

Kristallingerölle aus verschiedenen tektonischen Einheiten im Bereich des Almtales (Oberösterreich) – Petrologie, Geochemie, Geochronologie

Ralf SCHUSTER, Fritz FINGER, Wolfgang FRANK und Hans EGGER

Zusammenfassung

Gerölle und tektonische Schürflinge kristalliner Gesteine finden sich auf dem Kartenblatt ÖK 67 Grünau im Almtal in der Gresten-Formation (Ultrahelvetikum), der Ybbsitzer Klippenzone (Penninikum) und der Losenstein-Formation (Ostalpin). Im Zuge dieser Studie wurden Gerölle aus den verschiedenen Einheiten petrographisch und zum Teil auch geochemisch und geochronologisch untersucht.

In der Gresten-Formation finden sich mittelkörnige, equigranulare Granite. Sie sind sehr sauer, schwach peraluminös und repräsentieren wahrscheinlich differenzierte A-Typ-Granite. Weiters treten duktil deformierte aplitische Orthogneise und Granat-Glimmerschiefer auf. Diese zeigen eine Metamorphose in Grünschiefer- bis Epidot-Amphibolitfazies und Ar-Ar-Muskovitalter von ca. 335Ma. Postdeformativ zeigen alle Gesteine eine thermische Überprägung unter Bedingungen der unteren Grünschieferfazies.

Die Losenstein-Formation führt schwach peraluminöse A-Typ-Granite und kaliumreiche Rhyolithe vermutlich permischen Alters. Dazu kommen rhyolithische Subvulkanite und intermediäre Vulkanite. Im Vergleich mit Literaturdaten von kristallinen Geröllen anderer Lokalitäten, welche zum Teil auch aus anderen Formationen stammen, werden verschiedene schon bisher bekannte Aspekte bestätigt, es ergeben sich aber auch neue Hinweise über die Liefergebiete der einzelnen Einheiten.

I. Einleitung

Auf dem Kartenblatt ÖK 67 Grünau im Almtal sind keine kristallinen Einheiten an der Erdoberfläche aufgeschlossen. Kristallingesteine finden sich aber als Schürflinge und als klastische Komponenten in verschiedenen tektonischen und lithostratigraphischen Einheiten. Im Zuge dieser Studie wurden Kristallingerölle aus der Gresten-Formation des Ultrahelvetikums, der penninischen Ybbsitzer Klippenzone und der Losenstein-Formation aus dem Bajuvarischen Deckensystem (Nördliche Kalkalpen) des Ostalpins petrographisch und zum Teil auch geochemisch und geochronologisch untersucht, um die jeweiligen Liefergebiete der einzelnen Formationen besser charakterisieren zu können.

Das Ultrahelvetikum tritt am Nordrand der Ostalpen in Form von tektonischen Spänen innerhalb der Penninischen und Ostalpinen Decken auf. Die ultrahelvetischen Gesteine wurden auf einem heute unter den Alpen liegenden kontinentalen Krustenstück abgelagert, welches nach der Öffnung des Penninischen Ozeans den Südrand Europas bildete. Teile dieses Gebietes wurden später in den alpinen Deckenbau mit einbezogen. Vom Traunsee gegen Osten besteht das Ultrahelvetikum vor allem aus der Grestener-Klippenzone mit unterjurassischen bis unterkretazischen Klippenkernen und der Buntmergelserie (Albium–Priabonium) als Klippenhülle. Die darin enthaltene Gresten-Formation stellt eine unterjurassische Transgressionsserie dar, deren Basis von fluviatilen Arkosen und grobkörnigen Sandsteinen mit Konglomerat- und Schiefertonlagen gebildet wird (FAUPL, 1975).

Die Ybbsitzer Klippenzone gehört zu den Penninischen Decken. Sie liegt zwischen der ebenfalls den Penninischen Decken zugerechneten Rhenodanubischen Flyschzone im Liegenden und den bajuvarischen Decken des Ostalpins im Hangenden. Sie stellt eine tektonische Melange dar, die sich aus Serpentiniten, Radiolariten und Aptychenkalken des Mittel- und Oberjura sowie aus kretazischen Flyschen zusammensetzt.

Die Losenstein-Formation ist Teil der Schichtfolge des Bajuvarischen Deckensystems der Nördlichen Kalkalpen, welches dem Ostalpin angehört. Sie wurde im Albium–unteren Cenomanium als synorogenes Sediment im Tannheim-Losenstein-Becken abgelagert. Es handelt sich um ein *piggy-back basin*,

welches sich vor der Stirn der von Süden herankommenden höheren kalkalpinen Decken (hochbajuvarische und tirolische Decken) bildete. Das Sedimentbecken erstreckte sich in Ost–West-Richtung über 400km bei einer Breite von wenigen Zehnerkilometern. Von Süden wurde kalkalpines Material in das Becken eingetragen, während von Norden zusätzlich kristallines Material angeliefert wurde. Dieses „exotische“ Material stammt von einem Rücken, welcher sich am Kontinentalrand der Ostalpinen Platte hin zum Penninikum gebildet hatte, als diese Plattengrenze von einem passiven zu einem aktiven Kontinentalrand umgestaltet wurde (WAGREICH, 2001).

2. Methodik

Die chemischen Gesteinsanalysen erfolgten großteils an der Universität Salzburg (FB Materialforschung und Physik, Abteilung Mineralogie) unter Verwendung eines Röntgenfluoreszenzspektrometers S4 Pioneer der Firma Bruker AXS. Die Hauptelemente wurden an Schmelztabletten gemessen (1g Probe: 9g Flussmittel), die Spurenelemente an Pulverpresstabletten.

Einige Elemente sowie die CO₂- und H₂O-Bestimmung erfolgte in den Labors der geologischen Bundesanstalt (PFLEIDERER et al., 2005).

Die für die Ar-Ar-Datierungen bestimmten Muskovite wurden im Reaktorzentrum von Rez (Prag, 9 MW) 15 Stunden lang bestrahlt. Die Analytik folgte den Angaben in FRIMMEL & FRANK (1997), die Messung wurde am CEAL – Central European Ar Laboratory in Bratislava durchgeführt.

3. Beschreibung der Aufschlüsse und Gerölle

In diesem Kapitel werden jene auf Blatt ÖK 67 Grünau auftretenden Einheiten, die kristalline Gesteine führen, kurz charakterisiert. Weiters werden die beprobten Aufschlüsse und die dort auftretenden Kristallingerölle detailliert beschrieben.

3.1. Gerölle aus der Gresten-Formation des Ultrahelvetikums

Lokalität

Die untersuchten Gerölle entstammen allesamt geröllführenden Grobsandsteinen der basalen Gresten-Formation (Unterjura) vom Hochbuchberg (WGS84 013 54'21"N, 47 50'46"). Dort baut sie einen ca. 1,5km langen, etwa Ost–West-streichenden Rücken auf. In den Grobsandsteinen sind bis zu 50cm große, gut gerundete Komponenten von Graniten (05R47, 06R09), aplitischen Orthogneisen (06R11, 06R14, 06R16), quarzreichen Paragneisen (06R12), quarzreichen z.T. granatführenden Glimmerschiefern (06R10, 06R13, 06R15), Glimmerquarziten, Quarziten, Albitblastenschiefern (06R17) und Quarzmobilisaten enthalten (Abb 1A).

Petrographie

Die Granite sind leukokrat, mittelkörnig (Korngröße ca. 3mm), equigranular und völlig undeformiert. Kalifeldspat ist leicht rosa gefärbt. Biotit mit etwa <1mm Blättchengröße ist der einzige makroskopisch erkennbare Glimmer. Im Dünnschliff zeigt der Kalifeldspat perthitische Entmischungen in Form von Schachbrettalbit (Abb. 1B). Plagioklas ist unterschiedlich stark mit Helleglimmer gefüllt und zeigt einen Zonarbau mit anorthitreicheren, stärker zersetzten Kernbereichen (Abb. 1C). Quarz ist nicht undulös. Biotit zeigt einen Pleochroismus von Gelb nach Dunkelbraun oder Grünbraun. Es sind zahlreiche pleochroitische Höfe um Zirkon und Monazit vorhanden. Hornblende mit xenomorphen, korrodierten Rändern und einem Pleochroismus von Gelb nach Grün ist in geringen Mengen erhalten und meist mit etwas opakem Erz vergesellschaftet. Muskovit tritt einerseits als ca. 0,1mm große Schüppchen eingeschlossen in Quarz auf, andererseits bilden wesentlich kleinere Mikrolithe die Füllung im Plagioklas.

Feinkörnige aplitische Orthogneise mit mylonitischer Schieferung und ausgeprägtem Streckungslinear sind aufgrund ihres Kalifeldspatgehaltes zumeist erst im Dünnschliff von quarzreichen Paragesteinen zu unterscheiden. Die Korngröße beträgt 0,2–1mm. Millimeter- bis wenige zentimeterdicke Mobilisatgängchen aus Quarz und Plagioklas stehen in flachem Winkel auf die mylonitische Schieferung. Sie sind zum Teil in dieser isoklinal verfaltet und während der Deformation einrotiert. Der Kalifeldspat ist leicht getrübt und hat eine Mikroklingitterung. Deformierte Kristalle zeigen Anzeichen dynamischer Rekristallisation. Der Plagioklas ist polysynthetisch verzwilligt, die Kristalle sind getrübt und mit Hellglimmermikrolithen gefüllt. Chlorit ist aus Biotit hervorgegangen. Er ist mit feinem opakem Erz durchstäubt. Muskovit ist in Lagen und Flasern angereichert, überwächst häufig rundliche Quarzkristalle und ist gut rekristallisiert. Auf Grund der Textur ist es wahrscheinlich, dass es sich nicht um magmatischen, sondern um metamorph gebildeten Muskovit handelt. Das opake Erz hat bisweilen idiomorphe, kubische Kornform und ist manchmal zu Eisenhydroxiden abgebaut. In manchen Gesteinen sind unregelmäßig geformte Aggregate aus Chlorit und ?Stilpnomelan vorhanden. Diese sind unter statischen Bedingungen gewachsen. Der Zirkon erreicht Korngrößen von 100µm und ist idiomorph ausgebildet.

Feinkörnige, quarzreiche Paragneise haben eine mylonitische Schieferung mit ausgeprägtem Streckungslinear. Die Korngröße beträgt <1mm. Sie sind von millimeterdicken Quarzgängchen durchzogen, welche durch die Schieferung noch mit verfaltet sind. Der Plagioklas zeigt polysynthetische Verzwilligungen und ist kaum alteriert. Biotit ist nur mehr in geringen Mengen erhalten, er zeigt einen Pleochroismus von Gelb nach Grünbraun. Chlorit-Pseudomorphosen nach Biotit sind mit feinem opakem Erz durchstäubt. Muskovit ist in geringen Mengen als größere gut rekristallisierte, poikiloblastische Scheiter und als feine Serizitaggregate vorhanden.

Retrograde Granat-Glimmerschiefer zeigen zum Teil eine straffe Schieferung und ein ausgeprägtes Streckungslinear, andere haben eine Grenulation bzw. *grenulation cleavage*. Bereits im Handstück sind bis zu 3mm große Granatporphyroblasten zu erkennen. Die Matrix ist zumeist feinkörnig und hellglimmerreich, bisweilen ist aber auch ein Lagenbau aus hellglimmer- sowie quarz- und albitreichen Lagen vorhanden. Der Granat wuchs in der Schieferung und wurde von der *grenulation cleavage* umflossen. Er ist in sehr unterschiedlichem Maße – oft vollständig (Abb. 1D) – in feinfilzigen Hellglimmer und Chlorit abgebaut. Die Umwandlung erfolgte unter statischen Bedingungen. In manchen Proben bildet der Granat Poikiloblasten, die vor allem geplättete Quarzkörner und Ilmenitblättchen überwachsen (Abb. 1E). Einige Gesteine führen Biotit-Porphyroblasten. Diese sind, ebenso wie Biotit der Matrix, größtenteils in erzdurchstäubten und von Sagenitgittern durchzogenen Chlorit umgewandelt. An Rissen sind Eisenhydroxide eingewandert.

Albitblastenschiefer sind geschiefert, graugrün gefärbt und zeigen eine löchrige Verwitterungsoberfläche. Sie bestehen aus einer chloritreichen Matrix mit Quarz und opakem Erz. In der Matrix sind etwa 2mm große Pseudomorphosen nach Plagioklas (Albit) vorhanden. Diese bestehen aus Karbonat, Albit und einem feinkörnigen Gemenge aus Eisenhydroxiden und ?Stilpnomelan.

Schliffbeschreibungen untersuchter Gerölle

05R47, 06R09 Mittelkörniger, leukokrater Granit (Abb 1B, 1C)

Mineralbestand: AFsp, Pl, Qtz, Bt, Hb, Ms, Zrn, Mz, Ap, Chl

Textur: Das Gestein zeigt makroskopisch wie auch mikroskopisch keinerlei Deformation. Es ist mittelkörnig (Korngröße um ca. 3mm) und die Körner sind isometrisch.

Mineralbeschreibung: Kalifeldspat zeigt perthitische Entmischungen in Form von Schachbrettalbit. Häufig sind Einschlüsse von kleinen polysynthetisch verzwilligten Plagioklaskristallen enthalten. Plagioklas zeigt an Hand einer unterschiedlich starken Füllung mit Hellglimmer einen Zonarbau, wobei offensichtlich der anorthitreichere, rundliche Kernbereich stärker zersetzt ist. Quarz ist nicht undulös und enthält Züge aus relativ großen Flüssigkeitseinschlüssen mit Wasser und einer Gasphase. Biotit ist etwa 0,5mm groß, und zeigt einen Pleochroismus von Gelb nach Dunkelbraun oder Grünbraun. Es sind zahlreiche Höfe um Zirkon und Monazit vorhanden. Hornblende mit xenomorphen, korrodierten Rändern und einem Pleochroismus von Gelb nach Grün ist in geringen Mengen erhalten und meist mit etwas opakem Erz vergesellschaftet. Muskovit tritt einerseits als ca. 0,1mm große Schüppchen eingeschlossen in Quarz auf, andererseits bilden wesentlich kleinere Mikrolithe die Füllung im Plagioklas.

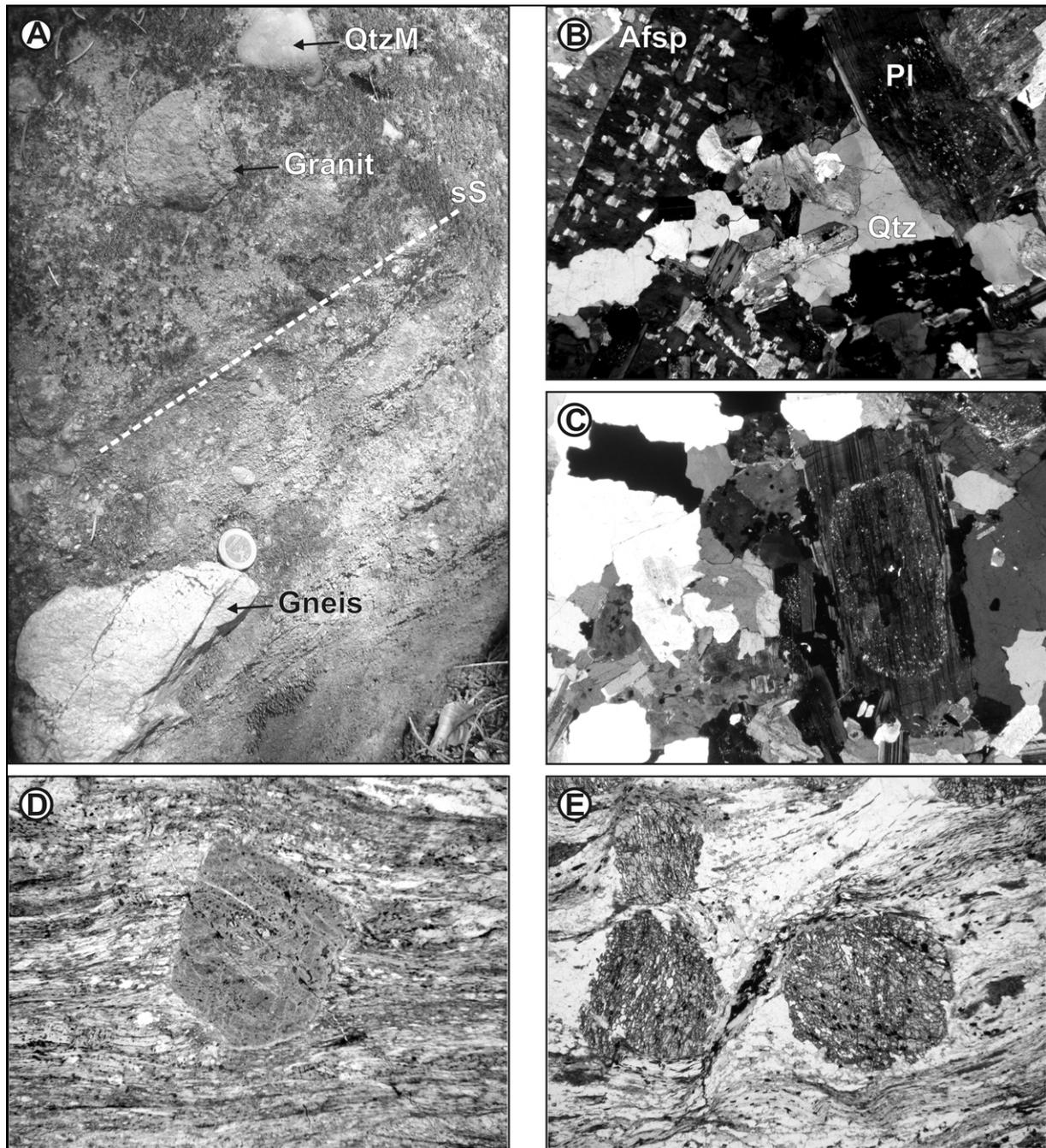


Abb. 1: Gresten-Formation vom Hochbuchberg:

A) geröllführender Grobsandstein mit sedimentärer Schichtung (sS) und Geröllen von Quarzmobilisat, Granit und aplitischem Orthogneis, B) mittelkörniger Granit aus der Gresten-Formation mit Schachbrettalbit und gefülltem Plagioklas (05R47, polarisiertes Licht, Bildbreite 11,7mm), C) mittelkörniger Granit aus der Gresten-Formation mit zoniertem Alkalifeldspat (05R47, polarisiertes Licht, Bildbreite 11,7mm), D) Granatglimmerschiefer mit Serizit-Chlorit-Pseudomorphose nach Granat (06R10, unpolarisiertes Licht, Bildbreite 11,7mm), E) Granatglimmerschiefer (06R13, unpolarisiertes Licht, Bildbreite 11,7mm).

06R11 feinkörniger, aplitischer Orthogneis

Mineralbestand: AFsp, Pl, Qtz, (Bt)Chl, Ms, Zrn, opakes Erz, Eisenhydroxide

Textur: Das Gestein zeigt eine mylonitische Schieferung mit ausgeprägtem Streckungslinear. Die Korngröße beträgt 0,2–1mm. Frische Schieferungsflächen sind durch Hellglimmer und Chlorit hellgrün gefärbt. Ein bis zu 1,5cm dickes Quarz-Plagioklas-Mobilisat durchschlägt in flachem Winkel die mylonitische Schieferung. Es ist wahrscheinlich in die Schieferung einrotiert. Der weiße Plagioklas ist im Anschnitt gut vom grauen Quarz zu unterscheiden und befindet sich vornehmlich an der Grenzfläche zum Nebengestein.

Mineralbeschreibung: Kalifeldspat zeigt schöne Mikroklingsitterung und ist leicht getrübt. Der Plagioklas ist polysynthetisch verzwilligt, wobei die Zwillinglamellen zum Teil als Druckzwillinge entstanden sind. Die Kristalle sind getrübt und mit Hellglimmer-Mikrolithen gefüllt. Chlorit ist aus Biotit hervorgegangen. Er ist mit feinem opakem Erz durchstäubt und hat violette Interferenzfarben. Muskovit ist in Lagen und Fasern angereichert, überwächst häufig rundliche Quarzkristalle und ist gut rekristallisiert. Auf Grund der Textur ist es wahrscheinlich, dass es sich nicht um magmatischen sondern metamorph gebildeten Muskovit handelt. Das opake Erz hat bisweilen idiomorphe, kubische Kornform. Der Zirkon erreicht Korngrößen von 100µm und ist idiomorph ausgebildet.

06R10 retrograder Granat-Glimmerschiefer (Abb. 1D)

Mineralbestand: Grt, Qtz, Ms, Bt, Graphit, Chl, Ru, Ap, opakes Erz, Eisenhydroxide

Textur: Das Gestein zeigt eine mylonitische Schieferung und ein ausgeprägtes Streckungslinear. In das Streckungslinear sind Faltenachsen einrotiert. Das Gestein hat eine feinkörnige, hellglimmerreiche Matrix und eingelagerte Quarzmobilisatlagen und -knauern, welche bis zu 1cm Dicke erreichen. Auch diese sind in der Schieferung verfaltet. Im Anschnitt bzw. im Dünnschliff sind Chlorit-Pseudomorphosen nach bis zu 4mm großen Granat- und 2mm großen Biotit-Porphyroblasten zu erkennen. Die retrograde Umwandlung erfolgte unter vollkommen statischen Bedingungen. In der Hellglimmer-Matrix finden sich quer gesprossene Muskovit-Blasten mit etwa 0,3mm Größe.

Mineralbeschreibung: Der idiomorphe Granat ist fast vollkommen in ein feinkörniges Gemenge aus Chlorit und Hellglimmer umgewandelt. Die Hellglimmer zeichnen ehemalige Risse nach und das Bild ähnelt jenem einer Maschenstruktur in einem Ultramafit. Um die Granate sind keine gröberkörnigen Druckschatten entwickelt. Auch die Biotit-Porphyroblasten und der in die Schieferung eingeregelter Biotit der Matrix sind fast vollständig chloritisiert. Erhaltener Biotit zeigt einen Pleochroismus von Gelb nach Grünbraun. Die Chlorit-Pseudomorphosen nach Biotit-Porphyroblasten zeigen feine Erzausscheidungen und sind ebenso wie der Chlorit der Matrix durch entenblaue Interferenzfarben gekennzeichnet. Der in die Schieferung eingeregelter Hellglimmer der Matrix ist feinfilzig. Quarz und getrübtter Plagioklas (Albit) sind in Lagen angereichert.

06R13 retrograder Granat-Glimmerschiefer (Abb. 1E)

Mineralbestand: Grt, Qtz, Ms, Bt, Chl, Ap, opakes Erz, Eisenhydroxide

Textur: Das Gestein zeigt eine Schieferung und ein ausgeprägtes Streckungslinear. Bereits im Handstück sind etwa 3mm große Granatporphyroblasten zu erkennen. Die Matrix ist feinkörnig und reich an Hellglimmer. Unter dem Mikroskop sieht man, dass der Granat Poikiloblasten bildet, die vor allem geplättete Quarzkörner und Ilmenitblättchen überwachsen. Diese bilden sigmoidale Einschlusszüge, die meist in großem Winkel auf die externe Schieferung stehen. Die Matrix besteht aus Lagen, die entweder reich an feinfilzigem Hellglimmer oder Quarz und Albit sind.

Mineralbeschreibung: Der Granat ist randlich chloritisiert oder er wurde vormals biotitisiert, wobei der Biotit später in Chlorit umgewandelt wurde. Die Körner sind mit einem Netz von Rissen durchzogen, in welchen ein feinkörniges Mineralgemenge enthalten ist. Wahrscheinlich handelt es sich um Serizit und Chlorit. Biotit mit rotbrauner Eigenfarbe bildete einige Zehntelmillimeter große, gut eingeregelter Porphyroblasten in der Matrix. Er ist nur zum Teil erhalten und teilweise zu Chlorit mit entenblauen Interferenzfarben abgebaut. In diesem Chlorit sind manchmal feine Sage-nitgitter enthalten. Hellglimmer ist in feinfilzigen Lagen angereichert. Darin finden sich gut eingeregelter Ilmenitblättchen. In den quarz- und albitreichen Lagen ist an den Korngrenzen sekundäres opakes Erz und feiner Chlorit eingewandert.

06R15 retrograder Granat-Glimmerschiefer

Mineralbestand: Grt, Qtz, Ab, Ms, Bt-Chl, Graphit, opakes Erz, Eisenhydroxide

Textur: Das Gestein zeigt eine feinkörnige, hellglimmerreiche Matrix mit einer Schieferung und einem dazu konkordant ausgebildeten stofflichen Lagenbau aus hellglimmer- und quarzreichen Lagen. Das Gestein hat eine Grenulation, wobei in den glimmerreichen Lagen eine stauchende *grenulation cleavage* ausgebildet ist, die in großem Winkel (~75°) auf die Hauptschieferung steht. Im Anschnitt bzw. im Dünnschliff sind Chlorit-Pseudomorphosen nach bis zu 4mm großen Granat- und 2mm großen Biotit-Porphyroblasten zu erkennen. Der ehemalige Granat war von Rissen durchzogen, die bevorzugt parallel zur Hauptschieferung verliefen, während die *grenulation cleavage* den Granat umfloss. Die retrograde Umwandlung erfolgte unter vollkommen statischen Bedingungen. Das Gestein ist von Klüften durchzogen, in welche Eisenhydroxide eingewandert sind.

Mineralbeschreibung: Der idiomorphe Granat ist fast vollkommen in ein feinkörniges Gemenge aus Chlorit und Hellglimmer umgewandelt. Die Hellglimmer zeichnen ehemalige Risse nach. Als Einschlüsse im ehemaligen Granat sind Quarz und opake Erzblättchen (Ilmenit) vorhanden. Um die Granate sind keine gröberkörnigen Druckschatten entwickelt. Biotit ist fast vollständig chloritisiert. Die Chlorit-Pseudomorphosen nach Biotit-Porphyroblasten zeigen feine Erzausscheidungen und manchmal Sagenitgitter. Der Chlorit ist ebenso wie jener der Matrix durch entenblaue bis graue Interferenzfarben gekennzeichnet. Der in die Schieferung eingeregelt Hellglimmer der Matrix ist feinfilzig. Quarz ist relativ gut statisch rekristallisiert. In den quarzreichen Lagen ist etwas Albit vorhanden.

Geochemie

Der Granit 06R09 wurde geochemisch untersucht (Tabelle 1). Es handelt sich um einen sehr sauren Granit mit hohem SiO₂-Gehalt (75,3wt%). Das Verhältnis A/CNK ist mit ca. 1,1 schwach peraluminisch. Der sehr hohe Rb-Gehalt (639ppm) und die hohen Rb/Ba- (4,71) und Rb/Sr-Verhältnisse (17,4) weisen auf eine stark differenzierte Schmelze hin, ebenso wie die hohen F- (1300ppm), Nb- (38ppm), Ga- (31ppm) und Y-Gehalte (92ppm). Hingegen sind die Zr- (121ppm) und LREE-Gehalte (Ce: 50ppm) relativ niedrig, vermutlich infolge einer Abfraktionierung von Zirkon und Monazit.

In den Diagrammen Rb vs. Nb+Y und Nb vs. Y (PEARCE et al., 1984) fällt die analysierte Granitprobe in das Feld der Intra-Platten-Granite (Abb. 2A, 2B). Aufgrund des hohen Ga-Gehaltes ergibt sich nach WAHLEN et al. (1987) eine Affinität zu einem A-Typ-Granit (Abb. 2C, 2D).

Geochronologie

Muskovite eines aplitischen Orthogneises (06R11) und eines Granatglimmerschiefers (06R13) wurden mit der Ar-Ar-Methode datiert (Tab. 2, Abb. 3). Beide Proben lieferten Ar-Spektren mit ausgeprägten Plateaulaltern von 331 ± 3Ma bzw. 336 ± 4Ma. In beiden Fällen zeigen die ersten, niedrigtemperierten Entgasungsschritte die niedrigsten Alterswerte. Diese liegen jeweils um 315Ma. Danach ist ein kontinuierlicher Anstieg der Alterswerte bis zu etwa 345Ma bei den am höchsten temperierten Schritten zu beobachten.

3.2. Gerölle und Schürflinge aus der Ybbsitzer Klippenzone des Penninikums

Im Zuge dieser Studie wurden Aufschlüsse am Kasberg östlich vom Dachkopf begangen (WGS84 014 00'02"N, 47 50'46"). In den Bachläufen konnten stark tektonisierte und alterierte Serpentine sowie einzelne Quarzmobilisate mit anhaftendem Chlorit und Hellglimmer (06R18) angetroffen werden. Weitere Untersuchungen wurden nicht durchgeführt.

3.3. Gerölle aus der Losenstein-Formation des Ostalpins

Lokalität

Die untersuchten Gerölle kristalliner Gesteine aus der Losenstein-Formation stammen vom Spließengraben (WGS84 014 01'08"N, 47 53'00") nahe Steinbach am Ziehberg. In diesem Gebiet ist eine Abfolge aus Sandsteinen vorhanden, welche gegen das Hangende in Konglomerate übergeht. Die Gerölle wurden in ca. 670m Seehöhe aufgesammelt. Sie finden sich verteilt am Waldboden und angereichert in kleinen Bachläufen. Sie sind allesamt sehr gut gerundet und erreichen bis zu 40cm Durchmesser. Als Komponenten wurden Quarzmobilisate, Granitoide (06R24), Subvulkanite (06R23) und Vulkanite gefunden. Bei den Vulkaniten überwiegen dichte Quarzporphyre (06R19, 06R20, 06R21), daneben kommen intermediäre Vulkanite mit bis über 1cm großen Plagioklas-Phänokristallen vor (06R22).

Probe	06R09	06R23	06R19	06R20	06R21
Gestein	Granit	A-Typ Granit	Quarzporphyr		
wt%					
SiO ₂	75,31	72,97	74,45	74,08	75,74
TiO ₂	0,14	0,16	0,13	0,11	0,11
Al ₂ O ₃	12,92	13,17	12,20	11,74	11,73
Fe ₂ O ₃	1,38	2,45	1,74	2,01	1,49
MnO	0,03	0,03	0,01	0,01	0,01
MgO	0,12	0,08	0,47	0,4	0,27
CaO	0,36	0,46	0,89	1,34	0,4
Na ₂ O	3,95	3,64	2,02	0,17	0,14
K ₂ O	4,31	5,26	6,2	7,26	8,17
H ₂ O ^{110° C}	0,12	0,16	0,20	0,11	0,14
H ₂ O+	0,34	0,54	0,76	1,03	0,84
P ₂ O ₅	0,03	0,02	0,03	0,02	0,01
CO ₂	0,03	0,150	0,749	1,166	0,317
SO ₃	0,009	0,006	0,007	0,071	0,091
F	0,13	0,01	0,02	0,02	0,02
Summe	99,18	99,11	99,87	99,55	99,47
ppm					
Ba	136	793	189	832	267
Ce	50	195	183	141	165
Cl	45	305	147	81	121
Co	2	2	1	1	3
Cr	8	12	7	11	11
Cs	39	11	7	13	13
Cu	12	15	12	13	14
Ga	31	21	18	19	21
La	30	106	83	100	66
Nb	38	14	14	14	18
Nd	18	83	76	93	64
Ni	6	5	5	7	7
Pb	64	42	16	8	13
Rb	639	216	210	223	253
Sc	3	12	4	5	5
Sn	40	10	<10	<10	<10
Sr	37	34	22	48	21
Th	45	26	19	26	25
U	4	3	5	3	8
V	6	6	11	6	7
Y	92	50	48	47	48
Zn	92	114	24	51	30
Zr	121	293	261	223	202
A/CNK	1,09	1,05	1,05	1,11	1,20

Tab. I: Haupt- und Spurenelemente von kristallinen Geröllen der Gresten-Formation vom Hochbuchberg und aus der Losenstein-Formation des Spließengraben.

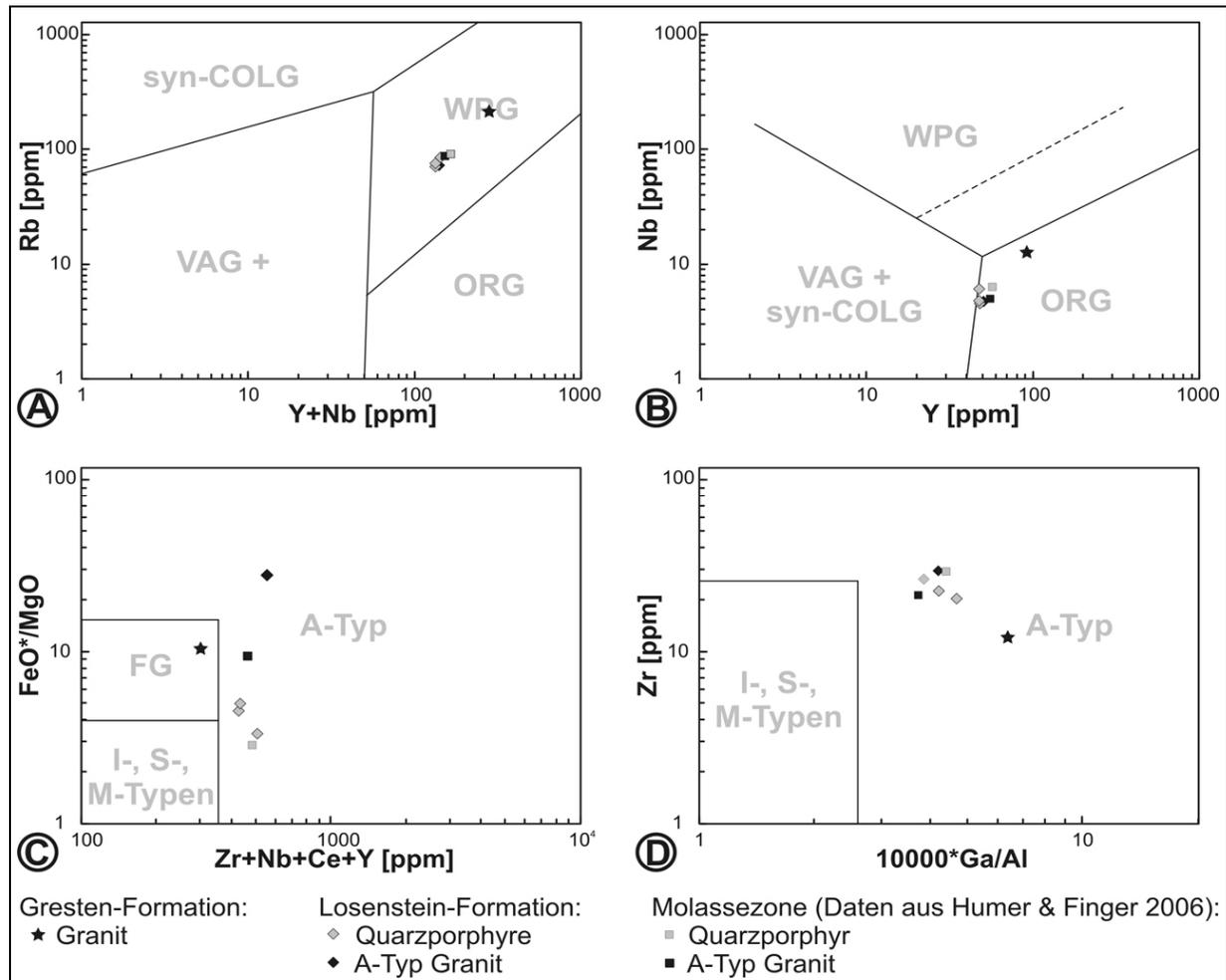


Abb. 2: Haupt- und Spurenelement-Diskriminationsdiagramme von Graniten und Vulkaniten der Gresten-Formation vom Hochbuchberg und aus der Losenstein-Formation des Spließengrabens: A) Rb vs. Nb+Y (PEARCE et al., 1984), B) Nb vs. Y (PEARCE et al., 1984), C) FeO*/MgO vs. Zr+Nb+Ce+Y (WAHLEN et al., 1987) und D) Zr vs. 10000*Ga/Al (WAHLEN et al., 1987). Erläuterung siehe Text.

Petrographie

Die Granite (Abb. 4B) haben ein fein- bis mittelkörniges, granoblastisches, etwa equigranulares Gefüge und sind grünlich gefärbt. Der Alkalifeldspat erreicht bis zu 4mm Korngröße und ist häufig nach dem Karlsbader Gesetz verzwillingt. Er zeigt perthitische Entmischungen und ist unregelmäßig getrübt. Plagioklas ist polysynthetisch verzwillingt, stark getrübt und vor allem die Kernbereiche sind mit Serizit und/oder Karbonat gefüllt. Der Biotit ist in unterschiedlichem Maße in Chlorit, Stilpnomen (Abb. 4C) und opakes Erz abgebaut.

Die rhyolithischen Subvulkanite (Abb. 4D) haben ein granoblastisches, porphyrisches Gefüge mit bis zu 5mm großen Alkalifeldspat-Phänokristallen. Diese befinden sich in einer feinkörnigen, grau-rosa gefärbten Matrix. Unter dem Mikroskop ist zu erkennen, dass sich Letztere aus graphisch verwachsenem Alkalifeldspat und Quarz sowie Plagioklas aufbaut. In Zwickeln ist teilweise chloritisierter Biotit vorhanden. Die Alkalifeldspat-Phänokristalle sind idiomorph und häufig nach dem Karlsbader Gesetz verzwillingt. Sie zeigen einen ausgeprägten Zonarbau mit einem rundlichen Kernbereich. Die Kristalle sind getrübt und zeigen perthitische Entmischungen. Oft ist ein weniger getrübt albitreicher Randsaum vorhanden. Auch der Alkalifeldspat der Matrix ist getrübt und manchmal verzwillingt. Plagioklas ist polysynthetisch verzwillingt, stark getrübt und serizitisiert. Manchmal ist auch retrograd entstandenes Karbonat vorhanden. Der Biotit ist größtenteils in Chlorit oder Stilpnomen abgebaut.

06 R 11, Muskovit, aplitischer Orthogneis								
Datum der Messung :			11.08.06			J = 0,015647 ± 0,4%		
Datum der Bestrahlung :			15.06.06					
Einwaage:			8.4 mg			Nr: 4266		
Step	T[°C]	%39	40*	%rad	39/37	%36Ca	40*/39	Alter
1	630	2,6%	40,58 mV	82,9%	261	0,01%	12,10 ± 0,9%	312,9 ± 2,6
2	670	2,2%	35,88 mV	89,8%	250	0,02%	12,26 ± 1,7%	316,7 ± 4,9
3	720	3,6%	57,37 mV	92,1%	280	0,03%	12,17 ± 1,5%	314,3 ± 4,3
4 ¹	750	3,8%	62,70 mV	95,0%	243	0,05%	12,67 ± 1,6%	326,4 ± 4,6
5 ¹	800	7,4%	121,92 mV	95,6%	581	0,03%	12,60 ± 0,8%	324,5 ± 2,5
6 ¹	835	12,3%	204,33 mV	97,2%	716	0,03%	12,76 ± 0,3%	328,4 ± 1,0
7 ¹	880	14,5%	240,33 mV	98,0%	700	0,05%	12,77 ± 0,5%	328,6 ± 1,5
8 ¹	940	8,3%	135,84 mV	96,7%	525	0,04%	12,61 ± 0,5%	324,9 ± 1,4
9 ¹	1050	17,3%	289,92 mV	97,3%	829	0,03%	12,87 ± 0,4%	330,9 ± 1,1
10 ¹	1260	27,9%	475,28 mV	97,9%	701	0,05%	13,10 ± 0,2%	336,4 ± 0,5
							Total Gas Alter:	329,3 ± 3,5
							92%	¹ Plateau Alter: 330,7 ± 3,1
06R13, Muskovit, Granatglimmerschiefer								
Datum der Messung :			10.08.06			J = 0,015647 ± 0,4%		
Datum der Bestrahlung :			15.06.06					
Einwaage:			8.8 mg			Nr: 4264		
Step	T[°C]	%39	40*	%rad	39/37	%36Ca	40*/39	Alter
1	630	5,9%	54,19 mV	92,8%	75	0,12%	12,21 ± 0,8%	315,4 ± 2,3
2	670	4,9%	45,40 mV	96,5%	84	0,22%	12,50 ± 0,9%	322,3 ± 2,5
3	720	7,9%	75,63 mV	97,4%	101	0,25%	12,78 ± 0,8%	328,9 ± 2,6
4	750	8,1%	76,87 mV	97,2%	108	0,22%	12,70 ± 1,0%	327,0 ± 3,0
5 ¹	800	13,8%	134,16 mV	98,5%	144	0,32%	12,98 ± 0,3%	333,7 ± 0,9
6 ¹	835	13,4%	131,25 mV	98,7%	189	0,29%	13,05 ± 0,5%	335,3 ± 1,6
7 ¹	880	11,6%	114,13 mV	98,4%	179	0,25%	13,12 ± 0,4%	336,8 ± 1,3
8 ¹	940	10,0%	98,91 mV	98,0%	157	0,21%	13,21 ± 0,7%	338,9 ± 2,2
9 ¹	1050	15,0%	147,16 mV	97,9%	131	0,25%	13,17 ± 0,8%	337,9 ± 2,5
10	1260	9,3%	94,05 mV	95,8%	29	0,50%	13,50 ± 0,8%	345,8 ± 2,5
							Total Gas Alter:	334,0 ± 4,0
							64%	¹ Plateau Alter: 336,4 ± 3,5

Tab. 2: Analysendaten der Ar-Ar-Datierungen an Muskoviten von kristallinen Geröllen der Gresten-Formation vom Hochbuchberg.

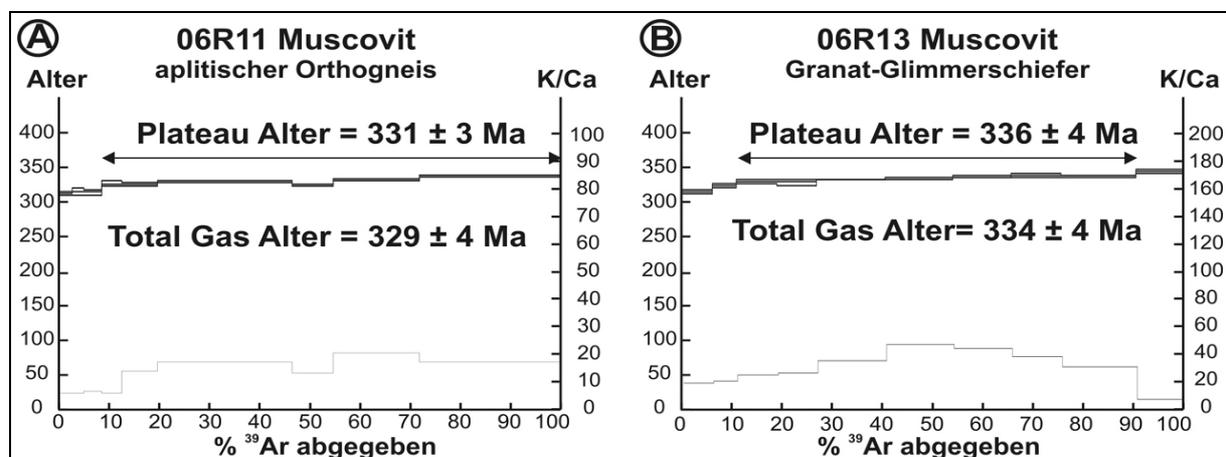


Abb. 3: Ar-Ar-Muskovitalter von Geröllen aus der Gresten-Formation vom Hochbuchberg. Die Alterswerte zwischen 330 und 336Ma belegen eine variszische Abkühlung der Gesteine unter 400°C.

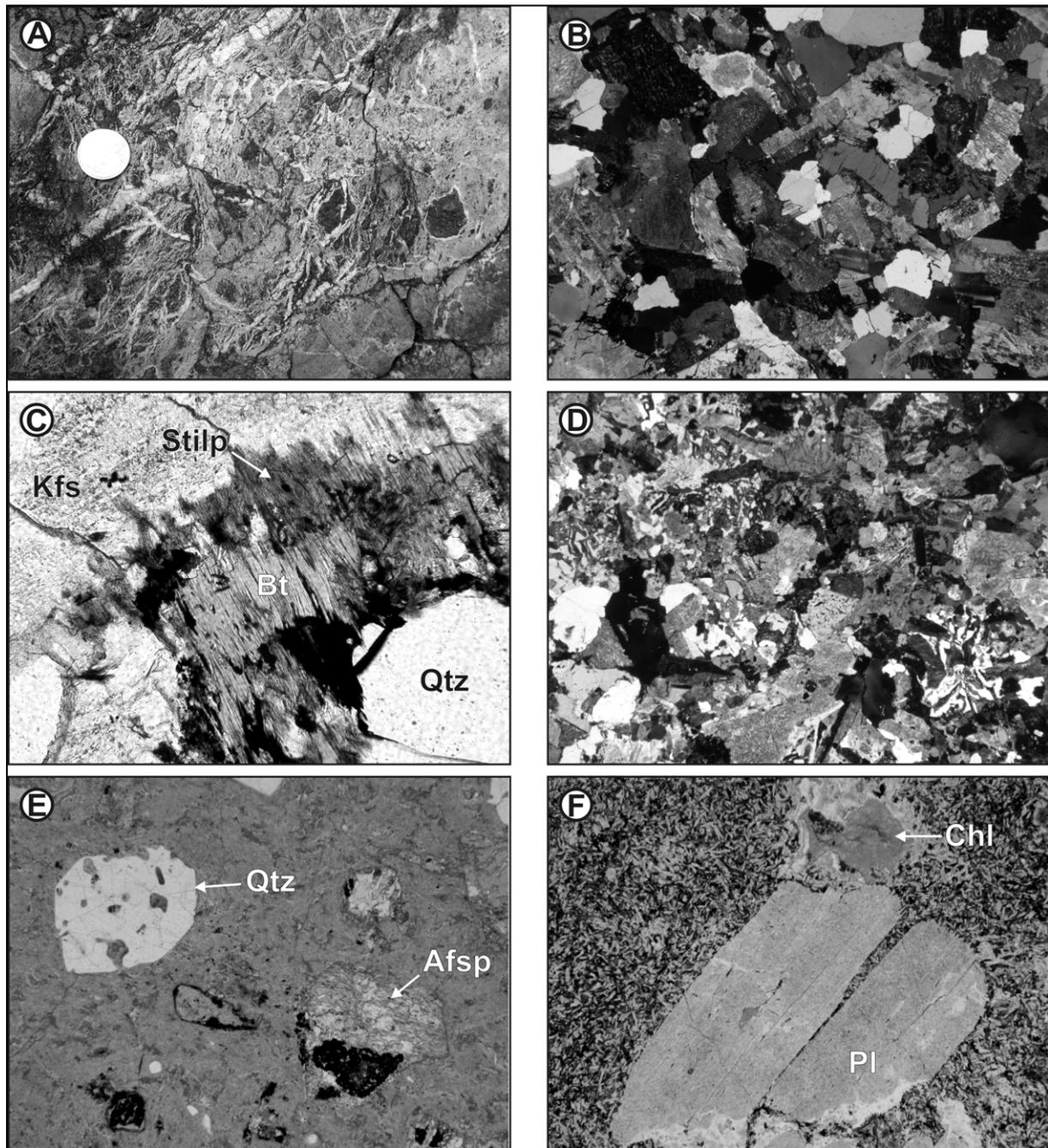


Abb. 4: Ophicalzit aus der Ybbsitzer Klippenzone beim Dachkopf (A) und Gerölle aus der Losenstein-Formation vom Spließengraben nahe Steinbach am Ziehberg (B–E):
 B) fein- bis mittelkörniger A-Typ-Granit (06R24, polarisiertes Licht, Bildbreite 7,5mm), C) Biotit überwachsen von Stilpnomelan (06R24, unpolarisiertes Licht, Bildbreite 2,5mm), D) rhyolithischer Subvulkanit mit graphisch verwachsenem Alkalifeldspat und Quarz (06R23, polarisiertes Licht, Bildbreite 7,5mm), E) rhyolithischer Quarzporphyr mit Quarz-Phäno-kristall und Pseudomorphose nach Kalifeldspat (06R21, unpolarisiertes Licht, Bildbreite 7,5mm).
 F) intermediärer Vulkanit mit Plagioklas-Porphyroblasten (06R22; unpolarisiertes Licht, Bildbreite 7,5mm).

Die rhyolithischen Quarzporphyre (Abb. 4E) sind durch ein unregelmäßiges, porphyrisches Gefüge ohne makroskopisch erkennbare Deformation charakterisiert. Idiomorphe Phänokristalle von grauem Quarz und weißem, löchrig herauswitterndem Feldspat sind 1–6 mm groß. Sie befinden sich in einer sehr feinkörnigen, dichten, grau bis grauviolett gefärbten Matrix. Quarz bildet idiomorphe Kristalle mit schön ausgebildeten magmatischen Korrosionsschläuchen. Der Alkalifeldspat zeigt perthitische Entmischungen und ist fleckig getrübt. Die Kristalle sind idiomorph bis hypidiomorph ausgebildet und in unterschiedlichem Maße zu Albit, Karbonat, Serizit, Eisenhydroxiden und Stilpnomelan abgebaut. Selten finden sich idiomorphe Pseudomorphosen aus Hellglimmer und Chlorit, welche wahrscheinlich aus Pyroxen hervorgegangen sind. Die Matrix ist sehr feinkörnig und besteht aus Quarz, Feldspat und Serizit. Sie ist schlierig mit wolkig verteilten Korngrößenunterschieden. Um Phänokristalle oder ehemalige Hohlräume sind selten Säume von pallasadenartig gewachsenem Chalzedon entwickelt. Wahrscheinlich handelt es sich bei der Matrix um rekristallisiertes Glas. Weiters sind Schrumpfrisse und Drucklösungserscheinungen vorhanden. Die Drucklösungsflächen laufen zum Teil entlang von Phänokristallen und es sind Stylolithe ausgebildet. An diesen ist feiner Hellglimmer angereichert. In manchen Gesteinen sind Xenolithe vorhanden. Es handelt sich um unterschiedlich grobkörnige, graphisch verwachsene Aggregate aus Quarz und getrübttem Alkalifeldspat, welche offensichtlich Bruchstücke der oben beschriebenen rhyolithischen Subvulkanite darstellen.

Die intermediären porphyrischen Vulkanite (Abb. 4F) haben ein porphyrisches Gefüge mit bis zu 12 mm großen, oft in Aggregaten angeordneten Plagioklas-Phänokristallen in einer dunkelgrau-grünen feinkörnigen Matrix. Die Plagioklas-Phänokristalle sind polysynthetisch verzwilligt und mit Hellglimmer-Mikrolithen und Karbonat gefüllt. Sie sind unterschiedlich stark zerbrochen, zeigen aber auch duktile Deformation mit verbogenen Zwillingslamellen und undulöser Auslöschung. In den Rissen findet sich zumeist Karbonat. Weiters sind bereits im Handstück erkennbare, schwarze, bis 3 mm große und unregelmäßig geformte Aggregate zu erkennen. Bei diesen handelt es sich um Hohlräumfüllungen mit einem Randsaum aus z.T. idiomorph ausgebildeten Karbonatkristallen und einer Füllung aus feinfilzigem Chlorit. Der Chlorit ist feinfilzig, wirr gewachsen und zeigt entenblaue Interferenzfarben. Die Matrix besteht aus ca. 0,2 mm großen Plagioklasleisten, opakem Erz, Chlorit und Karbonat.

Geochemie

Ein Granit (06R24) und drei Proben von Quarzporphyren (06R19, 06R20, 06R21) wurden geochemisch untersucht (Tab. 1). Der Hauptelementchemismus des Granits ist durch einen SiO_2 -Gehalt von ca. 73 wt%, hohe Gehalte an Alkalien bei einem $\text{K}_2\text{O}/\text{Na}_2\text{O}$ -Verhältnis von 1,5 und einen niedrigen CaO-Gehalt (0,46 wt%) gekennzeichnet. Das Verhältnis A/CNK ist mit 1,05 schwach peraluminisch. Der Ba- (793 ppm), Zr- (293 ppm) und REE-Gehalt ist relativ hoch, der Rb-Gehalt moderat (216 ppm). Aufgrund des niedrigen Sr-Gehalts (34 ppm) ist das Rb/Sr-Verhältnis trotzdem eher hoch (6,3). In den Diagrammen Rb vs. Nb+Y und Nb vs. Y (PEARCE et al., 1984) fällt der Granit in das Feld der Intraplatten-Granite (Abb. 2A, 2B). In den Diagrammen von WAHLEN et al. (1987) liegt er im Feld der A-Typ-Granite (Abb. 2C, 2D).

Die Quarzporphyre sind durch SiO_2 -Gehalte zwischen 74,0–75,7 wt% bei $\text{K}_2\text{O}+\text{Na}_2\text{O}$ -Gehalten von 7,4–8,3 wt% gekennzeichnet. Im Diagramm von LE MAITRE et al. (1989) fallen sie daher ins Feld der Rhyolithe. Während die K_2O -Gehalte konstant sehr hoch sind (6–8 wt%), schwanken die Na_2O -Gehalte stark (0,1–2,0 wt%). Die Verarmung an Natrium könnte ein postmagmatisches (hydrothermales) Phänomen sein. Relativ hohe Gehalte an immobilen Spurenelementen wie Zr, REE, Y weisen auf eine A-Typ-Charakteristik der Magmen hin.

Schliffbeschreibungen untersuchter Gerölle

06R24 Granit (Abb. 4B, 4C)

Mineralbestand: AFsp, Qtz, Pl, Zrn, Bt, Chl, Karbonat, opakes Erz, Serizit, Eisenhydroxide, Stilpnomelan

Textur: Das Gestein hat ein granoblastisches, fein- bis mittelkörniges Gefüge. Es besteht aus Alkalifeldspat, Plagioklas, Quarz und Biotit und zeigt makroskopisch eine grüngraue fleckige Färbung.

Mineralbeschreibung: Der Alkalifeldspat erreicht bis zu 4mm Korngröße. Er ist häufig nach dem Karlsbader Gesetz verzwillingt, zeigt perthitische Entmischungen und ist unregelmäßig getrübt. Plagioklas ist polysynthetisch verzwillingt, stark getrübt und vor allem die Kernbereiche sind mit Serizit und/oder Karbonat gefüllt. Der Biotit zeigt einen Pleochroismus von Gelb nach Dunkelbraun. Er ist in unterschiedlichem Maße in Chlorit, Stilpnomelan und opakes Erz abgebaut. Stilpnomelan bildet büschelige Aggregate mit brauner bis rotbrauner Eigenfarbe und Interferenzfarben der 2. Ordnung, die von der Eigenfarbe überlagert sind. Oft findet er sich aufgewachsen auf Biotit oder in dessen Umgebung. Das opake Erz ist unregelmäßig fleckig verteilt und vor allem um Biotit anzutreffen. Es ist auch in Rissen und Intergranularen eingewandert.

06R19 Quarzporphyr

Mineralbestand: AFsp, Qtz, Zrn, Karbonat, Chl, opakes Erz, Serizit

Textur: Der Quarzporphyr hat ein unregelmäßiges porphyrisches Gefüge und ist kaum deformiert. In einer sehr feinkörnigen, dichten Matrix sind idiomorphe Phänokristalle von grauem Quarz und weißem Alkalifeldspat vorhanden. Letztere wittern löchrig heraus. Weiters finden sich idiomorphe Pseudomorphosen aus Hellglimmer und Chlorit, welche wahrscheinlich aus Pyroxen hervorgegangen sind. Andere Pseudomorphosen bestehen aus Karbonat. Diese sind manchmal von feinkörnigem opakem Erz umgeben. Letzteres bildet auch eigenständige, unregelmäßige Aggregate. In diesen ist häufig Zirkon anzutreffen. Die Größe der Porphyroblasten liegt zwischen 1–4mm.

Im Dünnschliff sind Drucklösungserscheinungen in der Matrix und entlang von Phänokristallen in Form von Stylolithen vorhanden. An den Lösungsflächen ist feiner Hellglimmer angereichert. Die Matrix ist sehr feinkörnig und besteht aus Quarz, Feldspat und Hellglimmer. Wahrscheinlich handelt es sich um rekristallisiertes Glas. Hinweise darauf sind schemenhaft erhaltene Fluidaltexturen.

Mineralbeschreibung: Der Alkalifeldspat zeigt perthitische Entmischungen und ist fleckig getrübt. Die Kristalle sind idiomorph bis hypidiomorph und z.T. angelöst. Quarz bildet idiomorphe Kristalle mit schön ausgebildeten magmatischen Korrosionsschläuchen.

06R21 Quarzporphyr (Abb. 4E)

Mineralbestand: AFsp, Qtz, Zrn, Karbonat, Albit, Chl, opakes Erz, Serizit, Eisenhydroxide, Stilpnomelan?

Textur: Das Gestein hat ein unregelmäßiges porphyrisches Gefüge und ist nicht deformiert. In einer sehr feinkörnigen, grauviolett gefärbten, dichten Matrix sind idiomorphe Phänokristalle von grauem Quarz vorhanden. Dazu kommen ehemalige Alkalifeldspat-Phänokristalle, welche als Pseudomorphosen aus Albit + Karbonat + Eisenhydroxiden, Stilpnomelan? + Serizit aufgebaut sind. Letztere wittern löchrig heraus. Selten finden sich idiomorphe Pseudomorphosen aus Hellglimmer und Chlorit, welche wahrscheinlich aus Pyroxen hervorgegangen sind. Die Größe der Porphyroblasten liegt zwischen 1–2,5mm.

Die Matrix ist sehr feinkörnig und besteht aus Quarz, Feldspat und Hellglimmer. Wahrscheinlich handelt es sich um rekristallisiertes Glas. Hinweise darauf sind unterschiedlich grobkörnig rekristallisierte Bereiche und dünne Hellglimmer-Züge, die das Gestein ohne Vorzugsrichtung durchziehen und bei welchen es sich um ehemalige Schrumpfungsrisse handeln könnte.

Mineralbeschreibung: Der Alkalifeldspat ist nur mehr in rudimentären Resten vorhanden. Er zeigt perthitische Entmischungen und ist fleckig getrübt. Die Kristalle sind idiomorph bis hypidiomorph. Quarz bildet idiomorphe Kristalle mit schön ausgebildeten magmatischen Korrosionsschläuchen.

06R20 Quarzporphyrtuffit

Mineralbestand: (AFsp), Qtz, Zrn, Karbonat, Albit, Chl, opakes Erz, Serizit, Eisenhydroxide, Stilpnomelan?

Textur: Das Gestein hat ein unregelmäßiges porphyrisches Gefüge mit Gesteinsbruchstücken und ist nicht deformiert. In einer sehr feinkörnigen, grau gefärbten, dichten Matrix sind idiomorphe Quarz-Phänokristalle von grauem Quarz vorhanden. Dazu kommen ehemalige Alkalifeldspat-Phänokristalle, welche als Pseudomorphosen aus Albit + Karbonat + Eisenhydroxiden, Stilpnomelan? + Serizit aufgebaut sind. Letztere wittern löchrig heraus. Selten finden sich idiomorphe Pseudomorphosen aus Hellglimmer und Chlorit, welche wahrscheinlich aus Pyroxen hervorgegangen sind. Die Größe der Porphyroblasten liegt zwischen 1–6mm.

Als Gesteinsbruchstücke sind unterschiedlich grobkörnige Aggregate aus Quarz und getrübttem Alkalifeldspat vorhanden, welche graphische Verwachsungen zeigen. Diese sind zum Teil nicht klar gegen die Matrix abgegrenzt, z.T. aber auch von palisadenartig gewachsenem Chalzedon umgeben. Die Matrix ist sehr feinkörnig und besteht aus Quarz, Feldspat und Hellglimmer. Wahrscheinlich handelt es sich um rekristallisiertes Glas. Hinweise darauf sind unterschiedlich grobkörnig rekristallisierte Bereiche aus Quarz und Feldspat, Schlieren von Serizit und Säume von palisadenartig gewachsenem Chalzedon.

Mineralbeschreibung: Der Alkalifeldspat ist nur mehr als Pseudomorphosen vorhanden. Quarz bildet idiomorphe Kristalle mit schön ausgebildeten magmatischen Korrosionsschläuchen.

4. Diskussion

In diesem Kapitel wird versucht Rückschlüsse auf das Liefergebiet der einzelnen Geröllvorkommen zu gewinnen. Weiters werden die hier präsentierten Daten mit Literaturdaten anderer Geröllvorkommen verglichen.

4.1. Charakterisierung des Liefergebietes der Gresten-Formation vom Hochbuchberg

Grundsätzlich lassen sich die aufgefundenen Gerölle in zwei Gruppen teilen: 1) duktil deformierte Ortho- und Paragesteine und 2) undeformierte Granite.

Die duktil deformierten Gesteine erlebten eine Metamorphose in oberer Grünschiefer- bis Epidot-Amphibolitfazies (450–550°C). Die Temperaturabschätzung beruht darauf, dass Feldspat in den aplitischen Orthogneisen Anzeichen dynamischer Rekristallisation zeigt und in den Glimmerschiefern Granat vorhanden ist. Während dieses Metamorphoseereignisses erfolgte auch die wesentliche Strukturprägung der Gesteine. Postdeformativ erfolgte eine thermische Überprägung unter Bedingungen der unteren Grünschieferfazies (<400°C). Ob diese Überprägung am retrograden Ast der prägenden Metamorphose oder während eines jüngeren prograden Ereignisses stattfand, kann nicht gesagt werden. Die statische grünschieferfaziale Überprägung äußert sich vor allem im Abbau von Granat und Biotit zu Chlorit. Die Abkühlung unter 400°C (Schließtemperatur des K-Ar-Systems in Muskovit) erfolgte nach der prägenden Metamorphose um 335Ma (Viséum), wie die Muskovitalter aus dem aplitischen Orthogneis und dem Granatglimmerschiefer zeigen.

Der undeformierte Granit ist schwach peraluminös. Einige Parameter, wie z.B. die hohen Gehalte an F, Ga, Nb, Y, gleichen jenen von A-Typ-Graniten.

Auch in den undeformierten Graniten zeigen die magmatischen Minerale Anzeichen einer retrograden Überprägung: Die mafischen Gemengteile sind zum Teil chloritisiert und die Feldspäte sind getrübt. Diese retrograde Überprägung kann entweder während der Abkühlung nach der Intrusion oder während eines zeitlich getrennten Ereignisses erfolgt sein.

Es stellt sich nun die Frage, ob die undeformierten Granite und die metamorph überprägten Gesteine aus dem gleichen Liefergebiet stammen oder nicht. Trifft der erste Fall zu, lassen sich weitere Hinweise auf das Liefergebiet ableiten. In diesem Fall sollte die prägende Metamorphose und Strukturprägung vor der Intrusion der Granite stattgefunden haben, die retrograde Überprägung der Metamorphite könnte aber durch die thermische Beeinflussung im Zuge der Intrusion erfolgt sein. In diesem Fall sollten die Granite nicht älter als 335Ma sein.

Betrachtet man den Metamorphosegrad der angetroffenen Metapelite, welche niemals über 550°C aufgeheizt worden sind, so scheidet das Moldanubikum und Teile des Moravikums als Liefergebiet aus.

4.2. Vergleich mit dem Liefergebiet der „Cetischen Granitoide“

Das Liefergebiet der Gresten-Formation ist der jurassisch/kretazische, proximale Südrand der Europäischen Platte (Vindelizisch-Böhmisches Land). Wie bereits FAUPL (1975) nach Untersuchung der klastischen Sedimente der Grestener Klippenzone klar zeigen konnte, hat das Liefergebiet kaum Übereinstimmungen mit dem Moldanubikum (und Bavarikum). Detaillierte Untersuchungen von Geröllen führten in weiterer Folge dazu, dass als Liefergebiet ein sogenannter „Cetischer Block“ bzw. ein „Cetisches Massif“ mit speziellem Gesteinsinhalt postuliert wurde (FRASL & FINGER, 1988), welcher weder der Böhmischen Masse entspricht noch dem Kristallin des Venediger Deckensystems im Bereich des Tauernfensters. Als typisch für diesen Abtragungsraum wurden die sogenannten „Cetischen Granitoide“ (FRASL & FINGER, 1988) identifiziert. Es handelt sich dabei um den tonalitisch-quarzdioritischen „Typ Schaitten“ und um den granodioritischen „Typ Buch-Denkmal“.

Bemerkenswert ist, dass am Hochbuchberg bisher keine Gerölle der „Cetischen Granitoide“ gefunden werden konnten. Diese finden sich zwischen Salzburg und Wien in der Grestener Klippenzone und umgelagert in der allochthonen Molasse (FRASL & FINGER, 1988). Nach Rb-Sr-Altern (THÖNI, 1991) und einem Zirkon-Alter (HUMER & FINGER, 2005) handelt es sich bei den „Cetischen Granitoiden“ um frühvariszische Intrusionen mit Kristallisationsaltern von ca. 370 Ma, welche bis 360 Ma bereits unter 300 °C (Schließtemperatur des Rb-Sr-Systems in Biotit) abgekühlt waren. Das Liefergebiet für die Gresten-Formation am Hochbuchberg zeigt demgegenüber einen deutlichen Unterschied in Bezug auf die Abkühlung. Es kann sich demnach nicht um die gleiche tektonische Einheit handeln, was zeigt, dass der „Cetische Block“ in sich gegliedert war.

4.3. Das Liefergebiet der Gerölle der Losenstein-Formation vom Spießengraben

Im Bereich des Spießengrabens waren die Magmatite die einzigen verwertbaren Kristallingerölle, welche aufgefunden werden konnten.

Der Granit ist nach Auswertung der chemischen Analyse als schwach peraluminöser A-Typ-Granit zu identifizieren. Bei den Quarzporphyren handelt es sich um peraluminöse, sehr kaliumreiche Rhyolithe. Diese zeigen bei vielen Haupt- und Spurenelementen sehr ähnliche Charakteristika wie der Granit (Abb. 2). Das trifft vor allem auf die Gehalte an Ga, Nb, Rb, Zr, Y, U, Th und REE zu. Die Gehalte an CaO, Sr, und vor allem Na₂O schwanken etwas. Da in den Vulkaniten eine positive Korrelation des Ca zu CO₂ gegeben ist und die Gesteine sekundär gebildetes Karbonat enthalten, ist dieser Effekt wahrscheinlich auf die im Dünnschliff sichtbare Alteration zurückzuführen. Die Alteration erfasste die Matrix und vor allem die Alkalifeldspäte in unterschiedlichem Maße. Es ist sehr wahrscheinlich, dass der Granit und die rhyolithischen Quarzporphyre einer ähnlichen Magmenquelle entstammen. Auch der rhyolithische Subvulkanit gehört wahrscheinlich der gleichen Suite an, da in einem der Rhyolithe ein Xenolith eines identischen Subvulkanites enthalten ist. Nähere Angaben zum intermediären Vulkanit können derzeit leider nicht gemacht werden.

Die Magmatite zeigen eine metamorphe Überprägung, welche die hohe Anchizone oder unterste Grünschieferfazies erreicht hat. Diese Bedingungen lassen sich aus dem Auftreten von Stilpnomelan ableiten. Wann diese Überprägung stattgefunden hat, ist nicht bestimmt, sie erfolgte jedoch vor der Ablagerung der Losenstein-Formation im späten Apt (ca. 115 Ma).

Nach WAGREICH (2001, 2003) zeigen die Ablagerungen der Losenstein-Formation eine bemerkenswerte Einheitlichkeit über das ganze Verbreitungsgebiet. Als exotisches Geröllmaterial werden Quarzporphyre, andesitische Vulkanite und Quarzite angegeben. Nur lokal und in geringem Ausmaß sind verschiedene Granite und Metamorphite anzutreffen (LÖCSEI, 1974; GAUPP, 1983). Als Liefergebiet wird eine Hochzone am aktiven nördlichen Kontinentalrand des Ostalpins genannt, welche sich durch Transpression während und nach dem Beginn der Subduktion des Penninischen Ozeans unter das Ostalpin gebildet hatte (FAUPL & WAGREICH, 2000; WAGREICH, 2001). Diese Hochzone war rasch aufgestiegen. Das lässt sich aus den Sedimenten, welche ein hohes topographisches Relief anzeigen (VON EYNATTEN & GAUPP, 1999) und durch *fission-track*-Alter an detritären Zirkonen der Losenstein-Formation, die mit 120 Ma nur wenig älter als das Sedimentationsalter sind (VON EYNATTEN, 1996), ablesen.

Das im Spießengraben beprobte Spektrum fügt sich gut in das bisher bekannte Bild. Abgetragen wurde eine obere Kruste mit Gesteinen, die maximal eine Metamorphose in unterster Grünschieferfazies erlebt haben. Mit Bezug auf die *fission-track*-Alter von VON EYNATTEN (1996) ist zu vermuten, dass die niedriggradige Metamorphose in den permischen Magmatiten in der Unterkreide stattgefunden hat.

4.4. Vergleich mit Geröllen aus der allochthonen Molasse

Von HUMER & FINGER (2005, 2006) wurden kristalline Gerölle aus der allochthonen Molasse im Raum Neulengbach – Tulln (Niederösterreich), welche vor allem aus dem Ollersbacher Konglomerat (Egerium) und aus den Blockmergeln von Königstetten stammen, untersucht. Die Gerölle lassen sich in vier Gruppen teilen: 1) Variszische Granitoide und amphibolit- bis granulitfaziale Metamorphite mit Ähnlichkeiten zu jenen der Böhmisches Masse. 2) Ultrapotassische Rhyolithe und A-Typ-Granite wahrscheinlich permischen Alters, 3) Frühvariszische Granitoide des „Cetischen Typus“ und 4) Epimetamorphe Orthogneise eines vermutlich ostalpinen Kristallins.

Die Gerölle aus dem Bereich der Böhmisches Masse und die Granitoide des „Cetischen Typus“ fehlen in den bei dieser Arbeit untersuchten Lokalitäten. Die Beschreibung der epimetamorphen Orthogneise erinnert an die aplitischen Orthogneise aus der Gresten-Formation. Wenn es sich dabei um dasselbe Material handelt, stammen die Gerölle aus der Gresten-Formation und damit vom jurassisch-kretazischen europäischen Südrand und nicht wie von HUMER & FINGER (2006) vermutet aus dem Ostalpin. Mit größter Sicherheit handelt es sich bei den kaliumreichen Rhyolithen und A-Typ-Graniten aus der allochthonen Molasse und aus der Losenstein-Formation um das gleiche Material. Neben der Petrographie sprechen auch die geochemischen Charakteristika für diese Annahme (Abb. 2). Daher ist anzunehmen, dass auch die Gerölle aus der Losenstein-Formation permische Kristallisationsalter haben. Ob die Gerölle in der allochthonen Molasse aber tatsächlich aus der Losenstein-Formation umgelagert wurden, sei dahingestellt. Gleichartige Vulkanite finden sich auch in cenomanen Ablagerungen des Bajuvarischen Deckensystems, aber auch in den Sedimenten der Gosau-Gruppe (Turonium–Paläozän).

Die kaliumreichen Rhyolithe und A-Typ-Granite sind auch aus einem weiteren Gesichtspunkt von Bedeutung. Sie belegen einmal mehr, dass der gesamte Nordteil der Apulischen Platte und damit das gesamte Ostalpin im Perm in einem Dehnungsregime lag. Bezogen auf die weite Verbreitung des permischen, quarzporphyrischen Vulkanismus sind geochronologische Datierungen noch recht selten. Das von HUMER & FINGER (2006) publizierte Alter von 280 ± 4 Ma passt sehr gut zu den Daten des Bozener Quarzporphyrs (274–285 Ma [KLÖTZLI et al., 2003]) und zu jenen Daten von gleichartigen Gesteinen aus der Transdanubian Range in Ungarn, für die von LELKES-VELVÁRI & KLÖTZLI (2004) 291 Ma angegeben werden. Die Bozener Quarzporphyre sind aber im Unterschied zu den hier behandelten Gesteinen eher I-Typ- als A-Typ-Schmelzen.

Dank

Die Autoren bedanken sich bei den Mitarbeitern der Abteilung Geochemie an der Geologischen Bundesanstalt für die Durchführung geochemischer Analysen. Für die Durchsicht des Manuskripts sei Karin Schuster gedankt.

Literatur

- FAUPL, P. (1975): Kristallinvorkommen und terrigene Sedimentgesteine in der Grestener Klippenzone (Lias–Neokom) von Ober und Niederösterreich. – Jb. Geol. B.-A., 118, 1–74.
 FAUPL, P. & WAGREICH, M. (2000): Late Jurassic to Eocene Palaeogeography and Geodynamic Evolution of the Eastern Alps. – Mitt. Österr. Geol. Ges., 92, 79–94.

- FINGER, F., ROBERTS, M.P., HAUNSCHMID, B., SCHERMAIER, A. & STEYRER, H.P. (1997): Variscan granitoides of central Europe, their typology, potential sources and tectonothermal relations. – *Mineralogy and Petrology*, 61, 67–96.
- FRASL, G. & FINGER, F. (1988): The "Cetic Massif" below the Eastern Alps - characterised by its granitoids. – *Schweiz. Mineral. Petrogr. Mitt.*, 68, 433–439.
- FRIMMEL, H. & FRANK, W. (1996): Neoproterozoic tectono-thermal evolution of the Gariep Belt and its basement, Namibia and South Africa. – *Precamb. Res.* 90, 1–28.
- GAUPP, R. (1983): Die paläogeographische Bedeutung der Konglomerate in den Losensteiner Schichten (Alb, Nördliche Kalkalpen). – *Zitteliana*, 10, 155–171.
- HUMER, B. & FINGER, F. (2005): Bericht 2003 über die petrographische Bearbeitung von Kristallingeröllen aus der allochthonen Molasse auf den Blättern 40 Stockerau und 57 Neulengbach. – *Jb. Geol. B.-A.*, 145(3-4), 368–369.
- HUMER, B. & FINGER, F. (2006): Bericht 2005 über die petrographische Bearbeitung von Kristallingeröllen aus der allochthonen Molasse auf den Blättern 40 Stockerau und 57 Neulengbach. – *Jb. Geol. B.-A.*, 146(1-2), 126–128.
- KLÖTZLI, U., MAIR, V. & BARGOSSO, G.M. (2003): The "Bozener Quarzporphyr" (Southern Alps, Italy): single zircon U/Pb age evidence for 10 Million years of magmatic activity in the Lower Permian. – *Mitt. Österr. Miner. Ges.*, 148, 187–188.
- LELKES-FELVÁRI, Gy. & KLÖTZLI, U. (2004): Zircon geochronology of the "Kékkút quartzporphyr", Balaton Highland, Transdanubian Range, Hungary. – *Acta geologica Hungaria*, 42/2-3, 139–149.
- LE MAITRE, R.W. (Ed.) (1989): A classification of igneous rocks and glossary of terms. – 193 S. (Blackwell) Oxford.
- LÖCSEI, J. (1974): Die geröllführende mittlere Kreide der östlichen Kalkvorpalen. – *Jb. Geol. B.-A.*, 117, 17–54.
- PEARCE, J.A., HARRIS, N.B.W. & TINDELE, A.G. (1984): Trace element discrimination diagrams for the tectonic interpretation of granitic rocks. – *J. Petrol.*, 25, 956–983.
- PFLEIDERER, S., HEINRICH, M., REITNER, H., DECKER, K., DENK, W., PÖPPEL, L., KLEIN, P., LIPIARSKI, P., MASSIMO, D., PAVUZA, R., PIRKL, H., PLAN, L., RABEDER, J., RANK, D., TRAXLER, K., WIMMER, H. (2005): Hydrogeologische Grundlagen in den Kalkvorpalen im SW Niederösterreichs Hydro Ybbs-West: Endbericht 2005. – Bund/Bundesländer-Rohstoffprojekt N-A-06u/2002-05 Wien (Bibl. Geol. B.-A./Wiss. Archiv Nr. A 13677-R).
- THÖNI, M. (1991): Neue Rb/Sr-Daten an Mineralien und Gesteinen des Leopold von Buch-Denkmales und am Tonalit von Schaitten. – *Mitt. Ges. Geol. Bergbaustud. Österreich*, 37, 157–162, Wien.
- VON EYNATTEN, H. (1996): Provenanzanalyse kretazischer Siliziklastika aus den Nördlichen Kalkalpen. – *Diss. Univ. Mainz*, 145 S.
- VON EYNATTEN H. & GAUPP, R. (1999): Provenance of Cretaceous synorogenic sandstones in the Eastern Alps: constraints from framework petrography, heavy mineral analysis and mineral chemistry. – *Sediment Geol.*, 124, 81–111.
- WAGREICH, M. (2001): A 400-km-long piggyback basin (Upper Aptian–Lower Cenomanian) in the Eastern Alps. – *Terra Nova*, 13, 401–406.
- WAGREICH, M. (2003): A slope-apron succession filling a piggyback basin: the Tannheim and Losenstein Formations (Aptian–Cenomanian) of the eastern part of the Northern Calcareous Alps (Austria). – *Mitt. Österr. Geol. Ges.*, 93, 31–54.
- WAHLEN, J.B., CURRIE, K.L. & CHAPPELL, B.W. (1987): A-type granites: geochemical characteristics, discrimination and petrogenesis. – *Contrib. Mineral. Petrol.*, 95, 407–419.

Dr. Ralf SCHUSTER, Dr. Hans EGGER: Geologische Bundesanstalt, Neulinggasse 38, A 1030 Wien, ralf.schuster@geologie.ac.at, hans.egger@geologie.ac.at

Prof. Dr. Fritz FINGER: FB Materialforschung & Physik, Abteilung Mineralogie, Universität Salzburg, Hellbrunnerstraße 34/III, A 5020 Salzburg,

Prof. Dr. Wolfgang FRANK: CEAL - Central European Ar Laboratory, Geological Institute of Slovak Academy of Science, Dubravska cesta 9, 840 05 Bratislava, P.O.BOX 105, Slovak Republic.