber sehr häufig weniger wirksam als der umgekehrte Vorgang: Druckentlastung, Zug. Der Grund ist der Wellencharakter der Schockausbreitung. Treffen die Druckwellen des Schocks auf freie Oberflächen, so werden sie dort als nahezu gleichstarke Zugwellen reflektiert. Und diese Zugwellen können deutlich mehr Schaden anrichten als die Druckwellen. Das hängt damit zusammen, dass die Zugfestigkeit von Gesteinen viel geringer ist als die Druckfestigkeit. Druckkräfte können also weniger anrichten als gleichgroße Zugkräfte. Eine Reflexion von Druckenergie als Zugenergie geschieht aber auch an allen Grenzflächen im Gestein, an denen die sogenannte Impedanz (das ist das Produkt aus Dichte und Schallgeschwindigkeit des Gesteins) abnimmt. Dieser Fall war im Chiemgau-Kraterfeld ganz besonders da gegeben, wo harte, dichte Gesteine im Kontakt mit lockeren, weichen Gesteinen standen. Und das war praktisch nahezu überall der Fall in Form der harten, dichten alpinen Gerölle, eingebettet in weiche, lockere Sande und Lehme. Der Impaktforscher nennt den Vorgang, bei dem durch die enormen Zugkräfte das Material auseinander gerissen wird, Spallation (nach dem englischen to *spill* = abspalten, abplatzen), die bei sehr vielen Impaktkratern auf der Welt in vielfältiger Form beobachtet wird. Bei Geröllen aus dem Chiemgau-Kraterfeld mit scharfkantig offenen Rissen muss es sich nicht zwangsläufig um Spallationsrisse handeln; sie könnten teilweise auch durch die auf einem besonderen Poster beschriebenen Korrosionsprozesse entstanden sein, wobei eine Korrosion an zuvor entstandenen Spallationsrissen leicht ansetzen könnte. Mehr zur Spallation auf den Postern "Physik und Geologie" sowie "Impakt im Experiment".



Spallation



Spallationsrisse, Gerölle vom Tüttensee-Ringwall und aus dem Krater D16



Spallationsrisse in einem experimentell geschockten ARMCO-Eisen.



Spallationsrisse in einem natürlich geschockten Quarzit-Geröll, Rubielos de la Cérda-Impaktstruktur.

## Druck

Druck kann allein zu einer Zertrümmerung der Gesteine führen, aber auch durch Zug zerrissene Gesteine wieder zusammenpressen. Druckauswirkung auf die Gesteine geschieht während des Impaktprozesses bei der ersten Schockwellenabstrahlung, bei der Exkavation (Auswürfung) des Kraters, bei der Landung der Auswurfmassen (Ejektas) und bei einem Kollaps großer Gesteinseinheiten. Das Resultat dieser Zertrümmerung und Vermischung sind vielfältige Trümmergesteine (Brekkien), die der Geologie in monomikte (d.h. aus einer Gesteinsart bestehend) und polymikte (aus mehreren Gesteinsarten bestehend) Brekkien unterteilt. Im Chiemgau-Kraterfeld treten in Kratern und um die Krater herum die verschiedenartigsten Brekkien auf. Da Brekkien aber auch bei vielen anderen geologischen Prozessen entstehen können, muss der geologische Rahmen beachtet werden. In den Alpen entstandene Brekkien können als Gerölle mit Gletscherflüssen heran transportiert worden sein (Vitriole). Sie haben mit dem Impakt verständlicherweise nichts zu tun, was manchmal sogar von heimischen Geologen missverstanden wird.



**Monomikte Brekkien aus zertrümmerten Geröllen in der Impaktschicht am Tüttensee-Krater:** In allen Fällen ist von einem sehr hohen Umschließungsdruck bei Brekzierung, Transport und Ablagerung auszugehen. Insbesondere der Zusammenhalt (die Kohärenz) der scharfkantig gebrochenen Gerölle in einer weichen tonigen Matrix (Bilder mitte und rechts) ist kennzeichnend für einen geologischen Impaktprozess, der allein im vorgegebenen geologischen Rahmen (die ganz junge Schichtung am Tüttensee) in der Lage ist, den für die Kohärenz notwendigen Umschließungsdruck bei der Ablagerung aufzubringen.

Zum Vergleich: eine monomikte Impaktbrekzie vom Ries-Krater.



Striung, Spiegelpolitur und Kollisionsmarken auf Quarzitgeröllen aus dem Chiemgau-Impaktkraterfeld (50 m-Halbkrazer im Innrufer bei Markt). Da der Krater in der Schotterebene weit vor dem letzten Würm-Eisvorstoß liegt, haben die Marken nichts mit Gletscherbewegungen zu tun. In einem Flusstransport wären sie nach ganz kurzer Strecke verschwunden. Die Marken müssen unter sehr hohem Druck vor Ort entstanden sein.

## Druck und Bewegung

führt beim Impakt zu Deformationsmerkmalen, die auch von anderen geologischen Prozessen vertraut sind, wo sie allerdings meist ungeheuer viel langsamer entstehen. Diese Merkmale bezeichnet der Geologe mit Begriffen wie Striung, Schiffs Spuren, Politur, Spiegelpolitur und plastische Eindrückmarken. Sie entstehen, wenn Gesteine unter hohem Druck gegeneinander bewegt werden. Härtere Gesteine kratzen dabei im allgemeinen weichere; bei extrem hohen Drücken können aber auch weiche Tone und Tonsteine die Oberflächen sehr harter Gesteine wie z.B. Quarzite mit einer intensiven Spiegelpolitur versehen. Plastische Verformungen von sehr harten Quarzitgesteinen können so aussehen, als ob ein Messer über weiche Butter gestrichen wurde, wozu ganz erhebliche Drücke notwendig sind. Ein eindrucksvolles Beispiel aus der Schicht der Auswurfmassen am Tüttensee-Krater liegt in einer der Vitriolen. In Geröllpackungen können unter dem Einfluss der Schockwellen die einzelnen Gerölle so stark gegeneinander beschleunigt werden, dass auffällige Kollisionsmarken vielfach mit deutlichen radialen Rissen entstehen. Alle diese Deformationsmerkmale sind aus zahlreichen Impaktstrukturen auf der ganzen Welt bekannt. Die Ausstellung zeigt charakteristische Beispiele zum Vergleich mit ähnlichen Deformationen aus dem Chiemgau-Kraterfeld. - Druck und Bewegung führen beim Impakt auch zur Entstehung vielfältiger Brekkien, über die ein anderes Poster aufklärt.



Eine polymikte Impaktbrekzie von der Epitaktschicht am Tüttensee: ein buntfarbiges Gemisch von Gesteinsarten aus dem Kraterfeld



Eine polymikte Impaktbrekzie aus der Impaktstruktur Rochechouart (Frankreich)



Ein über und über gekritztes Geröll aus der Impaktejekta-Schicht am Mühlbach beim Tüttensee-Krater. Im Gegensatz dazu zeigen Gletscherschrammen auf Geröllen meist nur ein oder zwei Bewegungsrichtungen. Mehr Druck und Bewegung.

## Die Deformationen, die Alpen und die Eiszeit

Es wird vielfach, auch von einigen heimischen Geologen, die Meinung geäußert, dass die Gesteine die Deformationen, wie die hier vorgestellten, in den Alpen erhalten haben und dann in Form von Geröllen durch Wasser und Eis heran transportiert worden sind. Das lässt sich sehr einfach entkräften: Die vielen zertrümmerten, aber trotzdem zusammenhaltenden Gerölle hätten nicht mal einen Transport über wenige Meter überlebt. Sie müssen vor Ort unter hohem Druck entstanden sein. Und: Die typischen, dem Impakt zugeschriebenen Verformungen und Deformationsmarken treten verbreitet auch im Gebiet auf, in das das Eis nie gekommen ist.



Aus Kiesgruben wohl bekannt - gut gerundetes zementiertes Brekzien-Geröll aus den Alpen (links) und ein zersplittertes (brekziertes) Geröll vom Tüttensee-Krater.

## Und noch einmal Deformation, Druck und Bewegung: Die geologisch-archäologische Ausgrabung Chieming-Stöttham. Mehr dazu auf dem Poster "Dokumente einer Katastrophe"



Auffälliger Befund in der Ausgrabung Stöttham: eine Reihe von Kalkstein-Geröllen, die in den fossilen Boden (untere Kulturschicht) und in die liegende lehmige Grundmoräne mit der Längsachse orientiert eingebettet sind. Sie sind ausnahmslos über und über gekritztes und z.T. stark poliert.

Da eine eiszeitliche Deformation ausgeschlossen ist, ist ein Eindringen als Hochgeschwindigkeitsejekta vor der etwas späteren Ablagerung der Katastrophenschicht anzunehmen. Die sich vielfach kreuzenden kürzeren Kratzungen können durch starke Bodenbewegungen bei der Landung der späteren Ejekta erklärt werden.