



Abb. 11 B. Komponente A: Nahaufnahme der splittrig fragmentierten Quarzitkomponente im Kontakt mit dem Kalksteingeröll.

Fig. 11 B. Close-up of the contact between the fragmented quartzite clast and the limestone cobble.



Abb. 12. Komponente B: Grobstückig fragmentierter, aber zusammenhaltender Quarzitbrocken.

Fig. 12. Component B from Fig. 10: Coarsely fragmented but coherent quartzite clast.

Komponente B (Abb. 12) ist ein Quarzitbrocken, der seine grobe Fragmentierung beim Einbetten in den Lehm Boden erhalten haben muß. Jeder weitere Transport hätte unweigerlich zu einer Zerlegung der Komponente geführt.



Abb. 13. Komponente C: Großer fragmentierter Sandsteinbrocken mit stark mürber Konsistenz, die auf eine tiefgreifende Korrosion (vermutlich Karbonatlösung des Bindemittels) zurückzuführen ist.

Fig. 13. Component C from Fig 10: Large fragmented sandstone clast exhibiting crumbly consistency that is assumed to have resulted from nitric acid dissolution of the carbonate cementation.

Komponente C (Abb. 13) ist ein großer Sandsteinbrocken mit beginnender Fragmentierung. Er ist tiefgreifend korrodiert und mürbe, so daß abgetrennte Bruchstücke sehr leicht in der Hand zu Sand zerdrückt werden können. Die mürbe Konsistenz wird auf eine Lösung im karbonatisch gebundenen Sandstein zurückgeführt.

Komponente D (Abb.14) ist ebenfalls ein Sandstein, der dieselbe tiefgreifende Korrosion zeigt. Untermalt wird die vermutete Karbonatlösung des Bindemittels durch rippenartig herausragenden Quarzgängchen, die offensichtlich von der Lösung verschont geblieben sind.



Abb. 14. Komponente D: Tiefgreifend korrodiertes Sandsteingeröll. Bei den herausragenden weißlichen Rippen handelt es sich um Quarzgängchen, die der Rundumkorrosion mit Karbonatlösung des Bindemittels und Absanden widerstanden haben.

Fig. 14. Component D from Fig. 10: drastically corroded sandstone clast. The protruding whitish quartz veins have survived the carbonate acid dissolution of the cementation.

Außer den exemplarisch gezeigten Komponenten der Ejekta-Basislage zeigen große Teile der aus der Ejektaschicht geborgenen Komponenten drastische Veränderungen der alpinen Gerölle, die die besonderen Transportbedingungen der Impakt-Exkavation und -ablagerung sowie das ganz besondere Ablagerungsmilieu vermitteln. Weitere typische Exemplare zeigen die Abb. 15-19.



Abb. 15. Beispiele scharfkantig zerbrochener und teilweise angelöster alpiner Gerölle aus den Impaktejekta.

Fig. 15. Examples of sharp-edged and partly etched Alpine cobbles sampled from the ejecta layer.



Abb. 16. Völlig zertrümmerte aber mehr oder weniger kohärente Kalksteinbrocken, der linke mit Mörtelgefüge.

Fig. 16. Completely smashed however more or less coherent limestone clasts, the left one exhibiting mortar texture.



Abb. 17. Größeres fragmentiertes, verdrücktes aber dennoch zusammenhaltendes Quarziteröll. Der Druck bei der Einlagerung, nach der sich die Komponente nicht mehr merklich bewegt haben kann, muß erheblich gewesen sein, um die Druckfestigkeit des Quarzits (in der Größenordnung 100 - 300 MPa = 1 - 3 Kilobar) zu überschreiten.

Fig. 17. Large fragmented and deformed however coherent quartzite boulder. Upon emplacement of the clast, the pressure must have been considerable to overcome the compressive strength of the quartzite (of the order of 100 - 300 MPa = 1 - 3 kilobars).



Abb. 18 A und B. Stark korrodierte Sandstein- und Kalksteingeröle aus der Ejekta-Schicht mit herauspräparierten Quarzgängchen.

Figs. 18 A and B. Strongly corroded sandstone and limestone cobbles taken from the ejecta layer. The protruding quartz veins are assumed to have resisted the nitric acid dissolution of the carbonate.



**Abb. 18 B.
Fig. 18 B.**



Abb. 19. Rundum weggelöste Schicht eines Schillkalk-Gerölls läßt allein ein Quarzit-Plättchen scharfkantig herausragen (Pfeil). Die Abmessungen des Plättchens lassen auf eine abgelöste Schicht von mindestens 8 mm Stärke schließen. Die Lösung muß *in situ* erfolgt sein, weil das dünne Plättchen einen Transport in dieser Lage nicht überstanden hätte.

Fig. 19. The fossil-rich limestone cobble heavily etched all around shows a protruding quartzite platelet (arrow). The size of the platelet suggests a thickness of at least 8 mm of the dissolved layer.



Abb. 20. Inverses Relief: Dolomitgeröll mit herausgelösten Calcitäderchen.
Fig. 20. Reverse relief: A dolomite cobble and etched calcite veins.

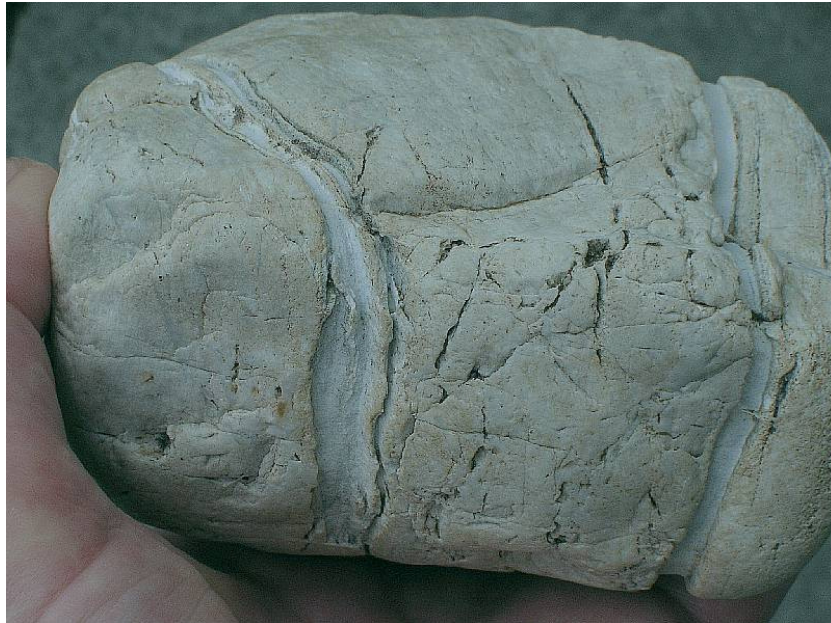


Abb. 21. Inverses Relief: Quarzitgeröll mit herausgelösten Calcitgängen.
Fig. 21. Reverse relief: A quartzite cobble and etched calcite dikelets.

3.3 Deutung

Die im Schurf 5 gemachten Beobachtungen und die hier gezeigten charakteristischen Beispiele der z.T. extremen Gesteinsveränderungen sind mit dem Modell einer Ablagerung von Impaktejekta gut in Einklang zu bringen. Die zahllosen stark fragmentierten Komponenten, ursprünglich alpine Gerölle, müssen wegen der Kohärenz der Bruchstücke *in situ* deformiert worden sein. Das muß beim Auftreffen der mit hoher Geschwindigkeit landenden Ejekta geschehen sein, vermutlich in der schilfbestandenen Uferregion des damals größeren Chiemsees. Die z.T. durchgehend in kleinere Bruchstücke fragmentierten Quarzitgerölle zeigen wegen der Kohärenz einen hohen Umschließungsdruck an, nachdem zuvor die Druckfestigkeit des Quarzits von größenordnungsmäßig 100 - 300 MPa (= 1 - 3 kbar) überschritten wurde. Eine vorstellbare Zertrümmerung bei einem Bergrutsch entfällt wegen des fehlenden Reliefs; Frostsprengung ist auszuschließen.

Die extreme Korrosion vieler Komponenten wird auf eine von außen angreifende chemische Säure-Lösung insbesondere des Karbonats zurückgeführt. Dadurch werden Quarzgänge wegen der geringeren Löslichkeit als scharfe Rippen gratartig herauspräpariert (Abb. 18 A und B). Bei Quarzitklasten, aber auch bei Dolomitgeröllen, die mit Calcitgängen durchsetzt sind, geschieht der umgekehrte Vorgang (Abb. 20, 21). Bei Sandsteinen mit karbonatischer Bindung führt die Säurelösung zu einer starken Entfestigung mit z.T. extremer Absandung an größeren Klasten; kleinere lassen sich mit der bloßen Hand zu Sand zerdrücken.

Die Säurelösung muß weitgehend nach der Einbettung geschehen sein. Das beweisen die vielfach extrem mürbe gewordenen Komponenten, die einen weiteren Transport ebenfalls nicht überlebt hätten. Vielfach hinterlassen die karbonatischen Klasten, wenn sie vom Einbettungsort entnommen werden, einen weißen Mantel aus

abgelöstem Karbonat in der lehmig-sandigen Matrix der Ejekta (Abb. 22), was ebenfalls für eine *in situ* Säurelösung spricht.



Abb. 22. Teil des abgelösten Mantels einer stark korrodierten Kalkstein-Komponente in der einbettenden lehmig-sandigen Matrix der Ejekta.

Fig. 22. Part of the detached coating of a strongly corroded limestone component in the embedding loamy-sandy matrix of the ejecta layer. The detached coating indicates an *in situ* acid dissolution of the carbonate.

Es ist sehr stark zu vermuten, daß es sich bei der Säure ganz überwiegend um Salpetersäure (eventuell auch salpetrige Säure) gehandelt hat. In der Impaktforschung gilt es als gesichert, daß sich in der gewaltigen Explosionswolke eines großen Impaktes reichlich Säuren bilden können (Prinn & Fegley 1987, und andere). Während Salzsäure und Schwefelsäure aus vom Impakt betroffenen chemischen Sedimentgesteinen (Chloride, Sulfate) hergeleitet werden, sollte sich Salpetersäure in großen Mengen unter Beteiligung des Atmosphärenstickstoffs bilden. Wie bereits im Zusammenhang mit früheren Befunden zur extremen Gesteinslösung an Geröllen im Schurf am Ortsrand von Grabenstätt ausgeführt (<http://chiemgau-impakt.de/impakthorizont.html>), ist anzunehmen, daß genau dieser Prozeß beim Chiemgau-Impakt abgelaufen ist. In der gigantischen Explosionswolke des postulierten einschlagenden Kometen haben sich große Mengen von Salpetersäure gebildet, die nachfolgend - möglicherweise tagelang - abregnete, in den Untergrund infiltrierte und die Gesteinszerstörung in Gang setzte. Im Bereich des Schurfes 5 könnte der Lehmhorizont im Liegenden der Ejekta eine regelrechte Staufunktion für die Salpetersäure gehabt und andererseits das organische Material

(Schilf, Haare) vor der Auflösung bewahrt haben, obgleich Haare ohnehin relativ säureresistent sind. Ob sich chemische Umwandlungsprodukte der Säurelösung (Nitrate?) erhalten haben, ist weiteren Untersuchungen vorbehalten.

4 Ergebnisse Schurf 7

Schurf 7 bringt grundsätzlich sehr ähnliche Befunde wie Schurf 5, aber auch einige Besonderheiten. Der Impakthorizont, als Ejekta gedeutet, setzt als locker gebundene Schicht wiederum scharf über dem ungestörten, stark verfestigten Untergrund ein, der - hier in lehmiger Kiesausbildung - wieder dem ehemaligen Seeboden zugeordnet wird (Abb. 23).

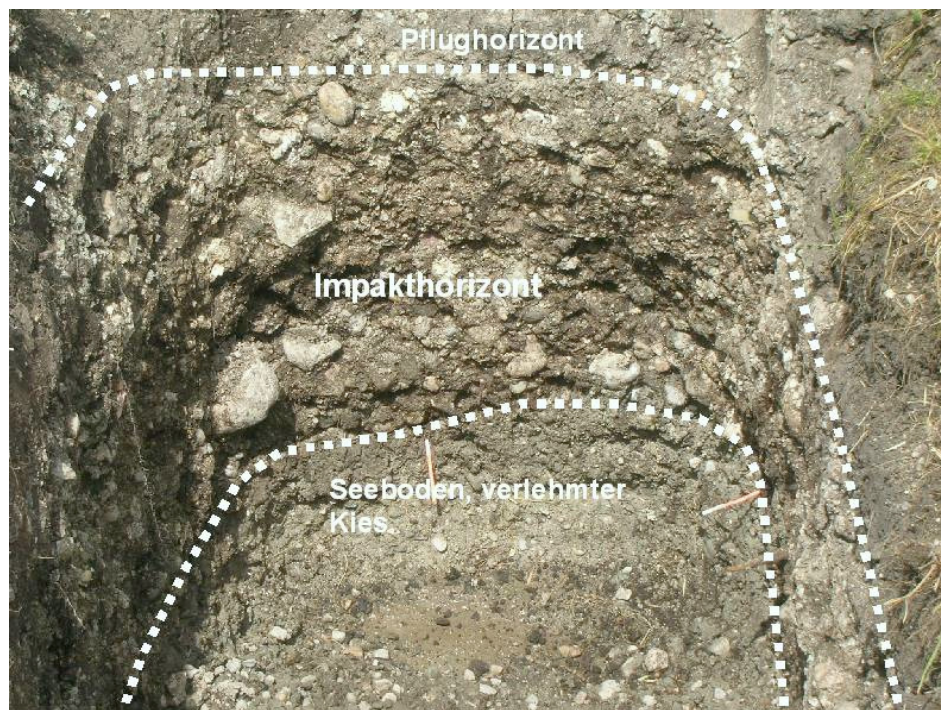


Abb. 23. Die grob unterscheidbaren Einheiten in Schurf 7. Die Aufschlußhöhe im Bild beträgt etwa 1 m.

Fig. 23. The main units in test pit 7: autochthonous loamy gravel - allochthonous impact ejecta - tilled soil. The wall of the exposure is about 1 m high.

In Abb. 24 wird der scharfe Kontrast zwischen dem Autochthon (dem Seeboden) und dem Allochthon (den Auswurfmassen) besonders deutlich, aber auch, daß der Impakt-Horizont anders als im Schurf 5 stark mit organischem Material, in erster Linie Holzbruchstücken durchsetzt ist. Die Schicht besteht aus einem wirren Durcheinander von Sand und Lehm, letzterer vielfach in Form kugeliger Aggregate, aus Gesteinsfragmenten, Kieskomponenten und eben den Holzbruchstücken. Eine

Detailaufnahme mit einem aus der Aufschlußwand herausragenden Holzspan zeigt Abb. 25. Das Holz, fast nur in Form von kleinstückigen Fragmenten, ist zuweilen sehr frisch (Abb. 26), überwiegend aber mürbe und in der Regel stark verformt (Abb. 27) und mit dem lehmig-sandigen Material verwürgt. Möglich erscheint, daß Teile der mürben Holzstücke einer Torflage entstammen, die beim Impakt in den Auswurfprozeß mit einbezogen wurde. Die starke Verfaltung der Holzfasern (Abb. 28) könnte bei der Landung der Ejekta unter hohem Einbettungsdruck entstanden sein.



Abb. 24. Scharfer Übergang zwischen Ejekta und dem stark verfestigten ehemaligen Seeboden aus verlehmttem Kies. Die Ejekta-Schicht ist reich an organischem Material, vorherrschend Holz (die rötlich braunen Farben). Der Pfeil zeigt auf einen größeren, aus der Wand herausragenden Holzspan (Detail in Abb. 25). Länge des Markierungsstäbchens ca. 20 cm.

Fig. 24. Sharp contact between ejecta and strongly consolidated autochthonous ground composed of loamy gravel. The ejecta layer is high in organic matter, predominantly wood (the reddish-brownish colors). The arrow points to a splint, in close-up shown in Fig. 25. The marker is about 20 cm long.



Abb. 25. Detailaufnahme des eingebetteten Holzspans.
Fig. 25. Close-up of a splint embedded in the ejecta.



Abb. 26. Zersplitterte, relativ frische Holzfragmente aus der Impakt-Schicht. Länge des größten Spans ca. 12 cm.

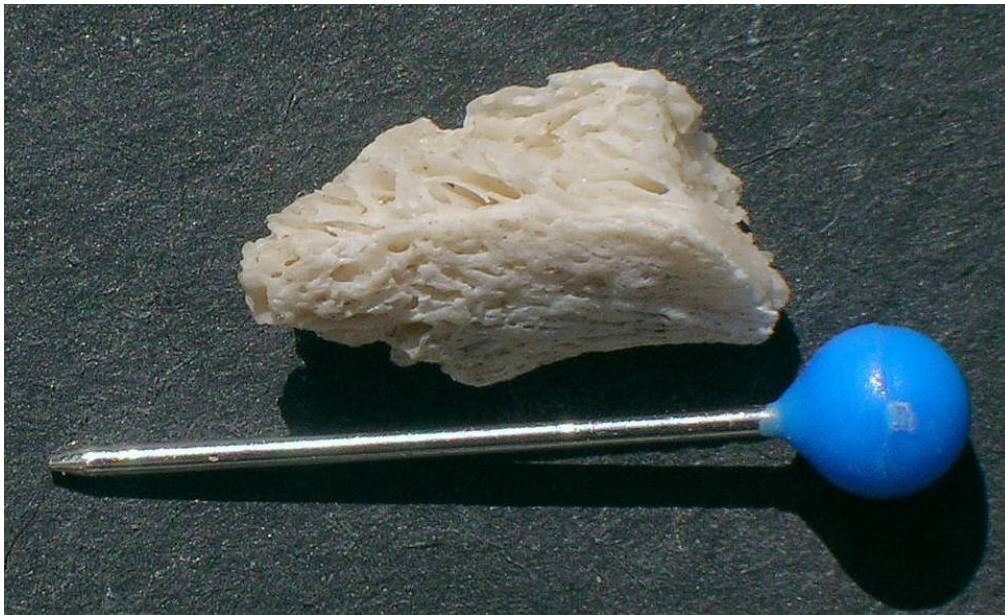
Fig. 26. Split, relatively fresh fragments of wood taken from the impact layer. The largest splint is about 12 cm long.



**Abb. 27. Weichere, stärker verformte Holzfragmente aus der Impakt-Schicht.
Fig. 27. Softer, deformed fragments of wood taken from the impact layer.**



**Abb. 28. Stark zusammengedrücktes Holzfragment mit Faltenbildung der Fasern. In geologischer Terminologie ausgedrückt, haben sich regelrechte Knickfalten gebildet (Pfeile).
Fig. 28. Strongly compressed splint exhibiting folding of the wood fibers. Geologically speaking, virtual kink folds have formed (arrows).**



**Abb. 29. Ein Knochenfragment aus der Impakt-Schicht.
Fig. 29. A bone fragment extracted from the impact layer.**

Ergänzend zu dem noch in der Gerichtsmedizin ruhenden, allerdings noch unbestätigten Knochenfund in Schurf 5, hat die Grabung von Schurf 7 ein eindeutiges Knochenfragment erbracht (Abb. 29), was zu Spekulationen anreizt, ob das Lebewesen Opfer des Impaktes wurde.

Neben diesen Besonderheiten des Schurfes 7 finden sich erneut die zerbrochenen und - vermutlich durch Säure - stark angelösten Komponenten. Insbesondere hier zeigt sich, daß auch die Gerölle aus Kristallingesteinen sehr stark mitgenommen sind, was sich darin äußert, daß sie vielfach mit den bloßen Händen zerbrochen und zerdrückt werden können (Abb. 30 - 33). In einem Fall konnte ein Amphibolitgeröll mit der bloßen Hand derart zusammengedrückt werden, daß rundum Wasser wie aus einem Schwamm austrat.



**Abb. 30. Vorher: Ein Gneisfragment eines alpinen Gerölls.
Fig. 30. Prior: A gneiss fragment of an Alpine cobble from the ejecta layer.**



Abb. 31. Nachher: das Fragment, mit den bloßen Händen zerdrückt.
Fig. 31. After it: the fragment squashed with the bare hand. The remarkable soft consistency of the crystalline rocks is explained by nitric acid corrosion (also see Figs. 32, 33).



Abb. 32. Ein mit den Händen zerbrochenes Amphibolitgeröll ...
Fig. 32. An amphibolite cobble from the impact layer fragmented by hand ...



Abb. 33. ... und mit der bloßen Hand zu Grus zermahlen.
Fig. 33. ... and powdered with the bare hand.

5 Zusammenfassung und Schlußfolgerungen

Bei den hier vorliegenden Ausführungen handelt es sich um einen vorläufigen Bericht über Ergebnisse von Schürfen, die im Rahmen der Forschungsarbeiten durch das Chiemgau Impact Research Team (CIRT) in der Umrandung des Tüttensees niedergebracht wurden. Ausgangspunkt waren die Beobachtungen aus dem Herbst 2005 mit dem Antreffen eines Impakthorizontes in einer Baugrube am Ortsrand von Grabenstätt, sowie die von zahlreichen Einheimischen gemachten Aussagen, daß im flachen Untergrund in der Umrahmung des Tüttensees immer wieder "eigenartige, komische, verrückte, unverständliche usw." Schichtlagerungen angetroffen werden. Ausgehend von der Annahme daß es sich bei dem Impakthorizont bei Grabenstätt um eine Schicht von Auswurfmassen aus dem Tüttensee-Krater über einem anstehenden quartären Untergrund handelt, sollten vergleichbare Schichten auch in anderen Azimuten mit Bezug zum Tüttensee zu erwarten sein.

Die neuen Schürfe befinden sich deshalb nahezu diametral zu den Aufschlüssen von Grabenstätt, allerdings in nur etwa der halben Entfernung, und sie zeigen eindrucksvolle Parallelen zu den Ergebnissen vom Herbst 2005. Der Impakthorizont wird in sehr großer Ähnlichkeit und mit einigen zusätzlichen Besonderheiten angetroffen. Wie im sog. Stefanutti-Schurf am Ortsrand von Grabenstätt finden sich die diamiktischen Ablagerungen mit scharfkantig zerbrochenen, aber vielfach kohärent gebliebenen Komponenten, sowie die extreme Korrosion von Klasten, die auf eine Salpetersäure-Lösung nach Säureniederschlägen aus der Impakt-Explosionswolke zurückgeführt wird. Es finden sich dieselben tiefgreifenden kohligen Imprägnationen von Klasten unterschiedlicher Lithologie, in denen im Stefanutti-Schurf röntgenographisch Graphit nachgewiesen wurde. Für die neuen Schürfe stehen die Untersuchungen dieses Materials noch aus.

Aufmerksamkeit erregen die neuen Schürfe insbesondere durch die Funde von z.T. exzellent erhaltenem organischen Material (Schilfhalme, unterschiedliche Haarbüschel; in einem Schurf reichlich Holz und ein Knochenfragment), das offenbar rasch, katastrophenartig unter Sauerstoffabschluß geriet und plombiert wurde.

Ob die gesamte als Ejekta bezeichnete Schicht in einem einzigen Ablagerungsvorgang entstand oder obere Schichten aus einer Ejekta-Umlagerung resultieren, möglicherweise kurz nach dem Impakt durch Flutwellen aus dem Chiemsee verursacht, muß weiteren Untersuchungen vorbehalten bleiben. Zumindest die unterste Schicht mit den scharfkantigen *in situ* Zerbrechungen sowie den tiefgreifenden Abgrusungen der Klasten unmittelbar auf dem autochthonen Untergrund kann kaum anders als durch eine unmittelbare Einbettung als landende Impaktejekta erklärt werden.

Die neuen Befunde sind ein weiterer, ganz maßgeblicher Baustein für die Modellvorstellung, daß sich der Tüttensee im Rahmen des Chiemgau-Impaktereignisses als ein meteoritischer Impaktkrater gebildet hat, wobei für die Hypothese einer Toteisgenese (Doppler & Geiß 2005) praktisch kein Platz mehr bleibt.

Literatur

CIRT, Chiemgau Impact Research Team (2005): Kommentar zu: Der Tüttensee im Chiemgau - Toteiskessel statt Impaktkrater, von Gerhard Doppler und Erwin Geiss (Bayerisches Geologisches Landesamt). <http://www.chiemgau-impact.com/kommentar.html>.

Doppler, G. & Geiss, E. (2005): Der Tüttensee im Chiemgau – Toteiskessel statt Impaktkrater. http://www.geologie2.bayern.de/app/media/user-files/1118154325830_tuettensee.pdf

Ernstson, K. (2005): Gravimetrische Untersuchungen bei Grabenstätt: Anzeichen für einen Impaktursprung des Tüttensee-Kraters (Chiemgau-Impakt) erhärtet. - <http://www.chiemgau-impact.com/gravimetrie.html>

Prinn, R. G., and Fegley, B. (1987): Bolide impacts, acid rain, and biospheric traumas at the Cretaceous-Tertiary boundary: - Earth and Planetary Science Letters, **83**, 1-15.

Schüssler et al. (2005): Das Impakt-Kraterstreufeld im Chiemgau. - Eur. J. Mineral. 17, Beih. 1: 124.

Stöffler & Langenhorst (1994): Shock metamorphism in quartz in nature and experiment: Basic observation and theory. - Meteoritics, 29, 155-181.