Chiemgau-Impakt: Petrographie und Geochemie von Geröllen mit Deformationsmerkmalen und starker thermischer Beanspruchung aus dem nördlichen Bereich des Impakt-Areals.

von U. Schüssler

(Petrographic and geochemical analyses of mechanically and thermally shocked cobbles from the northern area of the Chiemgau impact strewnfield)

Abstract. - 17 cobbles sampled from the nothern part of the cratered impact area have been studied by thin-section inspection and microprobe analyses. The cobbles from the Molasse sediments represent common rocks from the Alps like quartzites or basic metamorphic rocks (serpentinites). The thin sections clearly show that the cobbles have experienced shock metamorphism at high temperatures and pressures. We observe multiple sets of planar deformation features (PDFs) in quartz and feldspar, diaplectic SiO₂ glass and extreme subgrain formation. Heavy *in situ* tensile fracturing of whole rocks and quartz grains indicates spallation by dynamic shock pulses.

Melt glass is in general found in three different occurrences: as a thin crust in many cases completely coating the cobbles, as vesicular, partly recrystallized feldspar glass interspersing quartzite rocks, and as allochthonous melt lumps on the cobbles' surface.

The glass coating is assumed to have been formed on entering of excavated and ejected cobbles into the superheated explosion cloud. As the glass is considerably enriched in K and Na practically absent in the studied cobbles, an intermixing from burned-up or vaporized vegetation must be taken into consideration.

The field observations and lab analyses exclude normal tectonic processes as well as human activities but clearly establish a meteorite impact event.

1 Makroskopischer und Dünnschliff-Befund

Die Untersuchung hat insgesamt 17 verschiedene Gerölle aus dem Krater 004 bei Emmerting einbezogen. Bei ähnlichen Analyseresultaten wird jeweils nur eine repräsentative Probe vorgestellt.

Probe 004-1

Die Probe ist auf der Oberfläche stellenweise von einer dünnen Glasschicht überzogen; an einer Stelle sitzt auf der Oberfläche ein dunkelbrauner, mehrere cm großer glasiger, schlackeartiger Schmelzbatzen aus Fremdmaterial. Im Anschnitt (Abb. 1) ist die an sich helle Probe von einer Vielzahl kleiner, 1 mm dicker und maximal 1 cm langer dunkler Flasern durchsetzt. Längsachse des Gerölls 10 cm.



Abb. 1. Anschnitt der Probe 004-1.

Der Dünnschliff (Abb. 2, 3) zeigt ein Gestein, das ursprünglich aus Quarz und Feldspat bestand. Während der Quarz nahezu unverändert vorliegt, sind die ursprünglich feldspatreichen Partien über weite Bereiche in Glas umgewandelt. Dieser Effekt betrifft etwa 30-50 % des Gesteins. Innerhalb der verglasten Bereiche findet man nicht selten stark angegriffene Relikte der Feldspäte und kann deren Übergang zu Glas gut beobachten. Das Glas ist normalerweise farblos, im Zentrum der verglasten Bereiche ist es aber oft dunkel gefärbt, Ursache für die makroskopisch erkennbaren dunklen Flasern im Gestein. In diesen dunklen Bereichen treten mitunter Rekristallisierungserscheinungen in Form von sehr feinen, nadeligen Kristallen auf. Verschonte oder teilweise verschonte Feldspäte zeigen zwei auffällige Bruchsysteme in spitzem Winkel, von denen das eine eher planar, das zweite eher etwas gewellt auftritt. PDFs, diaplektisches Feldspatglas? Auffällig ist außerdem die Vielzahl kleiner Gasblasen, die das ganze Gestein durchdringen.



Abb. 2. Dünnschliffafnahme von 004-1. Schmelzbatzen: Nadelige Kristalle und kleine dunkle Erzminerale. Längskante ~ 0,5 mm.





Abb. 3, 4. Dünnschliffaufnahmen 004-1. Graue Feldspäte werden vom Glas (graubraun) verdrängt. Z.T. nadelige Rekristallisate, Gasblasen. Bildunterkannte entsprich ca. 0,5 mm.

Der der Oberfläche aufsitzende braune Batzen ist entlang der Grenzfläche intensiv mit dem Gestein verschweißt. Das schlackeartige Material besteht aus einer glasigmikrokristallinen Matrix, in der eine Vielzahl dünner, heller Kristallnädelchen rekristallisiert sind. Unter starker Vergrößerung (Abb. 4) erkennt man außerdem die große Menge an winzigen Erzmineralen, die ± gleichmäßig in der Matrix verteilt sind. Auffällig sind einige große Klinopyroxene als Reliktminerale. Auch der braune Batzen weist zahlreiche Gasblasen auf.

Probe 004-2

Die Probe ist ein nahezu reines Quarzitgeröll mit teilweise verglaster Oberfläche. Die Glasschicht ist makroskopisch und im Dünnschliff farblos.

Probe 004-3

Das ganze Geröll (Abb. 5; Längsachse 10 cm) ist auf der Oberfläche von einer farblosen, stellenweise etwas grünlichen, dünnen Glasschicht überzogen. Nach Dünnschliffbefund handelt es sich um einen Feldspat führenden Quarzit. Die Quarze sind alle stark zerbrochen und löschen extrem undulös aus. Im Dünnschliff erfaßt sind einige Reste des Glasüberzugs.

Einige ehemalige Quarze sind diaplektisch verglast (von senkrecht zur optischen Achse geschnittenen Quarzen konoskopisch unterscheidbar am fehlenden Achsenkreuz).

Optisch isotropes diaplektisches Quarzglas entsteht ohne jegliches Schmelzen bei sehr hohen Schockdrücken (einige 100 kbar = einige 10 GPa) durch eine Zerstörung des Kristallgitters. Fließgefüge und Blasen fehlen; dafür können Korngrenzen und Brüche erhalten sein. Gemäß dem gegenwärtigen Stand der Wissenschaft entstehen diaplektische Gläser in der Natur bei keinem endogenen geologischen Prozeß sondern allein durch Schockmetamorphose bei einem Impakt.



Abb. 5. Quarzitgeröll 004-3. Anschnitt und mit Glashaut überzogene Oberfläche.

Probe 004-4

Makroskopisch wie Probe 004-1: Geröll (Abb. 6; Längsachse 7 cm) mit Resten eines glasigen Überzugs und aufgekleckstem braunem, schlackeartigem Schmelzbatzen. Der Dünnschliff belegt eine fast reine quarzitische Zusammensetzung. Die Quarze sind wenig zerbrochen, zeigen aber deutliche undulöse Auslöschung und eine eigenartige, teilweise fast parallele Subkornbildung. Blockartige Subkornbildung parallel zu PDFs wird aus geschockten Quarzen der Charlevoix-Impaktstruktur in Kanada beschrieben (Treppmann & Spray 2004).



Abb. 6. Probe 004-4: Anschnitt und Schmelzbatzen auf Resten von glasigem Überzug.

Das Gestein selbst ist deutlich von Rissen durchzogen, die sich gewöhnlich entlang der Korngrenzen, seltener quer durch die Quarzkörner verfolgen lassen. Am Rand des Gerölls unterhalb des Glasüberzugs sind die Quarze allerdings deutlich zerbrochen, möglicherweise durch einen thermischen Schock hervorgerufen. Der braune Batzen zeigt eine glasig-mikrokristalline Matrix analog Probe 004-1 mit hellen Nadeln, winzigen Erzmineralen, Gasblasen und mit großen Reliktmineralen aus Plagioklas und Klinopyroxen (Abb. 7, 8).



Abb. 7. Dünnschliffaufnahme von 004-4. Klinopyroxen (hell) und Albit (grau) als Reliktminerale in der feinkörnigen Matrix des Schmelzbatzens, außerdem graue Gasblasen. Längskante etwa 2 mm.



Abb. 8. Dünnschliffaufnahme von 004-4. Von links oben nach rechts unten Querschnitt durch den Schmelzbatzen mit feinkörnige- glasiger Matrix, darin Gasblasen und Reliktminerale (Pyroxene, Albit), Längskante ~ 4 mm.

Probe 004-5

Aus zwei verschiedenen Gesteinen bestehendes Geröll, einem helleren, quarzitischen und einem dunkleren (Abb. 9). Auf der Gerölloberfläche sind Reste einer blasigen Glaskruste zu beobachten. Der dunklere Teil des Gerölls ist, im Querschnitt erkennbar, an einer Seite extrem von Blasen durchzogen. Der flache Rand des Gerölls zeigt eine mm-dicke orangerote Zone, wie man sie von gefritteten Gesteinen kennt. Unter dem Mikroskop sieht man, dass die Quarze des quarzitischen Teils z.T. sehr stark zerbrochen sind. Außerdem ist eine extrem starke undulöse Auslöschung und Subkornbildung zu beobachten. Ein beträchtlicher Teil der Quarze zeigt außerdem planare Deformationselemente (PDFs) (Abb. 10). Der dunklere Gesteinstyp ist ein Quarz-Feldspat-Gestein, bei dem die Feldspäte analog zu Probe 004-1 alle Übergänge der Zersetzung bis hin zur Verglasung zeigen. Wie bei der ersten Probe sind auch hier die Glaspartien z.T. dunkel, was das dunklere Aussehen dieses Gesteins verursacht. Das ganze Gestein ist extrem mit Gasblasen durchzogen (Abb. 11).



Abb. 9. Probe 004-5 im Anschnitt. Links oben Blasen im Gestein, dunkle Glasschmitzen; unten gefritteter Rand, oben heller Quarzit, Geröllausschnitt 5 cm.



Abb. 10. Planare Deformationselemente (planar deformation features, PDFs) im Quarz des Quarzits von 004-5, Längskante 1,5 mm. Die leicht gebogenen PDFs zeichnen das plastisch deformierte Kristallgitter des Quarzes nach.



Abb. 11. Glas und Gasblasen im dunklen Geröllteil von Abb. 9, Längskante etwa 5 mm.

Probe 004-6

Dunkles Geröll mit aufgekleckstem, braunem, schlackeartigem Schmelzbatzen (Abb.12). Im Querschnitt hebt sich der Schmelzbatzen zwar deutlich vom eigentlichen Geröll ab, allerdings setzen sich große Gasblasen mehrere cm weit ins Geröll hinein fort. Kleine Gasblasen sind auch makroskopisch im gesamten Gestein erkennbar. Unter dem Mikroskop entspricht der aufgekleckste Schmelzbatzen denen der Proben 004-1 und 004-4, allerdings ist die Matrix deutlich weniger rekristallisiert, der Schmelzanteil ist durch größere Glasanteile repräsentiert. Als Rekristallisat treten wieder die hellen nadeligKristalle auf. Als Relikte findet man in diesem Schmelzbatzen im Gegensatz zu den beschrie-benen Proben nur Fragmente eines Quarzits, z.T. verglast und wie die Matrix von Gasblasen durchdrungen.

Das Gestein des Gerölls ist kaum zu identifizieren. Ehemals größere Minerale, anscheinend mit magmatischer Textur (Restevon tafeligen Plagioklasen erkennbar), wurden durch extrem feinkörniges Material ersetzt, dessen bunte Interferenzfarben eine eher basische Zusammensetzung andeuten. Der Übergang von dem glasigmikrokristallinen Schmelzbatzen zum mikrokristallinen Geröll ist nicht scharf erkennbar, zumal auch das ganze Geröll intensiv von größeren Gasblasen durchdrungen ist. Es ist allerding derzeit nicht sicher, ob diese gesamte intensive Überprägung auf das Impaktereignis zurückzuführen ist.



Abb. 12. Anschnitt des Gerölls 004-6.

Probe 004-7

Feinkörniger Quarzit mit Resten einer Glaskruste auf der Oberfläche. Im Dünnschliff keine auffälligen Impaktmerkmale (gelegentlich diaplektisches Glas wäre zu prüfen, hoher Anteil an Fluideinschlüssen in vielen Quarzen). Ohne Bild.

Probe 004-8



Abb. 13. Anschnitt der Probe 004-8. Längsachse 6 cm.

Inhomogenes, hell-dunkel "gebändertes" Geröll mit aufsitzendem blasigem Schmelzbatzen (Abb. 13).

Mikroskop: Die Matrix des Schmelzbatzens ähnelt den schon beschriebenen Batzen, ist allerdings ganz ohne Reliktminerale, aber sehr blasig. Vor allem im Übergangsbereich zum Geröll treten jetzt auch gelbgrüne-blassgrüne nadelige Rekristallisate auf (Pleochroismus, bunte Interferenzfarben, schiefe Auslöschung bei niedrigem Winkel deuten auf Amphibole.).



Abb. 14. Übergang von quarzitischem Bereich links oben zu glasigem Bereich mit länglichen Blasen, die als Übergänge zu Spallationsrissen interpretiert werden könnten. Längskante ~ 6 mm.



Abb. 15. Ader mit teilweise rekristallisiertem Glas, Gasblasen und hellem Quarz, Längkante ~ 1,3 mm.

Das Geröll selbst (Abb. 13) ist weitgehend thermisch zerstört. Die hellen Bänder sind reliktische Quarzitpartien, die dunklen Bänder bestehen im Wesentlichen aus Glas oder aus mikrokristallin aus dem Glas rekristallisiertem Material, zum Teil auch aus Reliktmineralen (kaum mehr zu identifizieren, wahrscheinlich Feldspäte) [Mikroskop: Abb. 14, 15]. Ganz schwarze Partien könnten auch Erzminerale enthalten. Prinzipiell könnte diese Art von Geröll das Ausgangsmaterial für quarzitführende Schmelzbatzen sein, wie wir sie bei Probe 004-6 vorfinden.

Probe 004-9

Brauner Schmelzbatzen, isoliert. Extrem blasig, unter dem Mikroskop mit glasigmikrokristalliner Matrix analog zum Schmelzbatzen der Probe 004-8, mit gelblichgrünlichen Nadeln, fast ohne Reliktminerale. Ohne Bild.

Probe 004-10:



Abb. 16. Anschnitt Probe 004-10; Längsachse 4,5 cm.

Kleines Geröll, an der Oberfläche von (Spallations-) Rissen gekennzeichnet (Abb. 16). Diese länglichen, in ihrer Längserstreckung begrenzten Risse finden sich auch im Querschnitt im Gesteinsinneren wieder. Das Gestein ist außerdem intensiv von Blasen durchsetzt, die sich in fließendem Übergang zu Spallationsrissen ausdehnen können. Im Dünnschliff wird die große Zahl der Blasen noch deutlicher. Es handelt es sich um ein stark quarzführendes Gestein. Der Quarz ist gut erhalten, die übrigen mineralischen Bestandteile wurden offensichtlich aufgeschmolzen und sind zum Großteil als mikrokristalline Matrix rekristallisiert. Die Quarzkörner sind oft in zwei oder drei Teile zerbrochen, wobei die Einzelteile wenige zehner Mikrometer auseinandergezerrt wurden (Spallation). Die Lücken sind durch rekristallisierte Schmelze ausgefüllt (Abb. 17, 18). - Zum Prozeß der **Spallation** bei Schockbeanspruchung siehe z.B. <u>http://www.chiemgau-</u>

impakt.de/2011/08/25/schock-spallation-ein-typischer-impaktprozess-im-chiemgauermeteoritenkrater-streufeld/.





Abb. 17, 18. Aufgrund von Spallation zerrissene Quarzkörner, Längskanten der Fotos ~ 0,8 mm. Die Spallationsrisse sind mit rekristallisiertem Glas gefüllt.

Die Proben 11-14 gehören nicht zum Krater 004.

Probe 004-15



Abb. 19. Anschnitt der Probe 004-15.

Was mit diesem Gestein passiert ist, ist noch nicht ganz klar. Makroskopisch und im Querschnitt (Abb. 19) sieht es aus wie ein Kalkgeröll aus den Kalkalpen. Unter dem Mikroskop (Abb. 20) sieht man, dass das Gestein extrem zerbrochen ist; die polygonartigen Bruckstücke bilden eine Art Mörtel-Textur. Dabei findet man auf allen Rissen, z.T. aber auch innerhalb der Bruchstücke Karbonat. Ein Großteil der Bruchstücke besteht aber aus einem sehr feinkörnigen, grauen Schichtsilikat. Dieses hat das Karbonat verdrängt. Reste von Mikrofossilien deuten darauf hin, dass das Karbonat das primäre Material ist. Da in der Mörteltextur ein Zusammenhang mit dem Impakt zu sehen ist und die Risse der Textur mit Karbonat gefüllt sind, dürfte der ganze Vorgang Impakt-bezogen sein. Eine genauere Analytik (Mikrosonde, Röntgendiffraktometrie) ist vorgesehen.



Abb. 20. Dünnschliffaufnahme der Probe 004-15. ?Mörteltextur, Kalk mit Resten von Mikrofossilien, z.T. von feinkörnigen Schichtsilikaten verdrängt (nicht sichtbar), Längskante ~ 2 mm.

Probe 004-16

Großes Quarzitgeröll, stark von Rissen durchzogen. Im Querschnitt ist erkennbar, dass die offenen Risse von dunklem Material gefüllt sind. Unter dem Mikroskop sind keine unmittelbar zweifelsfrei Impakt-bezogenen Merkmale erkennbar. Die Quarze des Quarzits löschen deutlich undulös aus, die Subkornbildung in z.T. paralleler Richtung ist auffällig. Das Gestein ist von zahlreichen kleinen Rissen durchzogen. Rissfüllungen sind udM nicht identifizierbar, braun, z.T. vielleicht glasig (wär nachzuprüfen). Die selten vorhandene Feldspäte sind gänzlich unzerstört. Ohne Bild.

Probe 004-17

Sehr feinkörniges Geröll (Abb. 21) mit leichten Verglasungsspuren auf der Oberfläche. Im Querschnitt hellgrau, schwarz getüpfelt. Im Dünnschliff erkennt man einen feinkörnigen Quarzit (± Feldspat), alle dunklen Tüpfel sind kleine verglaste Bereiche. Das Gestein ist der Probe 004-1 prinzipiell ähnlich, die Verglasung ist aber nicht so extensiv.



Abb. 21. Anschnitt der Probe 004-17.

Probe 004-18:

Quarzitgeröll, stark von Rissen durchzogen, dunkle Rissfüllungen (vgl. 004-16). Auf der Oberfläche wenige Reste einer dünnen Glaskruste erkennbar. Auch udM analog zu Probe 004-16. Ohne Bild.

Probe 004-19



Abb. 22. Anschnitt der Probe 004-19.

Dunkles Geröll (Abb. 21; Längsachse 6 cm) mit Rissen und Blasen auf der Oberfläche. Im Querschnitt wird ein sehr blasenreiches Gestein erkennbar. Die Blasen weiten sich z.T. zu kleinen Rissen aus. Die an der Oberfläche beobachteten Risse setzen sich als kleine "Scherbahnen" durch den Querschnitt fort (Pfeile), wobei die Blasen im Gestein durch diese Bahnen verformt werden.

Im Dünnschliff wird ein extrem blasiges Gestein sichtbar. An Mineralen sind lediglich die Quarze unzerstört, aber mechanisch beansprucht (Auslöschung, Subkornbildung). Alle anderen Bestandteile befinden sich mehr oder weniger im Zustand der Verglasung, manchmal vollständig, manchmal mit mineralischen Relikten. Die verglasten Partien sind häufig dunkelbraun, daher die Gesteinsfarbe.

Probe 004-20

Quarzitgeröll, makroskopisch wie 004-18, udM Quarz sehr wenig strapaziert. Ohne Bild.

Probe 004-21 (Ab. 23)



Abb. 23. Quarzitgeröll, Längsachse 12 cm, auf der Oberfläche großflächig Reste einer Glastkruste erhalten (Längskannte Foto ca. 2 cm). Makroskopisch ansonsten wie 004-18 und 004-20, udM Quarz etwas stärker beansprucht als bei 004-20, aber nicht offensichtlich Impakt-relevant verändert.

2 Mikrosonden-Analytik

Von den Proben des Kraters 004 wurden analysiert:

Probe 004-1: Untersuchung der verglasten Bereiche im Geröll und des aufgeklecksten braunen Schmelzbatzens.

Probe 004-2 und -3: Untersuchung der Glaskrustenreste auf dem Geröll

Probe 004-4: Untersuchung des aufgeklecksten braunen Schmelzbatzens.

2.0 Elektronenstrahl-Mikrosonde: Erläuterung zur Methode

Eine gut polierte Oberfläche eines Dünnschliffs oder eines Anschliffs wird mit einem fein fokussierten Elektronenstrahl beschossen. Anwendungen:

(1) Wenn man den Elektronenstrahl über eine bestimmte Fläche rastern läßt, dann kann man auf einem Bildschirm die Ausbeute sogenannter Rückstreuelektronen sichtbar machen (BSE = backscattered electrons). Diese ist abhängig von der chemischen Zusammensetzung. Man erhält also ein Bild, auf dem chemische Unterschiede im Bereich der abgerasterten Fläche sichtbar werden. Diese Anwendung ist besonders geeignet, um z.B. in vorliegenden Proben kleine Fe_xSi_Y-Partikel in einer Matrix mit anderem Chemismus zu finden.

(2) Wenn man mit dem Elektronenstrahl eine ganz bestimmte Stelle anschießt, dann kann diese Stelle der Probenoberfläche chemisch analysiert werden. Der Elektronenstrahl hat einen Durchmesser von etwa 1 μ m, und die Elektronen dringen etwa genauso weit in die Probe ein, so dass letztlich ein sehr oberflächennahes Volumen von 1-2 μ m³ analysiert wird. Die Analyse erfolgt über elementcharakteristische Röntgenstrahlung, die von der Probe bei Elektronenbeschuß abgestrahlt wird. Eine Betrachtung des abgestrahlten Röntgenspektrums erlaubt eine qualitative Analytik (welche Elemente sind in der Proben enthalten?), bei einem Vergleich mit Eichstandards kann eine quantitative Analytik betrieben werden (in welcher Konzentration liegen die Elemente in der Probe vor?). Die relative Abweichung (Messfehler) ist kleiner als 1 % des Messwerts bei Hauptelementen. Die Nachweisgrenze liegt etwa bei 0.05 bis 0.1 Gew. %.

2.1 Glaskrustenreste auf den Geröllen 004-2 und 004-3:

Die Dicke der Glasschichten liegt bei 300 bis 400 μ m. Bei qualitativen Tests wurden nur die Elemente/Oxide identifiziert, die dann auch quantitativ gemessen wurden (Tabelle). Die Hauptbestandteile sind SiO₂, CaO und K₂O. FeO und Al₂O₃ sind in sehr variablen Konzentrationen enthalten. Die FeO-Gehalte sind fast durchwegs deutlich zu hoch, um eine Verglasung im Rahmen alter Glasverarbeitung in Betracht zu ziehen. An einer Stelle (004-2-C) besteht das Glas bis auf Spurengehalte der anderen Oxide nur aus SiO₂, CaO und K₂O. Diese Analysen erlauben eine Abschätzung der



Abb. 22. Analyse 004-2-C im Dreistoffsystem $SiO_2 - CaO - K_2O$ und minimale Schmelztemperatur (roter Punkt).

Schmelztemperatur im entsprechenden Dreistoffsystem (Abbildung). Die Bestandteile werden auf 100 normiert und im Dreiecksdiagramm eingetragen. Die Schmelztemperatur für diese Glaszusammensetzung liegt demnach bei knapp 1000°C, was als Minimum anzusehen ist für die Temperatur, die diese Gerölle gesehen haben. Ein Test der Zusammensetzung der Gerölle zeigt, dass es sich bei der Probe 004-2 um einen reinen Quarzit, bei der Probe 004-3 um einen unreinen Quarzit handelt. Zumindest für Probe 004-2 kann ausgeschlossen werden, dass die Glaskruste durch eine in-situ Aufschmelzung des Gesteins entstand. K₂O und CaO müssen aus anderen, externen Quellen stammen. Dasselbe gilt wohl auch für Probe 004-3. Diese Probe enthält zwar einige Kalifeldspäte, diese sind aber wie in Probe 004-1 im Gestein direkt verglast.

Krater 00)4: Probe	n 2 und 3,	Glaskrus	ste					
Gew.%	004-2-B	004-2-B	004-2-B	004-2-B	004-2-B	004-2-B	004-2-B	004-2-B	
SiO ₂	67.05	68.76	70.47	69.60	69.47	72.57	68.10	68.49	
TiO₂	0.10	0.11	0.12	0.14	0.06	0.31	0.18	0.19	
Al ₂ O ₃	1.06	1.82	2.83	1.98	1.22	3.62	1.32	1.89	
MgO	0.57	0.52	0.55	0.47	0.52	0.50	0.67	0.65	
CaO	9.24	7.05	5.89	6.89	8.10	5.18	10.22	9.71	
MnO	0.19	0.22	0.23	0.21	0.24	0.18	0.33	0.34	
FeO	3.93	4.32	3.75	4.30	3.86	2.34	2.09	1.57	
Na₂O	0.66	0.57	0.56	0.57	0.63	0.52	0.65	0.71	
K ₂ O	14.37	14.15	13.99	14.02	13.99	13.21	14.24	14.47	
Summe	97.17	97.52	98.39	98.18	98.09	98.43	97.80	98.02	
Gew.%	004-2-C	004-2-C	004-2-C	004-2-C	004-2-C	004-2-C			
SiO ₂	72.04	70.16	71.03	72.26	70.53	71.57			
TiO ₂	0.23	0.21	0.31	0.26	0.19	0.20			
	0.64	0.92	1.22	0.85	0.91	0.92			
MgO	0.58	0.67	0.64	0.69	0.63	0.61			
CaO	6.91	7.69	7.31	6.94	7.63	7.41			
MnO	0.16	0.16	0.17	0.14	0.13	0.20			
FeO	0.47	0.34	0.37	0.42	0.32	0.41			
Na₂O	0.82	0.74	0.84	0.77	0.81	0.72			
K ₂ O	15.91	16.11	15.76	15.67	15.93	15.48			
Summe	97.76	97.00	97.65	98.00	97.08	97.52			
SiO2	75.94	74.67	75.48	76.17	74.96	75.77			
CaO	7.28	8.18	7.77	7.32	8.11	7.84			
K2O	16.77	17.15	16.75	16.52	16.93	16.39			
	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00			
Gew.%	004-2-D	004-2-D	004-2-D	004-2-D		004-3-A	004-3-A	004-3-A	004-3-A
SiO ₂	70.19	69.65	71.49	69.49		75.63	67.76	76.09	77.26
TiO ₂	0.19	0.25	0.23	0.25		0.07	0.00	0.00	0.00
	1.74	1.61	1.30	1.72		2.04	5.32	3.48	1.43
MgO	0.58	0.68	0.53	0.59		0.32	0.14	0.12	0.24
CaO	5.25	5.55	5.78	6.41		2.14	0.10	0.24	1.50
MnO	0.12	0.20	0.18	0.12		0.00	0.00	0.00	0.00
FeO	3.18	3.06	3.07	3.06		0.63	7.78	1.69	0.56
Na₂O	0.58	0.60	0.52	0.60		1.13	0.37	1.04	1.07
K ₂ O	15.19	14.99	14.38	14.81		15.28	14.17	13.29	13.55
Summe	97.02	96.59	97.48	97.05		97.24	95.64	95.95	95.61

2.2 Verglasungen im Gestein des Gerölls 004-1:

Die weiter oben beschriebenen Verglasungen der Probe 004-1 sind makroskopisch im Anschnitt als dunkle Schmitzen erkennbar (Abb. 1). Die dunklen Anteile stellen dabei aber nur den Kern von größeren Bereichen dar, die ganz oder annähernd vollständig verglast sind. Das Glas in der Umgebung der dunklen Anteile ist hell bzw. farblos. Vier verglaste Bereiche (0-3) wurden mit der Mikrosonde analysiert. Die dunklen Anteile sind eindeutig durch Fe gefärbt und zeigen dabei deutlich variierende Anteile an fast allen beteiligten Oxiden. Die hellen Gläser sind dagegen chemisch sehr viel einheitlicher. In ihrer Zusammensetzung zeigen sie sehr große Ähnlichkeit mit Alkalifeldspäten (K-Na-Feldspatreihe). In der Tabelle wurde versucht, aus den Glasanalysen die Mineralformel für Feldspäte zu errechnen, was weitestgehend zu vernünftigen resultaten führt. Die AlSi3-Position ist fast optimal mit 4 Atomen besetzt (3.997 bis 4.020). Die NaK(Ca)-Position ist unterbesetzt. Sie sollte 1 ergeben, variiert aber zwischen 0.849 und 0.986. Das ist sicherlich auf eine gewisse Abreicherung der Alkalien während der Verglasung zurückzuführen. Insgesamt belegen die Analysen aber den Befund aus den Dünnschliffen, nämlich die Verglasung von Feldspäten. Hierbei lassen sich nur sehr bedingt Rückschlüsse auf die Temperaturen treffen. Reiner Albit, das Na-Endglied der Alkalifeldspäte, schmilzt bei 1100°C, reiner Kalifeldspat bei etwa 1150°C. Eine Mischung beider, wie sie den Analysen zufolge vorliegt, schmilzt bei etwa 1050 - 1070°C. Diese Schmelztemperaturen gelten allerdings nur bei Atmosphärendruck. Eine Druckerhöhung kann den Schmelzpunkt deutlich absenken. Für eine Charakterisierung der Schmelzbildung unter Schockbedingungen sind normale petrologische Zustandsdiagramme wahrscheinlich eher ungeeignet.

Probe 004-1,	verglaste Be	ereiche im	Gestein, h	nelle Berei	che			
Gew.%	0	1	1	1	2	2	3	3
SiO ₂	66.97	67.25	66.76	66.40	65.16	66.11	65.29	64.94
Al ₂ O ₃	19.36	19.30	19.67	19.21	20.26	19.36	19.15	19.37
MgO	0.07	0.23	0.00	0.00	0.24	0.18	0.12	0.10
CaO	0.65	0.46	0.76	0.81	0.63	0.36	0.63	0.75
MnO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.10	0.09	0.00
FeO	0.42	0.98	0.16	0.26	0.57	0.72	0.60	0.67
Na₂O	6.43	5.80	6.58	6.52	6.56	6.48	5.01	5.73
K ₂ O	5.21	5.27	5.30	5.12	5.14	5.07	7.13	7.05
Summe	99.11	99.29	99.23	98.32	98.56	98.38	98.02	98.61
Sauerstoffba	sis 8 für Felo	dspat: (Na	ı,K)[AlSi₃O	8]				
Si	2.995	3.001	2.984	2.994	2.940	2.983	2.980	2.957
AI	1.020	1.015	1.036	1.021	1.077	1.030	1.030	1.040
Summe	4.015	4.016	4.020	4.015	4.017	4.013	4.010	3.997
Mg	0.005	0.015	0.000	0.000	0.016	0.012	0.008	0.007
Ca	0.031	0.022	0.036	0.039	0.030	0.017	0.031	0.037
Mn	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.004	0.003	0.000

Fe	0.016	0.037	0.006	0.010	0.022	0.027	0.023	0.026
Na	0.558	0.502	0.570	0.570	0.574	0.567	0.443	0.506
К	0.239	0.300	0.302	0.295	0.296	0.292	0.415	0.410
Summe	0.849	0.876	0.914	0.914	0.938	0.919	0.923	0.986
Summe	4.864	4.892	4.934	4.929	4.955	4.932	4.933	4.983
Probe 004-1,	verglaste Be	ereiche im	Gestein, c	lunkle Ber	eiche			
Gew.%	0	1	1	1	2	2	3	3
SiO ₂	58.60	58.58	58.85	59.63	55.61	50.71	59.67	58.15
TiO₂	1.24	1.29	1.05	0.90	0.00	0.00	1.02	0.20
Al ₂ O ₃	16.97	17.34	18.08	17.93	22.43	28.06	17.41	17.33
MgO	2.22	1.83	2.01	1.87	1.89	3.27	1.71	1.39
CaO	1.80	1.67	1.60	1.61	1.33	0.62	2.18	2.18
MnO	0.31	0.23	0.23	0.18	0.81	0.47	0.15	0.69
FeO	10.00	9.31	8.83	7.80	7.20	6.82	6.83	7.69
Na₂O	4.80	5.05	5.15	5.46	6.32	5.47	4.83	4.86
K ₂ O	2.87	2.90	3.17	2.88	2.92	3.69	4.98	4.68
Summe	98.81	98.20	98.97	98.26	98.51	99.11	98.78	97.17

2.3 Schlackenartige braune Schmelzbatzen auf den Geröllen 004-1 und 004-4:

Im Rückstreuelektronenbild erkennt man, dass die Matrix der Schmelzbatzen beider Proben aus drei chemisch unterschiedlichen Komponenten besteht. Auch schon im Lichtmikroskop auffällig sind dünne, nadelige Feldspatleistchen von bis zu 40 µm Länge und maximal 10 µm Breite, die aus der Schmelze rekristallisiert sind. Diese bestehen aus einem intermediären Plagioklas (Na-Ca-Feldspat), der bei Probe 004-1 im Grenzbereich zwischen Andesin und Labradorit, bei Probe 004-4 satt im Bereich des Andesins liegt. Die Analysen sind hinsichtlich der Mineralformel nicht optimal, außerdem sind die Fe-Gehalte ungewöhnlich hoch. Die Ursache dafür dürfte in der geringen Breite der Leistchen liegen, die sich nahe am Grenzbereich des räumlichen Auflösungsvermögens der Mikrosonde bewegt. Der Fe-Gehalt ist daher auf Fluoreszenzstrahlung aus der Umgebung der Leistchen zurückzuführen.

Als weitere Matrixkomponente tritt sehr feinkörniger Spinell auf, der entweder idiomorph oder in Skelettform gewachsen ist. Dominierendes Endglied ist ein Titanomagnetit mit TiO₂-Gehalten um 10-14 Gew.% in Probe 004-1 und um 25 Gew.% in Probe 004-4. Deutlich untergeordnetes Endglied ist der Al-Mg Spinell. Auch hier sind die Formelbesetzungen nicht optimal, was einerseits wieder auf die geringe Größe der Kristalle zurückzuführen ist. Andererseits ist eine unvollkommene Formelbesetzung auch typisch für Kristalle, die schnell aus einer abkühlenden Schmelze gewachsen sind.

In den Zwickeln zwischen Feldspatleistchen und Spinellen tritt eine weitere, unregelmäßig geformte, maximal 20 µm große Silikatkomponente mit Ca-Fe-Mg-Tireicher Zusammensetzung auf, die z.T. eine recht gute Pyroxenstöchiometrie aufweist, an anderen Stellen aber wiederum deutlich davon abweicht. Insgesamt ist diese Komponente chemisch stark variabel. Es könnte sich um Glas mit Pyroxen- und Amphibol-ähnlicher Zusammensetzung handeln, möglicherweise mit Beteiligung kristallisierter Pyroxene und Amphibole.

In dieser Matrix findet man große reliktische Kristalle aus Klinopyroxen und Feldspat. Diese Kristalle wurden während des Thermoschocks nicht aufgeschmolzen, sondern repräsentieren noch Relikte des Ausgangsgesteins. Der Feldspat ist ein nahezu reiner Albit und unterscheidet sich damit deutlich von den rekristallisierten Leistchen. Der Pyroxen liegt chemisch im Bereich eines Mg-Ca-reichen Augits nahe am Übergang zu Diopsid.

Aus der mineralogischen und chemischen Zusammensetzung der Matrix und der Reliktminerale ergibt sich, dass es sich beim Ausgangsgestein sehr wahrscheinlich um einen basischen (Meta-)Vulkanit handelt.

004-1 und 004	004-1 und 004-4 Schmelzklecks, rekristallisierte Feldspatleistchen												
Gew.%	004-1	004-1	004-1	004-4-B	004-4-B	004-4-B	004-4-B						
SiO ₂	53.82	54.45	52.89	58.11	59.75	57.64	58.55						
Al ₂ O ₃	26.71	25.98	26.84	24.93	25.38	25.27	25.46						
MgO	0.27	0.18	0.13	0.09	0.09	0.09	0.10						
CaO	10.94	10.36	11.27	7.89	7.90	8.24	8.23						
FeO	1.67	1.60	1.57	1.04	0.99	1.07	1.00						
Na₂O	4.64	5.11	4.69	6.69	7.16	6.66	7.07						
K ₂ O	0.19	0.22	0.18	0.12	0.12	0.16	0.10						
Summe	98.24	97.90	97.57	98.87	101.39	99.13	100.51						
Feldspatform	el auf der	r Sauerst	offbasis 8										
Si	2.489	2.523	2.467	2.637	2.643	2.615	2.619						
AI	1.456	1.419	1.475	1.333	1.324	1.351	1.343						
Summe	3.945	3.942	3.942	3.970	3.967	3.966	3.962						
Mg	0.019	0.013	0.009	0.006	0.006	0.006	0.007						
Са	0.542	0.514	0.563	0.384	0.374	0.400	0.394						
Fe	0.064	0.062	0.061	0.040	0.037	0.041	0.037						
Na	0.416	0.460	0.425	0.588	0.615	0.586	0.613						
κ	0.011	0.013	0.011	0.007	0.007	0.009	0.006						
Summe	1.052	1.062	1.069	1.025	1.039	1.042	1.057						
Summe	4.997	5.004	5.011	4.995	5.006	5.008	5.019						

004-1 Schme	lzklecks,	Magnetit						
Gew.%	004-1	004-1	004-1	004-1	004-1	004-1	004-1	004-1
SiO ₂	0.20	0.09	0.12	0.15	0.16	0.17	0.18	0.10
TiO ₂	10.66	10.42	4.57	10.77	9.72	12.00	14.22	14.70
Al ₂ O ₃	2.39	1.95	3.47	3.41	1.92	1.71	2.61	1.87
Cr ₂ O ₃	0.71	0.23	0.11	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Fe ₂ O ₃	55.94	58.98	64.68	55.20	58.68	56.55	53.05	53.09
MgO	3.77	5.59	8.54	4.66	4.55	4.48	4.95	4.69
CaO	0.30	0.25	0.22	0.22	0.24	0.26	0.27	0.23
MnO	0.56	0.64	0.82	0.63	0.66	0.70	0.60	0.66
FeO	25.94	23.41	17.98	24.58	24.63	24.95	24.49	24.62
NiO	0.09	0.00	0.13	0.00	0.00	0.00	0.12	0.06
Summe	100.56	101.56	100.64	99.62	100.56	100.82	100.49	100.02
Spinellforme	l auf der	Sauerstoff	basis 4					
Si	0.007	0.003	0.004	0.005	0.006	0.006	0.006	0.004
Ті	0.284	0.273	0.119	0.286	0.259	0.318	0.372	0.388
AI	0.100	0.080	0.142	0.142	0.080	0.071	0.107	0.077
Cr	0.020	0.006	0.003	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Fe ³⁺	1.492	1.546	1.690	1.469	1.566	1.498	1.389	1.402
Summe	1.903	1.908	1.958	1.902	1.911	1.893	1.874	1.871
Mg	0.199	0.290	0.442	0.246	0.241	0.235	0.257	0.245
Ca	0.011	0.009	0.008	0.008	0.009	0.010	0.010	0.008
Mn	0.017	0.019	0.024	0.019	0.020	0.021	0.018	0.020
Fe ²⁺	0.769	0.682	0.522	0.727	0.731	0.734	0.712	0.722
Ni	0.003	0.000	0.004	0.000	0.000	0.000	0.003	0.002
Summe	0.999	1.000	1.000	1.000	1.001	1.000	1.000	0.997
Summe	2.902	2.908	2.958	2.902	2.912	2.893	2.874	2.868

004-4 Sc	hmelzkleck	ks, Magnet	tit	
Gew.%	004-4-B	004-4-B	004-4-B	004-4-B
SiO ₂	0.98	0.18	0.38	2.92
TiO ₂	25.02	24.46	25.51	25.11
Al ₂ O ₃	0.63	0.61	0.54	0.92
Cr ₂ O ₃	0.00	0.16	0.09	0.20
Fe ₂ O ₃	41.54	42.45	41.79	38.65
MgO	1.37	1.67	1.83	1.57

CaO	0.34	0.29	0.38	0.30
MnO	0.69	0.56	0.59	0.62
FeO	31.34	30.51	30.40	31.60
NiO	0.00	0.00	0.00	0.12
Summe	101.91	100.89	101.51	102.01
Spinellfor	mel auf de	r Sauersto	offbasis 4	
Si	0.034	0.006	0.013	0.098
Ti	0.645	0.639	0.659	0.636
AI	0.025	0.025	0.022	0.037
Cr	0.000	0.004	0.002	0.005
Fe ³⁺	1.070	1.110	1.080	0.979
Summe	1.774	1.784	1.776	1.755
Mg	0.070	0.086	0.094	0.079
Ca	0.012	0.011	0.014	0.011
Mn	0.020	0.016	0.017	0.018
Fe ²⁺	0.898	0.886	0.873	0.890
Ni	0.000	0.000	0.000	0.003
Summe	1.000	0.999	0.998	1.001
Summe	2.774	2.783	2.774	2.756

Gew.%	004-1	004-1	004-1	004-1	004-1	004-1	004-1	004-1
SiO ₂	42.49	44.40	45.04	42.92	53.17	46.61	50.59	51.54
TiO ₂	5.12	5.06	5.70	4.59	4.10	2.13	2.29	4.11
Al ₂ O ₃	4.85	4.56	5.53	5.79	11.33	23.48	21.83	11.50
Cr ₂ O ₃	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
MgO	10.96	11.08	11.35	13.81	8.49	2.85	3.08	6.31
CaO	21.26	20.79	19.23	20.28	8.08	12.61	12.38	11.95
MnO	0.20	0.26	0.23	0.26	0.21	0.14	0.00	0.15
FeO	11.83	10.90	9.44	9.53	8.13	8.05	4.71	7.06
Na₂O	0.89	0.87	0.81	1.01	3.58	2.63	3.31	3.29
K ₂ O	0.00	0.09	0.07	0.04	1.21	0.19	0.48	0.89
Summe	97.60	98.01	97.40	98.23	98.30	98.69	98.67	96.80
Gew.%	004-1	004-1	004-1	004-1	004-1	004-4-B	004-4-B	004-4-B
SiO ₂	53.04	53.04	47.56	52.40	52.80	49.09	49.16	48.60

TiO ₂	2.85	3.34	3.86	3.67	3.36	1.92	1.88	2.07
Al ₂ O ₃	16.60	13.31	12.93	14.41	12.08	3.64	3.82	3.79
Cr ₂ O ₃	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.12	0.19	0.14
MgO	5.40	6.87	7.63	5.10	7.45	14.34	15.11	14.58
CaO	10.47	10.49	12.04	10.87	10.74	20.46	19.59	20.39
MnO	0.16	0.14	0.28	0.15	0.21	0.25	0.24	0.14
FeO	5.57	7.15	11.02	6.74	7.20	8.80	9.10	8.41
Na₂O	3.64	3.63	3.32	3.79	3.64	0.40	0.46	0.53
K ₂ O	0.70	0.81	0.44	0.84	1.09	0.00	0.00	0.00
Summe	98.43	98.78	99.08	97.97	98.57	99.02	99.55	98.65

004-4 Schme	004-4 Schmelzklecks, große Reliktfeldspäte												
Gew.%	B5	B6	B7	B8	A1	A2	D3	D4					
SiO ₂	67.44	67.48	66.93	67.14	61.83	66.05	67.47	67.44					
Al ₂ O ₃	20.44	20.23	20.27	20.15	23.33	20.54	19.92	19.99					
MgO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.19	0.24	0.15	0.00					
CaO	1.09	0.95	1.20	0.63	5.59	2.45	1.28	0.59					
FeO	0.23	0.13	0.07	0.11	0.93	0.59	0.37	0.04					
Na₂O	10.75	10.73	10.36	9.79	8.03	9.49	10.43	11.10					
K ₂ O	0.33	0.31	0.65	2.16	0.21	0.25	0.46	0.39					
Summe	100.28	99.83	99.48	99.98	100.11	99.61	100.08	99.55					
Feldspatform	el auf der	Sauersto	ffbasis 8										
Si	2.947	2.958	2.949	2.958	2.750	2.915	2.958	2.966					
AI	1.053	1.045	1.053	1.046	1.223	1.069	1.029	1.036					
Summe	4.000	4.003	4.002	4.004	3.973	3.984	3.987	4.002					
Mg	0.000	0.000	0.000	0.000	0.013	0.016	0.001	0.000					
Са	0.051	0.045	0.057	0.030	0.267	0.116	0.060	0.028					
Fe	0.008	0.005	0.003	0.004	0.035	0.022	0.014	0.002					
Na	0.911	0.912	0.885	0.836	0.692	0.812	0.887	0.947					
κ	0.018	0.017	0.037	0.121	0.012	0.014	0.026	0.022					
Summe	0.988	0.979	0.982	0.991	1.019	0.980	0.988	0.999					
Summe	4.988	4.982	4.984	4.995	4.992	4.964	4.975	5.001					

004-4 Schmelzklecks, große Reliktpyroxene											
Gew.% B1 B2 B3 B4 B9 A3 A4 D1 D2											

SiO ₂	51.02	50.77	50.78	51.12	50.89	50.90	51.39	50.80	51.35
TiO ₂	1.00	0.98	0.88	0.70	0.88	0.79	0.65	0.82	0.98
Al ₂ O ₃	2.66	2.90	3.13	2.81	2.82	3.61	2.98	3.00	2.31
Cr ₂ O ₃	0.20	0.22	0.41	0.59	0.14	0.55	0.83	0.48	0.00
MgO	15.88	15.87	15.96	17.44	15.98	16.71	17.11	16.23	15.98
CaO	19.75	20.45	20.51	20.55	19.47	20.61	20.43	20.26	19.64
MnO	0.21	0.17	0.17	0.11	0.18	0.17	0.16	0.17	0.17
FeO	9.05	8.15	7.45	5.79	8.78	6.52	5.95	7.43	8.96
Na₂O	0.33	0.30	0.26	0.23	0.26	0.28	0.36	0.31	0.33
K ₂ O	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Summe	100.1	99.81	99.55	99.34	99.4	100.14	99.86	99.5	99.72
Pyroxenform	el auf de	r Sauerst	offbasis (6					
Si	1.897	1.889	1.889	1.892	1.900	1.875	1.893	1.890	1.912
Ті	0.028	0.028	0.025	0.020	0.025	0.022	0.018	0.023	0.027
AI	0.075	0.083	0.086	0.088	0.075	0.103	0.089	0.087	0.061
Summe	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000
AI	0.042	0.044	0.051	0.034	0.049	0.054	0.041	0.045	0.040
Cr	0.006	0.007	0.012	0.017	0.004	0.016	0.024	0.014	0.000
Mg	0.880	0.880	0.885	0.962	0.890	0.918	0.940	0.900	0.887
Ca	0.787	0.815	0.818	0.815	0.779	0.813	0.806	0.808	0.783
Mn	0.007	0.005	0.005	0.004	0.006	0.005	0.005	0.006	0.006
Fe	0.282	0.254	0.232	0.179	0.274	0.201	0.183	0.231	0.279
Na	0.024	0.022	0.019	0.017	0.019	0.020	0.026	0.022	0.024
к	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Summe	2.028	2.027	2.022	2.028	2.021	2.027	2.025	2.026	2.019
Summe	4.028	4.027	4.022	4.028	4.021	4.027	4.025	4.026	4.019

3 Beurteilung der Ergebnisse

Die Dünnschliffe zeigen ganz eindeutig, dass die untersuchten Gesteine -Molassegerölle aus ganz gängigen Ausgangsgesteinen der Alpen - ein Schockereignis bei hohen Temperaturen und Drucken erlebt haben. Typisch sind die intensiven Verglasungen in den Gesteinen, die planaren Deformationsstrukturen (PDFs), die diaplektischen Quarze und die auch ansonsten intensive Beanspruchung der Quarze (extreme Subkornbildung und undulöse Auslöschung), außerdem die starke Dehnungsdeformation, die bei den meisten untersuchten Proben zur Bildung zahlloser Dehnungsrisse im Mikro- und Makrobereich und zu einem in-situ Auseinanderreissen von Mineralen führte (Spallation). Die Rissbildung wurde durch eine intensive Blasenbildung aufgrund von Entgasungserscheinungen noch gefördert. Diese Erscheinungen können nicht auf normale tektonische Vorgänge zurückgeführt werden. Da von Menschenhand verursachte Explosionen nach dem Geländebefund auszuschließen sind, können die beschriebenen Beobachtungen vom Krater 004 nur durch ein Impaktereignis erklärt werden. In dieses Bild fügen sich auch die Gesteine, die rundum von einer Glaskruste umgeben sind oder von Batzen umherfliegender Gesteinsschmelze getroffen wurden.

Die Glaskruste umgibt einige Gerölle vollständig. Die Kruste sollte sich also bein Flug durch eine Glutwolke gebildet haben. Dabei kann das Glas nicht durch eine in-situ-Aufschmelzung des Gerölls entstanden sein, da K und Na nicht in der erforderlichen Menge in den untersuchten Geröllen enthalten ist. Diese Elemente könnten aber z.B. durch Verglühen der Vegetation in die Glutwolke gelangt sein. Die Zusammensetzung der Glaskruste erfordert eine Minimaltemperatur von etwa 1000°C als Schmelztemperatur.

Die Verglasungen im Gestein der Gerölle sind zum Großteil auf einen thermischen Zusammenbruch der Feldspäte zurückzuführen. Das kann in den Dünnschliffen beobachtet werden und läßt sich auch durch die Feldspat-nahe chemische Zusammensetzung der Gläser belegen. Die Parameter der Schmelzbildung lassen sich aufgrund einer Kombination aus Temperatur und unbestimmtem Druck kaum festlegen. Sicherlich waren aber auch andere Minerale an der Glasbildung beteiligt, was durch die dunklen Glasschmitzen mit Anteilen an Fe, Mg und Ti gezeigt wird. Quarzkörner unterlagen keiner unmittelbaren Aufschmelzung, die Schock-Umwandlung in diaplektische Gläser - ebenfalls typisch für Impakte - wurde aber beobachtet.

Schlackenartige, braune Schmelzbatzen wurden auf zahlreiche Gerölle aufgeschweißt. Mikroanalytische Untersuchungen an den Schmelzbatzen zweier Gerölle belegen die Herkunft der Batzen aus einem basischen Gestein (Basalt, Grünschiefer o.ä.). Mikroskopisch wurde aber auch ein Schmelzbatzen identifiziert, der eindeutig von einem der Quarz-Feldspat-Gerölle herrührt: Reste quarzitischer Lagen in der schlackenartigen ehemaligen Schmelze wurden in ganz ähnlicher Art auch in einer noch als Geröll zu identifizierenden Probe gefunden. Die basischen Schmelzbatzen sollten analog aus einem eher basischen Geröll stammen, die Beteiligung von achondritischem meteoritischem Material soll aber zunächst nicht ganz ausgeschlossen werden.