

Die Zusammensetzung der Pegmatite von Edling und Wolfsberg bei Spittal/Drau (Kärnten) im Rahmen der Pegmatitvorkommen des Millstätter See-Rückens

Von WERNER LUECKE & FRIEDRICH HANS UCİK*)

Mit 4 Abbildungen und 8 Tabellen

Kärnten
Millstätter See-Rücken
Mittelostalpin
Altkristallin
Pegmatite
Geochemie
Petrographie
Mikrosondenanalysen
Spodumen
Feldspat

Österreichische Karte 1 : 50.000
Blätter 182, 183, 166, 200

Inhalt

Zusammenfassung	173
Summary	174
1. Einleitung	174
2. Der Spodumenpegmatit und sein Nebengestein	174
2.1. Mineralogische Untersuchungen	174
2.2. Geochemische Untersuchungen	179
2.3. Der Spodumenpegmatit und seine metamorphe Umgebung	181
3. Der Feldspatpegmatit vom Wolfsberg	182
3.1. Mineralogische Untersuchungen	182
3.2. Geochemische Untersuchungen	183
4. Die übrigen Feldspatpegmatite des Millstätter See-Rückens	184
5. Der geologische Rahmen der Pegmatitvorkommen	185
6. Die Pegmatite in bergbaulicher Hinsicht	185
Literatur	186

Zusammenfassung

Im mittelostalpinen Altkristallin des Millstätter-See-Rückens zwischen dem Millstätter See im Norden und dem Drautal im Süden tritt eine große Anzahl von Pegmatiteinlagerungen in sehr unterschiedlicher Größe auf. Aus einem dieser Pegmatite ist Spodumen bekannt, aus einigen anderen seltene Nb, Ta- und Phosphat-Minerale. Obwohl fast vier Jahrzehnte lang bis 1973 einige dieser Feldspatpegmatite (bei Lippnik, am Wolfsberg, bei Laas) als Grundstoff für die Keramik-, Email- und Glasherstellung abgebaut wurden, stehen nähere geologische und mineralogische Untersuchungen der einzelnen Vorkommen noch immer aus.

Im allgemeinen bilden die Pegmatite Linsen und Lagen von stark wechselnder Gestalt und Ausdehnung; sie treten als konkordante Einschaltungen in dem hier hauptsächlich von ±quarzreichen Zweiglimmer-Schiefern aufgebauten Altkristallin auf. Die Hauptschieferung streicht meist SE–NW, selten NE–SW, die entsprechenden Flächen fallen gegen NW bis NE ein. Einige der Pegmatitkörper enthalten über 100.000 bis 1 Mio Tonnen Gesamtmasse und stellen damit auch einen ökonomischen Faktor dar; es wird die mögliche Bedeutung dieser Vorkommen für die Feldspatversorgung Österreichs diskutiert.

Der Spodumenpegmatit von Edling besitzt große Spodumen-XX mit einer feinkörnigen Grundmasse aus Feldspat und Quarz; in seinen äußeren Bereichen zeigt er eine leichte metamorphe Überprägung (Gefügeregelungen, Mineralverbiegungen, Brüche). Die Minerale der inneren Pegmatitzone unterliegen randlichem Zerfall, Korrosion, Auflösung und Kristallumbau, während der Mineralbestand der äußeren Partien vermutlich durch Rekristallisationsvorgänge (Resorption von Einschlüssen, klare Korngrenzenbildung) weit besser erhalten ist. Diese Unterschiede von innerem (i) und äußerem (a) Pegmatitbereich spiegeln sich auch in der modalen Zusammensetzung des Gesteins wider (vgl. Tab. 1). Die Feldspatkomponente (hauptsächlich Albit, untergeordnet Mikroklin) mit einem Na:K-Atomverhältnis von 2,5 (a) bis 3,7 (i) : 1 vergrößert sich im inneren Pegmatitbereich infolge Spodumenabbaus unter Neubildung von weiterem Albit. Die chemische Analyse des Gesteins, der Spodumen-, Feldspat- und Muskovitphase ergab die für Spodumenpegmatite typische Haupt- und Spurenelementverteilung; nur relativ hohe Pb- und Zn-Gehalte sind eher atypisch: Pb findet seinen Wirt im Feldspat, Zn im Muskovit. Die Spurenelementverteilung zwischen den drei Hauptmineralen läßt vermuten, daß sich der Spurenelement-arme Spodumen von Edling vor dem relativ Spurenelement-reichen (aber vergleichsweise Li-armen) Muskovit und Feldspat gebildet hat. Das Nebengestein des Spodumenpegmatits ist ein sehr heller Feldspat-Glimmer-Gneis mit Spuren von vermutlich Columbit. Das Material ist arm an den Pegmatit-typischen Elementen Li, K, Rb und Cs (i. e. kein Elementaustausch mit dem angrenzenden Alkali-Pegmatit), aber sehr reich an Na. Feldspat ist

*) Anschriften der Verfasser: Dr. WERNER LUECKE, Institut für Petrographie und Geochemie der Universität, Kaiserstraße 12, D-75 Karlsruhe; Dr. FRIEDRICH HANS UCİK, Landesmuseum für Kärnten – Geologie, Museumgasse 2, A-9021 Klagenfurt.

folglich als fast reiner Albit, Glimmer als Polymorph von 2M, Muskovit (mit allem Gesteins-K, -Rb, -Pb) und dem Na-Glimmer Paragonit (mit vermutlich allem Li) ausgebildet.

Der große Feldspatpegmatit am Wolfsberg variiert in seiner mineralogischen und geochemischen Zusammensetzung unerwartet stark und zeigt in seinem Gefüge – parallelgehend zu Muskoviten – Korneinregelungen von Feldspat und Quarz. Unter Nichtberücksichtigung von Material stark turmalinführender Aufschlußbereiche wurden zwei charakteristische Proben detailliert untersucht:

- ① ein feinkörniges, sehr helles Material (Fe etwa 0,1 %) mit ca. 82 % Feldspat und ca. 5 % Muskovit, sowie
- ② ein etwas gröberes, leicht graues Material (Fe etwa 1 %) mit nur ca. 70 % Feldspat, aber ca. 25 % Muskovit (alle Angaben in Gew.-%; vgl. Tab. 5).

Auch in diesem Vorkommen scheinen bereits auf geringe Distanzen unterschiedliche pTX-Bedingungen wirksam gewesen zu sein; während Probe ① aus unreinen, nicht klar umgrenzten Kornaggregaten (perthitischer Orthoklas, wenig Muskovit) aufgebaut wird, besitzt Probe ② durch Rekristallisation, Einschlußfreiheit und glatte Korngrenzen (Pflasterstruktur) ein stark geändertes Gefüge aus einfach bis polysynthetisch verzwilligten Albiten und viel (sekundärem?) Muskovit (mit dem gesamten Gesteins-K). Dementsprechend ist die chemische Analyse von ① durch hohe K-Gehalte, von ② durch hohe Na-Gehalte gekennzeichnet; das Na : K-Atomverhältnis in Feldspat verschiebt sich von 1 : 2 in ① auf 16 : 1 in ②. Parallel dazu gehen hohe Spurenelementgehalte von Li, Rb, Cs und Pb in ① und umgekehrt hohe Gehalte an Erdalkali, Zn, Cu, Mn und B in ②.

Summary

A lot of pegmatite bodies of different size occur in the middle eastalpine crystalline series of the Millstätter-See ridge between the Lake of Millstatt in the north and the river Drau in the south. One of them contains the mineral spodumene, in some others rare Nb, Ta and phosphate minerals are found. Although the feldspar of these pegmatites was mined for about forty years until 1973 at Lippnik, Laas and the Wolfsberg near Spittal/Drau for purposes of pottery, enamel and glass work, the geological and mineralogical knowledge about these rocks is rather poor.

The pegmatites form lenses and layers of very different shape and size and exhibit intercalations in mainly mica-schists (more or less quartz-rich) of the crystalline series. The strike of the main cleavage is mostly SE–NW, rarely NE–SW, the dip is to NW–NE. As some of the pegmatite bodies contain more than 100.000 up to about 1 mio. tons of rock material the possibility is considered to supply Austria with feldspar of these pegmatites.

The spodumene pegmatite of Edling consists of large spodumene crystals embedded in a fine ground mass of feldspar and quartz; in its outer parts the pegmatite shows a slight metamorphic character resulting in bending and fracturing of mineral grains. The minerals of the inner part of the pegmatite undergo a marginal corrosion and decomposition, whereas the minerals of the outer parts are in a better condition, probably because of recrystallization processes and resorption of inclusions. These differences between inner and outer parts are also expressed in the modal composition of the pegmatite (see Table 1). The quantity of feldspar (mainly albite, subordinate microcline) increases in the inner part because of spodumene dissolution in favor of new albite. The chemical analysis of the pegmatite and of its spodumene, feldspar and mica phase shows the typical element distribution of lithium pegmatites; relatively high Pb and Zn concentrations are unusual: Pb enters the feldspar lattice, Zn enters that of muscovite. The relatively low concentration of Li in feldspar and mica might suggest that the spodumene phase of this pegmatite was formed in a very early stage. The country rocks of the pegmatite consist of a very light feldspar-mica-gneiss with traces of probably columbite. The rock is poor in Li, K, Rb and Cs (so no element exchange with the bordering pegmatite took place), but rich in sodium. Consequently feldspar is formed as albite and mica by a mixture of 2M, muscovite (with all rock-K, -Rb, -Pb) and the Na-mica paragonite (with probably all rock-Li).

The feldspar pegmatite body of the Wolfsberg varies considerably in its mineralogical and geochemical composition; the

texture shows an orientation of the feldspar and quartz grains parallel to muscovite. Two characteristic samples

- ① a fine grained pegmatite and
 - ② a more coarse grained pegmatitic rock
- were extensively examined: ① yields 82 wt.-% feldspar and 5 wt.-% muscovite (+13 wt.-% quartz) and ② yields about 70 wt.-% feldspar and 25 wt.-% muscovite (+ 5 wt.-% quartz). Sample ① proved to be a rock with perthitic orthoclase, not well crystallised, whereas sample ② reveals a clear mosaic texture (with albite) because of recrystallisation and resorption of mineral inclusions. Accordingly the chemical analyses of ① resulted in a high K content including increased concentrations of Li, Rb, Cs, Pb and those of ② in a high Na content including enhanced amounts of alkaline earth, Zn, Cu, Mn and B, the latter element due to tourmaline traces.

1. Einleitung

Im gesamten mittelostalpinen Altkristallin von Kärnten, so auch im Gebiet des Millstätter See-Gebirges, tritt eine große Anzahl von Pegmatiteinlagerungen auf, die mehrfach als Rohmaterial für verschiedene Einsatzzwecke abgebaut wurden (KIESLINGER, 1956). Hier ist aus dem Bereich von Spittal a. d. Drau im Umfeld von Edling ein Spodumenpegmatit (MEIXNER, 1948) als Einlagerung in der Liesergneisserie wegen seines singulären Auftretens besonders bekannt geworden (MEIXNER, 1951; ANGEL & MEIXNER, 1953). Ebenfalls in der Liesergneisserie findet sich N von Spittal am Eingang in die Lieserschucht ein ausgedehnter Feldspatpegmatit (z. B. MEIXNER, 1951), dessen Alkalifeldspatphase ein wichtiger Grundstoff für die Keramik-, Email- und Glasherstellung darstellt (KIESLINGER, 1956). Ähnliche Feldspatpegmatite, die auch bis 1974 abgebaut wurden, treten u. a. NE von Edling am Wolfsberg auf (z. B. KHALILI, 1972); weitere Vorkommen in diesem Gebiet können der geologischen Lageskizze (Abb. 1) entnommen werden.

Zum Zwecke des Vergleichs mit anderen Spodumenpegmatiten (z. B. von Varuträsk, QUENSEL, 1956; von Leinster in SE-Irland, LUECKE, 1981; aus der Steiermark, KOLLER et al., 1983) wie auch mit dem oben genannten Feldspatpegmatit N von Spittal (ANGEL & MEIXNER, 1953) wurden dem Spodumenpegmatit von Edling und dem Feldspatpegmatit vom Wolfsberg Großproben entnommen und mineralogisch-geochemisch untersucht. Die Ergebnisse werden im folgenden mitgeteilt.

2. Der Spodumenpegmatit und sein Nebengestein

2.1. Mineralogische Untersuchungen

Die Fundstelle der von ANGEL & MEIXNER (1953) beschriebenen Pegmatit-Einschlüssen in der Liesergneisserie (E in Abb. 1) ist heute stark verfallen und überrutscht, sodaß für die Probenahme des Spodumenpegmatits auf das umfangreiche, dem Anstehenden entnommene Sammelmateriale des Landesmuseums für Kärnten in Klagenfurt zurückgegriffen werden mußte. Das Nebengestein des Pegmatits wird i. d. Lit. als Glimmerschiefer und Granatschiefergneis beschrieben, die zusammen mit Granatglimmerquarziten und Glimmerquarziten auftreten. Beprobt wurde das sehr helle, granatfreie Nebengestein im unmittelbaren Bereich zu einem der drei übereinander liegenden Pegmatite.

Der Spodumenpegmatit hat megaskopisch das für Pegmatite typische grobkörnige Gefüge mit cm-großen, milchig-weißen bis grau-grünlichen Spodumentafeln, die in einer eher feinkörnigen Grundmasse aus Feldspat und Quarz, sowie stark zurücktretend Muskovit, eingebettet sind. Die Minerale des beprobten Pegmatits zeigen in dessen Zentralbereich (= i) ein mehr unregelmäßiges Gefüge, mit Annäherung zum Nebengestein (= a) weisen dagegen größere Quarzlagen und Muskovit eine Einregelung auf, die an den Korngrenzen durch einen Belag von braunen Fe-Oxiden besonders gut sichtbar wird.

Die modale Zusammensetzung eines Pegmatits kann über Großschliffintegration (Vol.-%) bestimmt werden; sie führt aber meist wegen seiner Groß- bis Grobkörnigkeit nicht sinnvoll zu Ergebnissen. Da für die chemische Analyse einzelner Mineralphasen diese in Reinform vorliegen müssen, wurde hier der arbeitsaufwendige Weg der quantitativen Phasentrennung aller Kornklassen mit dem Ziel beschritten, auch gleichzeitig die modale Zusammensetzung des pegmatitischen Materials (in Gew.-%) zu erhalten. Über die dabei auftretenden Probleme, z. B. der Mineralphasentrennung der Kornklasse <math>< 50 \mu</math> in Zusammenhang mit selektiven Mineralan- und -abreicherungen in Abhängigkeit von unterschiedlichen Korngrößen (s. u.), wurde bereits an anderer Stelle ausführlich berichtet (LUECKE, 1981). Tabelle 1 gibt die modale Zusammensetzung in Gew.-% von zwei Spodumenpegmatitproben, die bereits megaskopisch je einen hohen bzw. einen niedrigen Spodumengehalt aufwiesen, wieder. Die gefundenen Anteile der Spodumenphase stehen in guter Übereinstimmung mit den auf Grund der chemischen Analyse berechneten Spodumenmengen (vgl. Fußnote 2, Tab. 1). Die in Tabelle 1 miteinbezogenen Daten von WESTENBERGER (1954) von einer Spodumen-reichen und einer Spodumen-armen Probe der gleichen Lokalität ergeben gemittelt vergleichbare Zahlenwerte, sodaß für den Spodumenpegmatit von Edling ein durchschnittlicher Spodumengehalt von etwa 25 Gew.-% angenommen werden kann.

Unter dem Binokular ist der Spodumen des Pegmatits milchig-bis grauweiß und hat eine säulen- bzw. tafelförmige Ausbildung. Der Glimmer (Muskovit) ist hellgelb bis leicht grünlich; einige Körner sind besonders dicht mit opakem Erz durchsetzt. Bei der Gesteinszerkleinerung zeigen Spodumen wie auch Muskovit mit sinkender Korngröße (s. o.) typischerweise eine Mengenabreicherung; umgekehrt verhalten sich Feldspat und Quarz. Die Quarzphase ist glasig durchscheinend, teilweise auch milchig trübe, der Feldspat erscheint hellstgrau bis weißlich. An Spurenmineralen mit einer Dichte von >3.3 (Dijodmethan) fanden sich neben etwas Apatit (vgl. MEIXNER, 1967) und braunen, nicht magnetischen Eisenoxid-Partikeln etliche Opakerzkörner von dunkelbraun bis schwarzer Farbe mit Fett- bis Glasglanz und muscheligem Bruch. Die Untersuchung dieser Erzkörner mit der Mikrosonde ergab im Gegensatz zu auftretendem Opakerz im weißen Nebengestein (s. u.) keine Nb- u/o Ta-Führung, wie dies an sich vermutet wurde (vgl. ANGEL & MEIXNER, 1953). Im vorliegenden Falle handelt es sich um Oxide und Sulfide von Fe, Zn, Mn und Ti.

Im Dünnschliff läßt der Spodumenpegmatit bei stark unterschiedlicher, z. T. das Gesichtsfeld überschreitender Korngröße keine ausgesprochenen Schieferungsmerkmale erkennen; dagegen sind Mineralkorn-einregelungen (bei Spodumen, Feldspat, Quarz und Muskovit), Brüche (Spodumen) und Verbiegungen (Muskovit) für Probe 1a (Lfd. Nr. 1) typisch, nicht so in den Schliffen der Probe 1i (Lfd. Nr. 2). Der Spodumen, der in Probe 1a in großer, in Probe 1i mit nur verringerter Menge auftritt, ist praktisch farblos und läßt je nach Schnittlage die charakteristischen Spaltrisse deutlich erkennen. Die Spodumenkörner sind in Probe 1a nur gering, in Probe 1i dagegen weitaus stärker zersetzt, löchrig und z. T. randlich zerfallen; Erhaltungsgrad und Menge des Spodumens gehen parallel (vgl. Tab. 1). Soweit optisch sicher erkennbar, treten als Einschlüsse im zerfallenen Spodumen Quarz und – seltener – Muskovit auf. Bei feinkörnigem Zerfall oder randlicher Auflö-

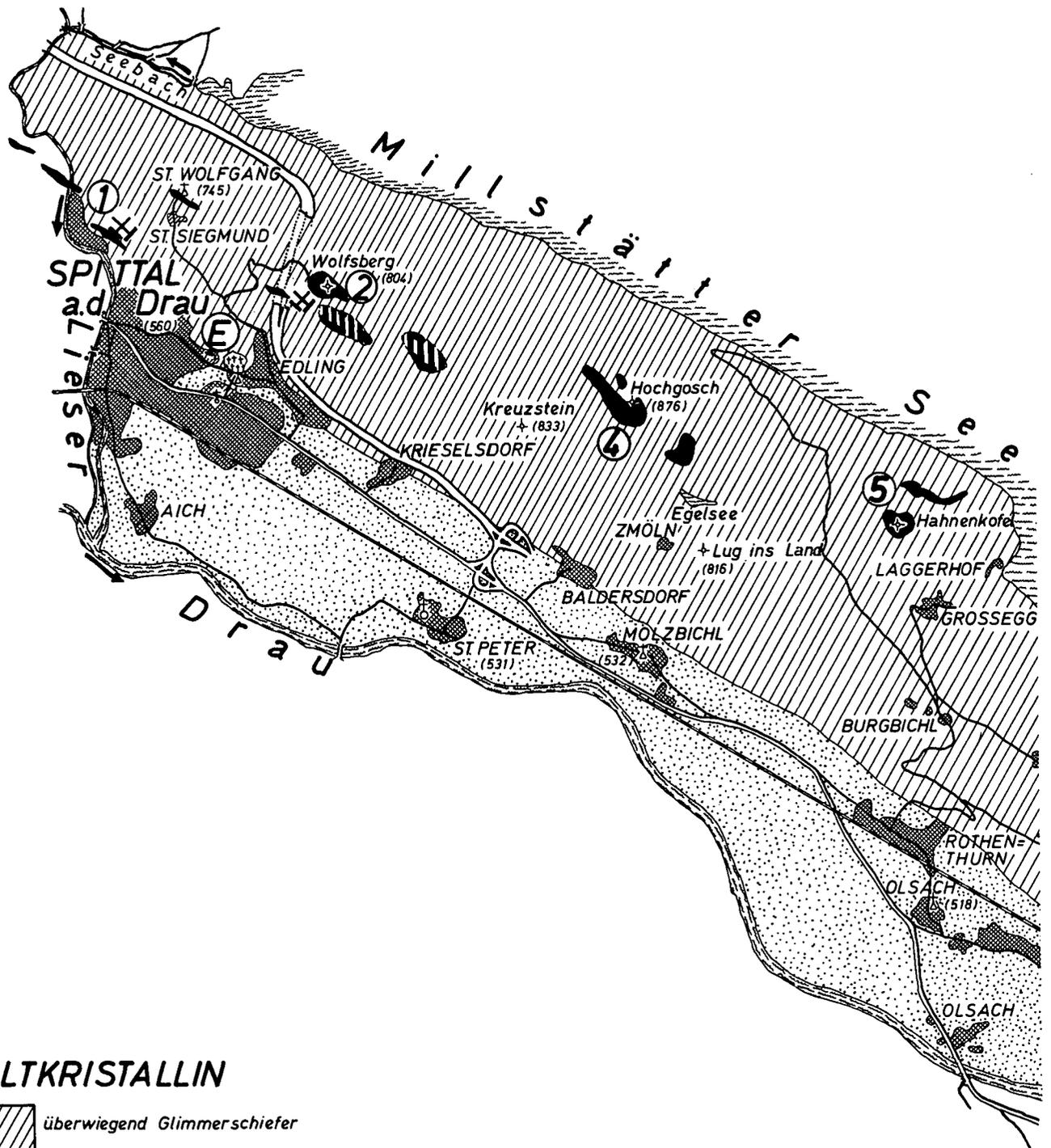
Tabelle 1: Modale Zusammensetzung [in Gew.-%] des Spodumenpegmatits von Edling und seines unmittelbar angrenzenden Nebengesteins, eines Albit-Muskovit-Paragonit-Gneises.
Probe ÖED-M-1a = Außenpartie des Pegmatits; Probe ÖED-M-1i = Innenzonen des Pegmatits.

Lokalität	Edling		Edling		Edling		
	Spodumen-pegmatit		Spodumen-pegmatit	Spodumen-reiche Probe ¹⁾	Spodumen-arme Probe ¹⁾	Ab-Mus-Par-Gneis	Ab-Mus-Par-Gneis
Probe	ÖED-M-1a		ÖED-M-1i			ÖED-1x	ÖED-1y
Laufende Nr.	1		2	--	--	9	10
Alkalifeldspat	29.9		39.9	n.b.	n.b.	42.7	56.7
Quarz	34.9		37.3	n.b.	n.b.	47.5	29.4
Glimmer	8.7		3.0	n.b.	n.b.	9.8	13.9
Opakerz	0.1		< 0.1	n.b.	n.b.	< 0.1	< 0.1
Spodumen	26.4		19.8	35.8	16.0	—	—
gemittelt		23.1			25.9		
Spodumen; berechnet ²⁾	29.7		21.1	35.8	16.2	—	—
gemittelt		25.4			26.0		

¹⁾ aus WESTENBERGER (1954)

²⁾ auf der Grundlage, daß Gew.-% Spodumen = $f_{(\text{Gew.}\% \text{ Li}_2\text{O Gestein})}$ ist; es ist folglich:

$$\text{Gew.}\% \text{ Spodumen} = \frac{[(\% \text{ Li}_2\text{O Gestein}) - (\% \text{ Li}_2\text{O von Feldspat} + \text{Muskovit})] \times 100}{\% \text{ Li}_2\text{O von Spodumen}}$$



ALTKRISTALLIN

 überwiegend Glimmerschiefer

 schiefriger Gneis

 Pegmatite (wichtige, meist größere Einzelvorkommen bzw. gehäuftes Auftreten)

 wahrscheinliche Ausdehnung von Großvorkommen

 ALLUVIUM

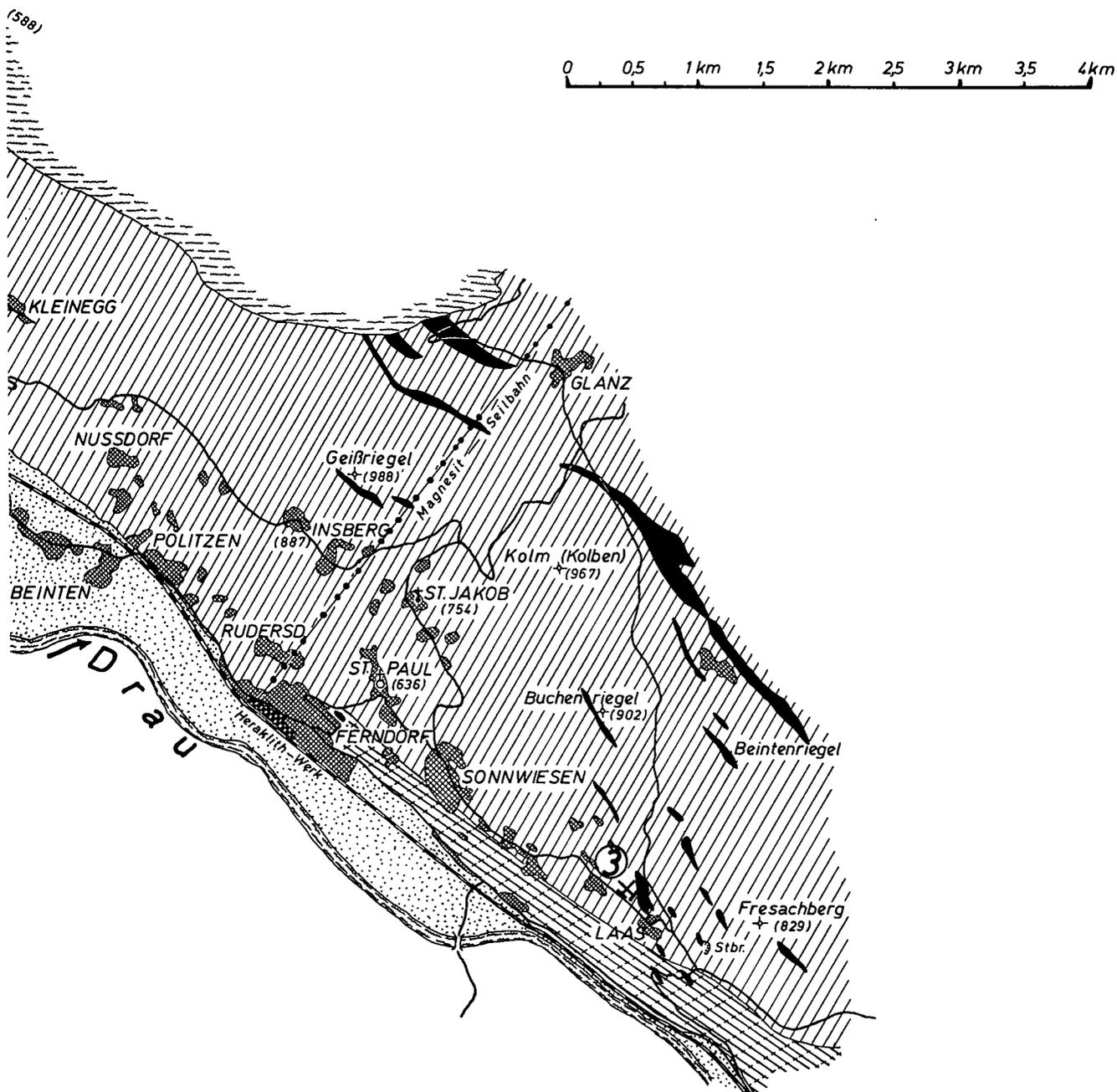
	ehemaliger Abbau
1	Lippnik
2	Wolfsberg
3	Laas
E	Spodumenpegmatit Edling
4	Hochgosch
5	Hahnenkofel

Abb. 1: Geologische Lageskizze der Pegmatitvorkommen und Feldspatabbau im Bereich des des Millstätter See-Rückens.

Geologische Lageskizze der PEGMATITVORKOMMEN und FELDSPATABBAUE im Bereich des MILLSTÄTTER SEE-RÜCKENS

nach Kartenunterlagen von N.ANDERLE, Ch.EXNER und W.FRITSCH
sowie eigenen Begehungen entworfen und gezeichnet von F.H.UCIK 1984

Topografische Unterlage: Österr. Karte 1:50.000
Blätter 182, 183 und 200



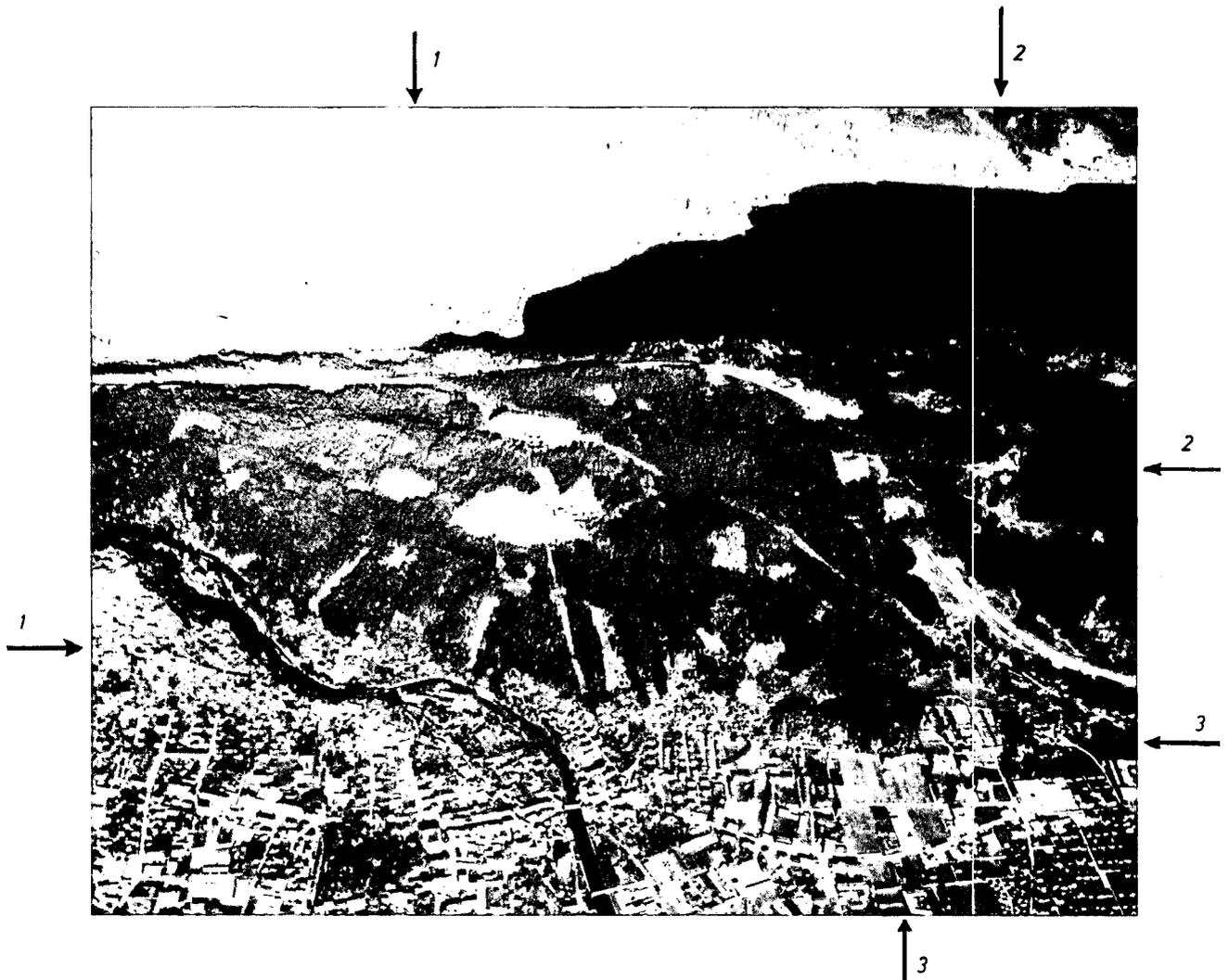


Abb. 2: Blick auf das Westende des Millstätter See-Rückens und auf Spittal/Drau aus SW; links die Lieser, rechts die Autobahn, dahinter das W-Ende des Millstätter Sees.

1 = Ehemaliger Feldspatbergbau Lippnik; 2 = Steinbruch am Wolfsberg; in dem waldigen Gelände rechts unterhalb des Steinbruches liegt eine weitere große Pegmatitlinse (?1 Mio. Tonnen); 3 = Spodumenpegmatit Edling.

Luftbild aufgenommen am 22. 10. 1980 von der Abteilung 15/Baudirektion beim Amt der Kärntner Landesregierung; freigegeben durch das BM/LV, Zl. 13.080/504-1.6/80 und Zl. 304720-Luft/62 gem. § 130 Luftfahrtgesetz.

sung ist feinsten, nicht mehr abtrennbarer Feldspat (hauptsächlich Albit) mit dem Spodumen vermengt; letzteres spiegelt sich in der chemischen Analyse durch erhöhte Na_2O - und K_2O -Gehalte (und prozentual weniger Li_2O) wider (vgl. Lfd. Nr.3 und 4). Das von ANGEL & MEIXNER (1953) erwähnte glimmerige und faserige Umwandlungsprodukt dieses Spodumens, das WESTENBERGER (1954) nach näherer Prüfung als Li-freies Material mit K- und Na-Vormacht beschreibt, wurde hier im Körnerpräparat wie im Dünnschliff nicht angetroffen.

In diesem Zusammenhang dürfte die Beschreibung faseriger Spodumenumwandlungsprodukte eines Spodumenpegmatits (Lokalität Ossiachersee, Kärnten) durch GÖD (1978) von Interesse sein; die grauweißen, büscheligen Aggregate wurden von GÖD als Holmquistit (Li-reicher, orthorhombischer Amphibol) identifiziert.

Unter den z. T. ebenfalls sehr grobkörnig entwickelten Feldspäten lassen sich drei Varietäten unterscheiden: ein partienweise sehr deutlich gegitterter Mikroklin (in 1a selten, in 1i ziemlich häufig) mit Einschlüssen von u. a. auch anderen K-Feldspäten; unverzwilligte, glatte K-Feldspäte, die teilweise als Perthite entwickelt sind, sowie schließlich mehrfach bis polysynthetisch

verzwilligte Plagioklase (Albit) in wechselnder Menge und Korngröße. Der Anteil an Gesamtfeldspat steigt im zentralen Pegmatitbereich (Probe 1i) auf Kosten der bereits erwähnten Spodumenaufzehrung; er bildet in Gemeinschaft mit Quarz die Grundmasse des Spodumenpegmatits. Quarz löscht teilweise undulös aus und läßt sich von den glatten Feldspäten oft nur mittels Achsenbild sicher unterscheiden. Der mengenmäßig nur untergeordnete Hellglimmer tritt fast stets als farbloser, mehr oder weniger grobblättriger Muskovit auf; nur ganz vereinzelt zeigt sich eine auch im Schliff erkennbare blasse gelblichgrüne Eigenfarbe. Er erscheint häufig eng benachbart und eingeregelt zu den Spodumenleisten. Entsprechend dem spurenhafte Auftreten von Opakerz in den untersuchten Spodumenpegmatiten (vgl. Tab. 1) erwiesen sich auch die Dünnschliffe als praktisch erzfrei. Apatit fand sich in einigen Fällen in Form kleinster idiomorpher Kristalle.

Das beprobte Nebengestein ist ein sehr heller Feldspat-Glimmer-Gneis; er entstammt dem unmittelbaren Kontaktbereich zum Spodumenpegmatit und wurde an Hand von zwei unterschiedlich zusammengesetzten Proben (1x und 1y) mit der Absicht untersucht, einen

möglichen geochemischen Einfluß bei der Pegmatitgenese auf dieses Material bzw. umgekehrt aufzudecken. Megaskopisch zeigen sich nach 001 gut ausgebildete, bis cm-große helle Glimmer in Schieferflächen-paralleler Orientierung, während die beiden übrigen Mineralphasen Feldspat und Quarz ein feinkörniges Grundgewebe bilden. Die modale Zusammensetzung des Gesteins aus der quantitativen Mineralphasenseparation (Gew.-%) ist in Tab. 1 (Lfd. Nr. 9 und 10) aufgeführt und bestätigt seine megaskopische Ansprache als ein Feldspat-Glimmer-Gneis mit einem Feldspat:Quarz-Verhältnis von 1 : 1 bis 1 : 2. Unter dem Binokular erweisen sich die Spuren von angetroffenem Opakerz als nicht magnetisches Eisenoxid und Pyrit; einige metallglänzende Körner wurden mit der Mikrosonde qualitativ analysiert; neben Fe und untergeordnet Si, Al, K und Ti fanden sich deutliche Mengen an Nb sowie geringere Anteile an Ta (Peakverhältnis Nb : Ta \approx 3 : 1). Äußere Kennzeichen und das Fehlen von Ca sprechen für die Anwesenheit von Columbit in diesem Gneis.

Im Dünnschliff ist die Schieferung des Nebengesteins sehr deutlich vor allem durch die Lagen und Schlieren des meist grobblättrigen Hellglimmers angezeigt. Quarz und Feldspat bilden ein Mosaikgefüge, jüngere Rekristallisationsvorgänge erscheinen daher wahrscheinlich. Unter den Feldspäten, bei denen es sich auf Grund der chemischen Analysen (vgl. Tab. 3, Lfd. Nr. 11 und 12)

im wesentlichen um fast reinen Albit handelt, werden überwiegend glatte bis einfach verzwilligte Plagioklase angetroffen, polysynthetisch verzwilligte Plagioklase sind relativ selten. Vereinzelt sind in den Plagioklasen als jüngere Einschlüsse rundliche Quarzkörner sowie idiomorphe, glatte Feldspäte (Albit?) zu beobachten. Der z. T. undulös auslöschende Quarz läßt sich vom Albit häufig nur mittels Achsenbild sicher unterscheiden, sodaß sein mengenmäßiger Anteil im Schliff schwer abzuschätzen ist. Die einfache mikroskopische Bestimmung der Hellglimmer als Muskovit erschien unter Berücksichtigung seiner chemischen Analyse mit Na>K (vgl. Tab. 3, Lfd. Nr. 13 und 14) sehr zweifelhaft, weil Na-führende Glimmer fast die gleichen optischen Daten besitzen wie Muskovit. Mit Hilfe von Pulverdiffraktometeraufnahmen wurde die Glimmerphase des untersuchten Gneises als Verwachsung von 2M₁-Muskovit mit Paragonit identifiziert.

2.2. Geochemische Untersuchungen

Die chemischen Analysen des Spodumenpegmatits von Edling (Tab. 2, Lfd. Nr. 1 und 2) sowie seiner Mineralphasen Spodumen (Nr. 3 und 4), Feldspat (Nr. 5 und 6) und Muskovit (Nr. 7 und 8) zeigen im Vergleich zu Spodumenpegmatiten anderer Vorkommen zumeist be-

Tabelle 2: Analysendaten des grobkörnigen Spodumenpegmatits von Edling bei Spittal/Drau (Steinbruch bei der Kirche) und seiner Hauptmineralphasen.

Material	Spodumen-pegmatit	Spodumen pegmatit	Spodumen	Spodumen	Spodumen	Feldspat	Feldspat	Muskovit	Muskovit
Probe	ÖED-M-1a	ÖED-M-1i	Spod-1a	Spod-1i	3617**)	Fsp-1a	Fsp-1i	Mus-1a	Mus-1i
Laufende Nr.	1	2	3	4	--	5	6	7	8
SiO ₂	73.2	(74.5)	(64.7)	(64.8)	63.82	(67.5)	(68.2)	46.8	47.9
TiO ₂	0.02	0.02	—	—	—	—	—	<0.05	<0.05
Al ₂ O ₃	18.0	16.2	27.0	26.8	27.40	20.9	20.7	36.3	35.5
Fe ₂ O ₃	0.24	0.15	0.31	0.31	0.26	0.02	0.03	0.81	1.01
MnO	0.01	0.01	0.02	0.02	0.01	0.00	0.00	0.01	0.02
MgO	0.08	0.01	0.01	0.01	—	0.00	0.01	0.03	0.06
CaO	0.06	0.04	0.01	0.01	—	0.04	0.03	0.00	0.01
Li ₂ O	2.13	1.37	7.13	6.41	6.35	0.02	0.03	0.06	0.14
Na ₂ O	2.86	5.05	0.52	1.13	0.62	7.21	7.82	0.66	0.74
K ₂ O	2.56	2.11	0.28	0.47	0.49	4.31	3.19	9.49	9.82
Rb ₂ O	0.04	0.03	0.01	0.01	—	0.04	0.03	0.21	0.18
Cs ₂ O	s.u.	s.u.	s.u.	s.u.	—	s.u.	s.u.	0.01	0.01
P ₂ O ₅	0.09	0.16	—	—	—	—	—	—	—
F	—	—	—	—	—	—	—	0.06	0.05
H ₂ O ⁺	0.80	0.40	—	—	0.50	—	—	5.30	4.58
	100.1	100 *)	100 *)	100 *)	99.45	100 *)	100 *)	100.19	100.02
- O (= F)								0.03	0.02
								100.16	100.00
Li	s.o.	s.o.	s.o.	s.o.	s.o.	73	134	291	644
Rb	350	245	31	45	—	399	316	1881	1637
Cs	16	18	16	18	—	10	12	95	75
Be	190	153	20	56	—	27	47	76	115
Mg	505	70	42	48	—	29	32	150	375
Ca	400	270	69	76	—	279	234	16	41
Sr	9	10	4	4	—	10	8	1	5
Ba	13	13	7	7	—	16	8	9	9
Mn	115	105	155	175	—	16	22	63	120
B	11	—	—	—	—	—	—	—	—
Tl	0.2	0.4	—	—	—	0.3	0.3	0.7	0.5
Pb	129	134	66	89	—	191	157	86	103
Zn	108	92	37	66	—	24	25	420	535
Cu	3	5	4	5	—	3	3	4	5

Oxide in Gew.-%; Elementgehalte in ppm; Gesamteisen als Fe₂O₃; — = Element nicht bestimmt.

*) SiO₂-Werte in Klammer wurden aus der Differenz zu 100 % berechnet.

***) aus GÖD (1978).

kannte, aber auch von diesen z. T. etwas abweichende Meßwerte. Die Haupt- und Nebenelementkonzentrationen des Gesteinsmaterials entsprechen den durchschnittlichen Daten von Spodumenpegmatiten, auffällig sind die vergleichsweise hohen Konzentrationen der Spurenelemente Pb und Zn. Be-Gehalte um 200 ppm stellen dagegen in Alkalipegmatiten keine Ausnahme dar (KOLLER et al., 1983); dieses Element bildet in manchen Pegmatiten eigene Minerale oder es vertritt, wie im vorliegenden Falle, diadoch im Gitter von hauptsächlich Muskovit ein anderes Element.

Der theoretische Höchstwert von Lithium in Spodumen liegt bei 8,03 % Li_2O ; i. d. N. wird ein solcher Gehalt jedoch praktisch nie erreicht, da die Spodumenphase durch Fremdelemente wie Fe oder Mn, über Li-Ersatz im Gitter durch Na, K und Rb oder durch Fremdmineraleinschluß (Albit, Mikroklin, Muskovit, Quarz) unreinigt sein kann, sodaß Li_2O -Gehalte von nur etwa 6,5 bis 7,5 % eher die Regel sind. Eine Spodumenanalyse von GÖD (1978) aus dem gleichen Vorkommen (cit. in Tab. 2, Nr. 3617) zeigt gute Übereinstimmung mit dem hier analysierten Material. Die erhöhten Gehalte an Na und K (Probe Spod-1i mehr als Probe Spod-1a) wurden durch feinste, nicht mehr abtrennbare Fremdmineraleinschlüsse hervorgerufen; das ließen auch bereits die Dünnschliffbeobachtungen (vgl. 2.1.) vermuten, bei denen der Spodumen der Probe ÖED-M-1i (Nr. 2) sehr viel stärker in Auflösung begriffen und durch Feldspat ersetzt ist als der Spodumen der Probe

ÖED-M-1a (Nr. 1). Die daraus resultierende „Verdünnung“ des Spodumenanalysenmaterials zieht in Probe Spod-1i (Nr. 4) gegenüber Probe Spod-1a (Nr. 3) einen niedrigeren Li_2O -Gehalt nach sich, während sich (wie schon Na und K) auch die Spurenelemente Rb, Be, Pb und Zn umgekehrt verhalten.

In Übereinstimmung mit dem optischen Befund über die Feldspatphase (Albit, untergeordnet Mikroklin) ergibt die chemische Analyse ein Na : K-Atomverhältnis von 2.5 (a) bis 3.7 (i) : 1. Der Einbau von Li in das Feldspatgitter ist seines kleinen Ionenradius wegen im Verhältnis zum Angebot relativ gering, Rb und Pb dagegen besetzen als Ersatz für K bevorzugt dessen Gitterposition.

Interessant ist die Spurenelementverteilung in der Muskovitphase im Vergleich zum Gesamtangebot des jeweiligen Spurenelements im Gestein: Trotz relativ hoher Li-Präsenz baute dieser Glimmer im Gegensatz zu den Muskoviten anderer Spodumenpegmatite (LUECKE, 1981) nur wenig Li ein, sodaß vermutet wird, daß er sich erst nach der Spodumenphase bildete. Gestützt wird diese Annahme durch die relativ hohen Einbauraten der Elemente Rb, Cs, Be und Zn, die an sich, wenn das entsprechende Spurenelementangebot schon zur Zeit der Spodumenbildung vorlag, auch immer in die Spodumenphase (besonders Rb) Eingang finden; ihr Anteil in dieser Spodumenphase ist jedoch vergleichsweise gering.

Tabelle 3: Analysendaten eines sehr hellen, feinkörnigen Feldspat-Glimmer-Gneises – des Rahmengesteins des Spodumenpegmatits – von Edling bei Spittal/Drau (Steinbruch bei der Kirche) und seiner Hauptmineralphasen.

Material	Feldspat-Glimmer-Gneis	Feldspat-Glimmer-Gneis	Feldspat	Feldspat	Paragonit/Muskovit	Paragonit/Muskovit
Probe	ÖED-1x	ÖED-1y	Fsp-1x	Fsp-1y	Glim-1x	Glim-1y
Laufende Nr.	9	10	11	12	13	14
SiO_2	74.3	(72.8)	(67.9)	(67.8)	48.0	46.7
TiO_2	0.03	0.02	—	—	0.21	0.12
Al_2O_3	16.2	17.3	21.3	21.8	37.30	39.0
Fe_2O_3	0.10	0.11	0.03	0.03	0.49	0.40
MnO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
MgO	0.09	0.04	0.01	0.01	0.21	0.15
CaO	0.11	0.05	0.05	0.04	0.02	0.03
Li_2O	0.01	0.01	0.00	0.00	0.09	0.10
Na_2O	8.13	8.22	10.65	10.24	5.69	6.19
K_2O	0.46	0.60	0.08	0.11	3.01	2.53
Rb_2O	s.u.	s.u.	s.u.	s.u.	0.02	0.01
P_2O_5	0.11	0.10	—	—	—	—
F	—	—	—	—	0.09	0.09
H_2O^+	0.63	0.73	—	—	4.72	4.85
	100.2	100 *)	100 *)	100 *)	99.85	100.17
-- O (=F)					0.04	0.04
					99.81	100.13
Li	51	56	3	3	417	468
Rb	5	14	4	4	155	105
Cs	8	8	8	4	10	10
Be	96	168	23	44	121	128
Mg	570	230	32	37	1275	900
Ca	750	365	342	279	138	178
Sr	26	24	11	9	66	79
Ba	26	19	<5	8	45	45
Mn	10	10	5	5	11	11
B	13	—	—	—	—	—
Tl	0.8	0.3	0.4	0.3	0.4	0.3
Pb	29	40	31	23	143	143
Zn	29	21	10	20	17	19
Cu	6	6	5	4	6	6

Oxide in Gew.-%; Elementgehalte in ppm; Gesamteisen als Fe_2O_3 ; — = Element nicht bestimmt.

*) SiO_2 -Werte in Klammer wurden aus der Differenz zu 100 % berechnet.

Tabelle 4: Mineralverrechnung analysierter Spodumene, Feldspäte und Glimmer auf Grund der Daten von Tabelle 2, 3 und 5.

Spodumenverrechnung															
Atomanzahl auf der Basis von 6 Sauerstoff gemäß $\text{Li}(\text{Na},\text{K})\text{Al}(\text{Fe},\text{Mn})[(\text{Si},\text{Al})_2\text{O}_6]$.															
Mineral	Spod-1a				Spod-1i				Spod-3617*)						
Laufende Nr.	3				4				—						
Si	2.02			Σ2.02	2.03			Σ2.03	1.97		Σ2.00				
Al(IV)	0.00				0.00				0.03						
Al(VI)	0.99			Σ1.00	0.99			Σ1.00	0.97		Σ0.98				
Fe	0.01				0.01				0.01						
Mn	0.00				0.00				0.00						
Li	0.89			Σ0.93	0.81			Σ0.90	0.79		Σ0.85				
Na	0.03				0.07				0.04						
K	0.01				0.02				0.02						
Feldspatverrechnung															
Mol.-% der Feldspat-Endglieder.															
Mineral	Fsp-1a		Fsp-1i		Fsp-1x		Fsp-1y		Fsp-2a		Fsp-2b				
Laufende Nr.	5		6		11		12		16		18				
Or (Mol.-%)	28.1		21.1		0.5		0.7		67.0		6.0				
Ab (Mol.-%)	71.7		78.7		99.2		99.0		32.9		93.1				
An (Mol.-%)	0.3		0.2		0.3		0.3		0.1		0.9				
Glimmerverrechnung															
Atomanzahl auf der Basis von 24 (O,OH,F)															
Mineral	Mus-1a			Mus-1i			Par/Mus-1x			Par/Mus-1y			Mus-2b		
Laufende Nr.	7			8			13			14			19		
Si	6.115			6.300			6.172			5.976			6.164		
Al(IV)	1.885		Σ8.00	1.700		Σ8.00	1.828		Σ8.00	2.024		Σ8.00	1.836		Σ8.00
Al(VI)	3.705			3.803			3.824			3.870			3.433		
Ti	0.000			0.000			0.020			0.012			0.000		
Fe	0.080		Σ3.82	0.100		Σ3.99	0.048		Σ3.98	0.038		Σ4.00	0.297		Σ3.80
Mn	0.001			0.002			0.000			0.000			0.001		
Mg	0.006			0.012			0.040			0.029			0.065		
Li	0.031			0.074			0.046			0.052			0.005		
Ca	0.000			0.002			0.031			0.004			0.000		
Na	0.168			0.188			1.419			1.539			0.149		
K	1.657		Σ1.84	1.647		Σ1.85	0.494		Σ1.95	0.415		Σ1.96	1.744		Σ1.90
Rb	0.017			0.016			0.002			0.002			0.005		
Cs	0.000			0.000			0.000			0.000			0.000		
F	0.025		Σ4.64	0.021		Σ4.04	0.036		Σ4.08	0.036		Σ4.18	0.033		Σ4.61
OH	4.619			4.017			4.048			4.148			4.579		

*) Analyse aus GÖD (1978); neu verrechnet.

Die chemische Analyse des Nebengesteins ist durch einen sehr hohen Na-Gehalt sowie durch eine vergleichsweise hohe Konzentration des Spurenelements Be gekennzeichnet (Tab. 3, Lfd. Nr. 9 und 10). Nimmt man hohe Alkaligehalte an Li, K, Rb und Cs als Kriterium für einen Alkalipegmatit, so ergeben sich hier keinerlei Hinweise für einen geochemischen Stoffaustausch mit dem direkt benachbarten Spodumenpegmatit. Die Feldspatphase (Nr. 11 und 12) ist rein albitisch; K ist nur in Spuren vertreten, entsprechend gering ist auch im Vergleich zu Muskovit der Einbau von Pb. Als typischer Spurenelementsammler erweist sich auch hier die Glimmerphase, die wegen der Na-Vormacht im Gestein aus einem Polymorph von Paragonit (Na-Glimmer) und Muskovit (K-Glimmer) besteht (Nr. 13 und 14). Fast das gesamte Li und Rb des Gesteins, aber auch das meiste Be, Sr, Ba und Pb haben ihren Platz im Glimmergitter gefunden. Zn dagegen, das sich im reinen Muskovit (vgl. Tab. 2, Nr. 7 und 8) anreicherte, verarmt in diesem Na-betonten Glimmertyp.

Die Mineralverrechnung aller analysierten Spodumene, Feldspäte und Glimmer ist in Tabelle 4 wiedergegeben.

2.3. Der Spodumenpegmatit und seine metamorphe Umgebung

Im Vergleich zu solchen Pegmatiten, die in einem offensichtlichen genetischen Zusammenhang zu Granitintrusionen bzw. zu deren alkalireichen Restlösungen stehen (vgl. 1.), macht es der Spodumenpegmatit von Edling als nur linsenförmige, konkordante Einlagerung in Glimmerschiefern und Glimmerquarziten (ANGEL & MEIXNER, 1953) schwer, eine plausible Vorstellung über seine Herkunft zu entwickeln; gleiches gilt auch für zahlreiche ähnliche Pegmatitvorkommen mit metamorpher Umgebung in den Ostalpen. Die Geochemie und der Mineralinhalt des hier untersuchten Spodumenpegmatits wie auch der Spodumenpegmatite des St. Rade-gunder Kristallins und der Gleinalpe (KOLLER et al., 1983) läßt – von individuellen Variationen abgesehen – praktisch keinen Unterschied zu jenen „echten“ Spodumenpegmatiten erkennen, die einer granitischen Differentiation entstammen.

In Zusammenhang mit der Beobachtung, daß von Graniten abgeleitete Pegmatite häufig erst in sehr großer Entfernung (km-Distanzen) von diesen auftreten,

werden vielfach die Spodumenpegmatite in heute metamorpher Umgebung auch auf granitdifferenzierte Pegmatite zurückgeführt (z. B. GÖB, 1976). Die später einsetzende Metamorphose erfaßte auch diese Pegmatite, ließ die langen, gangförmigen Verbindungen zum Muttergranit zerbrechen und begünstigte die Ausbildung einzelner, kleiner Pegmatitlinsen und ihre Einregelung in die metamorphe Gesteinsumgebung. Einhergehende Remobilisation und Rekristallisation des Pegmatitmaterials sowie eine oft nur angedeutete metamorphe Überprägung der pegmatitischen Randbereiche (verbogene bis zerbrochene Kristalle, Mineralienregelungen) veränderten das Gefüge solcher getrennter Pegmatitvorkommen.

Dieser Vorstellung der gemeinsamen Überprägung granitogener Pegmatitgänge (bzw. ihrer Massen) zusammen mit genetisch fremdem Rahmengestein in einem späteren metamorphen Akt steht eine zweite Überlegung, die der selektiven Elementmobilisation (MEHNERT, 1960) unter aufsteigenden Metamorphosebedingungen gegenüber; sie basiert auf folgender einfachen Annahme: Da sich pegmatitisches Material im Verlauf der magmatischen Differentiation erst spät bei relativ niedrigen Temperaturen in der Fluidphase konzentriert, sollte umgekehrt am Beginn einer aufsteigenden Metamorphose eine sich gegebenenfalls auch hier bildende fluide Phase zusammen mit pegmatittypischen Elementen aus der Gesteinsumgebung mobilisierbar und abtrennbar sein. Solche im allgemeinen Quarz- und Feldspat-reichen Mobilisate würden dann innerhalb ihres metamorphen Gesteinsrahmens isolierte Raumbereiche einnehmen; sie scheinen eingetretene Mineralienregelungen, Schieferung etc. zumindest in ihren inneren Teilen durch leichtere Umkristallisationsfähigkeit besser verwischen zu können.

Gegen die Annahme, daß bei metamorpher Mobilisation auch echte Pegmatite entstehen können, wird angeführt, daß diese Pegmatite nur einfache Mineralkombinationen aus großen Feldspäten, Quarz und \pm viel Hellglimmer ohne pegmatittypische seltene Elemente bzw. deren Minerale und Erze darstellen; sie werden in der Literatur deshalb häufig „nur“ Pegmatoide genannt. Die vorliegende Untersuchung hat zwar die Abwesenheit der für Spodumenpegmatite so charakteristische Nb/Ta-Vererzung in Edling bestätigt (ANGEL & MEIXNER, 1953), konnte aber Nb/Ta-führende Spurenminerale im Gneisrahmen des Pegmatits nachweisen; damit ist zumindest die Annahme entkräftet, daß eine Nb/Ta-Erzführung nur für echte Pegmatite typisch ist. Das Auftreten von vermutlich Columbit auch in Gneisen mindert also seinen Leitwert für echte Pegmatite und erhöht die Wahrscheinlichkeit, daß dieser sich auch in Pegmatoiden bilden kann.

3. Der Feldspatpegmatit vom Wolfsberg

3.1. Mineralogische Untersuchungen

Der Feldspatpegmatit aus dem Steinbruch vom Wolfsberg NE von Edling (Nr. 2 in Abb. 1) zeigt megaskopisch große Vielfalt in mineralogischer wie auch geochemischer Hinsicht: Feinkörniges, sehr helles Material mit Alkalifeldspat, Quarz, nur untergeordnet Muskovit und praktisch kein Turmalin (Probe ÖWOL-2a, Lfd. Nr. 15 in Tab. 5) wechselt in gröbere, leicht graue Partien mit verstärkt auftretendem, lagig angeordnetem

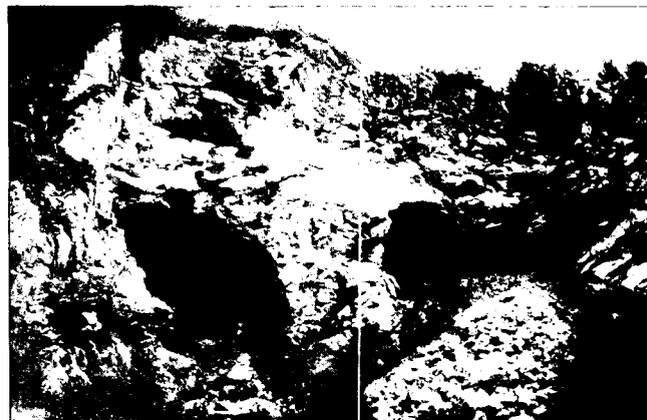


Abb. 3: Feldspatbruch am Wolfsberg bei Spital/Drau, Blick gegen NE auf die Bruchwand mit Rest des untertägigen Abbaues.
Foto: F. H. UČIK, 1978.07.02.

Hellglimmer (Probe ÖWOL-2b, Lfd. Nr. 17). Turmalin, der in dieser Probe als Spurenmineral vertreten ist, kann in anderen Bereichen des Steinbruchs neben Quarz und Feldspat eine Hauptkomponente bilden. Die modale Zusammensetzung (in Gew.-%) des feinkörnigen Feldspatpegmatits (Nr. 15) belegt die Feldspatdominanz dieses Pegmatits; sein Feldspat (Probe Fsp-2a, Nr. 16) hat milchig-weißes Aussehen, während die stark Albit-betonte Feldspatkomponente (Probe Fsp-2b, Nr. 18) des Pegmatits ÖWOL-2b (Nr. 17) eine leichte Graufärbung zeigt. Die Muskovite der Probe ÖWOL-2a sind leicht gelblich, diejenigen (Mus-2b, Nr. 19) der Pegmatitprobe ÖWOL-2b haben eine silbergraue Farbe. Neben einigen Turmalinkristallen besonders in der Probe ÖWOL-2b wurde bei der Mineraltrennung nur noch etwas Fe-Oxid gefunden, nicht aber Niobit (v. v. MEIXNER, 1975).

Der Pegmatit vom Wolfsberg unterscheidet sich im Gelände schon allein durch seine Größe deutlich vom Pegmatit von Edling, aber auch im Dünnschliff, hier hauptsächlich durch das Fehlen von gegittertem Mikroklin und Spodumen. Eine Schieferung des regionalmetamorph überprägten Untersuchungsgebietes ist im Schliff allenfalls nur andeutungsweise zu erkennen, Korneinregelungen parallel zu schlierenförmigen Hellglimmern sind dagegen nicht selten. Die Korngrößen schwanken in weiten Grenzen, von mehreren mm im Schliff bis cm im Handstück. Die beiden megaskopisch schon sehr unterschiedlichen Pegmatitproben ÖWOL-2a und 2b zeigen auch im Dünnschliff verschiedene modale Zusammensetzungen (vgl. die Gew.-%-Angaben der Mineralphasen in Tab. 5) wie auch Erhaltungszustände. So sind bei den etwas größeren Quarzen und Feldspäten der Probe ÖWOL-2a die Kornränder vielfach ausgezackt und werden oft von einem feinkörnigen Mörtelmaterial entlang der Korngrenze begleitet. Bei Rißfüllungen treten kleinere Körner mit durchwegs glatten Rändern auf. Andere oder später geänderte pTX-Bedingungen, die Elementgehaltsverschiebungen, Rekristallisationen und die Bildung glatter Kornbegrenzungen zur Folge hatten, lassen innerhalb kurzer Distanzen (10–100 m) pegmatitisches Material vom Typ der Probe ÖWOL-2b mit hoher Muskovitführung sowie lokal mit größeren Turmalingehalten entstehen. Während diese eine möglicherweise spätere hydrothermale Borzufuhr anzeigen, können Greisenbildungen nicht beobachtet werden.

Hauptgemengteil sind verschiedene Feldspäte. In unterschiedlichen Anteilen ist in Probe ÖWOL-2a ein mehr oder weniger perthitischer Orthoklas zu beobachten, der wechselnde Mengen von Einschlüssen (Quarz, Muskovit) enthalten kann. Bei einigen glatten Feldspäten könnte es sich trotz völligen Fehlens einer typischen Gitterung auch um Mikroklin handeln (vgl. ANGEL & MEIXNER, 1953). Muskovit tritt in dieser Probe in Form feinschuppiger Lagen auf, mengenmäßig ist sein Anteil nur gering; die im Handstück zu beobachtende blaßgrüne bis leicht gelbliche Farbe ist im Schliff nicht mehr zu erkennen. Der teilweise undulös auslöschende Quarz ist von den glatten, ungefüllten K-Feldspäten meist nur mittels Achsenbild sicher zu unterscheiden, sein mengenmäßiger Anteil ist daher im Schliff nur schlecht abzuschätzen.

Im Dünnschliff der gröberkörnigen Pegmatitprobe ÖWOL-2b (Nr. 17) findet sich neben Quarz ein relativ einschlußarmer Feldspat mit einem gegenüber der Feldspatprobe 2b stark geändertem Chemismus (vgl. 3.2.). Während Plagioklas (Albit) in der Pegmatitprobe ÖWOL-2a nur selten anzutreffen ist, sind einfach bis polysynthetisch verzwilligte Albite in der Probe ÖWOL-2b eher die Regel. Partiiell auftretendes Pflastergefüge weist auf eine mögliche Rekristallisation des jetzt einschlußfreien Materials hin; ein typisches Zwischensta-

dium stellt dabei die Einschlußregelung in den Feldspäten parallel zur Lamellenbildung von Albit dar.

3.2. Geochemische Untersuchungen

Auch die chemische Zusammensetzung der beiden analysierten Pegmatitproben (Nr. 15 und 17, Tab. 5) ist sehr unterschiedlich; sie spiegelt sich am deutlichsten im Alkaligehalt vom Gestein bzw. seiner Feldspatphase wider. Da die Pegmatitprobe ÖWOL-2a hauptsächlich aus Feldspat und Quarz mit nur untergeordnet Muskovit besteht, ist das Na:K-Atomverhältnis in Gestein (Nr. 15) und Feldspat (Nr. 16) praktisch identisch (Na:K = 1:2). Der Alkaligehalt des Gesteins konzentriert sich folglich in der Feldspatphase. In der gröberkörnigen Pegmatitprobe ÖWOL-2b (Nr. 17) herrscht Na-Vormacht, das Na:K-Atomverhältnis in der Feldspatphase (Nr. 18) liegt bei etwa 16:1. Durch die (sekundäre?) Bildung von etwa 25 Gew.-% Glimmer wird das Gesteins-Kalium praktisch völlig im Muskovit (Nr. 19) fixiert, während Na als Albit die Feldspatphase aufbaut (vgl. Tab. 4). Wenn der silbergraue, großschuppige Muskovit dieser Probe einer Sekundärbildung ohne K-Metasomatose entstammt, muß angenommen werden, daß eine ältere Feldspatphase mit Na und K zugunsten

Tabelle 5: Modale Zusammensetzung [in Gew.-%] und Analysendaten des sehr hellen, fein- bis grobkörnigen Feldspatpegmatites vom Steinbruch Wolfsberg (NE von Edling bei Spittal/Drau) und seiner Hauptmineralphasen.

Material	Feldspat-pegmatit	Feldspat	Muskovit	Quarz	Opakerz	Feldspat-pegmatit	Feldspat	Muskovit	Quarz	Opakerz
Probe	ÖWOL-2a	Fsp-2a	Mus-2a	Qu-2a	E-2a	ÖWOL-2b	Fsp-2a	Mus-2b	Qz-2b	E-2b
Gew.-%	100	≈82	≈5	≈13	<0.1	100	≈70	≈25	≈5	<0.1
Laufende Nr.	15	16	— ^{*)}	—	—	17	18	19	—	—
SiO ₂	68.6	(65.1)	44.4	100		(64.9)	(67.6)	46.6	100	
TiO ₂	0.02	—	0.4			0.02	—	<0.05		
Al ₂ O ₃	18.3	20.2	34.7			21.2	20.5	33.8		
Fe ₂ O ₃	0.14	0.05	2.0			1.10	0.12	2.99		
MnO	0.02	0.01	0.2			0.05	0.02	0.01		
MgO	0.08	0.00	1.6			0.13	0.01	0.33		
CaO	0.03	0.02	0.3			0.20	0.18	0.00		
Li ₂ O	0.02	0.01	0.2			0.00	0.00	0.01		
Na ₂ O	2.94	3.54	0.7			7.58	10.51	0.58		
K ₂ O	9.52	11.02	9.7			3.31	1.02	10.33		
Rb ₂ O	0.05	0.05	0.2			0.02	0.00	0.06		
P ₂ O ₅	0.39	—	—			0.32	—	—		
F	—	—	—			—	—	0.08		
H ₂ O ⁺	0.28	—	5.6			1.19	—	5.19		
	100.4	100 *)	100.0			100 *)	100 *)	99.98		
--O (= F)								0.03		
								99.95		
Li	77	36	950			10	3	29		
Rb	430	451	1200			144	28	588		
Cs	22	27	60			12	<4	40		
Be	12	9	90			17	—	40		
Mg	495	21	—			785	61	2000		
Ca	210	129	—			1400	1250	26		
Sr	6	4	—			18	14	3		
Ba	13	16	—			13	27	27		
Mn	120	40	—			360	168	98		
B	14	—	—			57	—	—		
Tl	0.9	0.4	—			0.5	—	0.7		
Pb	206	209	—			126	—	57		
Zn	20	25	—			75	—	115		
Cu	4	3	—			13	—	3		

Oxide in Gew.-%; Elementgehalte in ppm; Gesamteisen als Fe₂O₃; — = Element nicht bestimmt.

*) SiO₂-Werte in Klammer wurden aus der Differenz zu 100 % berechnet.

***) Diese Gehaltsdaten wurden aus der modalen Zusammensetzung und den Analysendaten berechnet; für eine chemische Analyse war die Menge an isoliertem Reinmaterial zu gering.

der heutigen Albitphase (Nr. 18) umgebaut worden ist.

Auch hinsichtlich der Spurenelemente unterscheiden sich die beiden Pegmatite. Spurenelemente, Pb und Tl ist in Nr. 15 wie auch in der Feldspatphase (Nr. 16) höher konzentriert als in Nr. 17 bzw. 18; umgekehrt gilt für die Erdalkalien, Mn, B, Zn und Cu. Geochemisch auffällig ist schließlich noch der relativ hohe P_2O_5 -Gehalt von 0.3–0.4 % in beiden Pegmatiten. MEIXNER (1950, 1956) beschreibt das Auftreten von Apatit im Feldspatpegmatit vom Wolfsberg, hier jedoch nur auf Klufflächen; in den untersuchten Schlifflagen wurde dieses Mineral nicht angetroffen. Allerdings fanden sich einige kleine, xenomorphe und stark lichtbrechende Kristalle mit optisch einachsiger positiver Charakter. Dieser Befund kann für Cassiterit und/oder Zirkon oder aber auch für die Phosphatminerale Xenotim und Monazit zutreffen; letzterer ist zwar zweiachsig, kann aber auch mit einem nur sehr kleinen optischen Achsenwinkel auftreten.



Abb. 4: Turmalinreicher Pegmatitblock im Feldspatbruch am Wolfsberg. Foto: F. H. UCIK, 1978.07.02.

4. Die übrigen Feldspatpegmatite des Millstätter See-Rückens

Die hier näher untersuchten, in der Vergangenheit teilweise abgebauten Feldspatpegmatite sind bei weitem nicht die einzigen in diesem Gebiet; veröffentlichte und unveröffentlichte Kartenunterlagen sowie eigene Kartierungen zeigen eine große Anzahl weiterer Pegmatite, die allerdings größtenteils bisher kaum in irgendeiner Hinsicht näher bearbeitet worden sind. In der Übersichtskarte (Abb. 1) wurden die (nach persönlicher Beurteilung) wichtigsten Vorkommen eingetragen: einerseits vor allem größere Einzelvorkommen, andererseits auffällige Anhäufungen von mittelgroßen bis kleinsten Einzelvorkommen; da die zur Verfügung stehenden Unterlagen sehr uneinheitlich sind und uns nur ein Teil der Vorkommen auf Grund eigener Begehungen bekannt ist, ist Abb. 1 vor allem als Hinweis und Orientierungshilfe gedacht.

Näher bekannt und untersucht ist zunächst das bereits weitgehend abgebaute, insgesamt kleine Vorkommen in der Lieserschlucht (Lok. Lippnik, Nr. 1 in Abb. 1). Es ist – ähnlich dem Vorkommen Wolfsberg (Nr. 2 in Abb. 1) – als Fundpunkt zahlreicher, z. T. seltener Minerale bekannt geworden (u. a. Beryll, Tapiolit, Columbit, Autunit; MEIXNER, 1948–1975). Der Chemismus des Pegmatits von Lippnik (aus KIESLINGER, 1956; Analyse Nr. 1) und seine daraus berechnete mineralogische Zusammensetzung ist in Tab. 6 wiedergegeben.

Tabelle 6: Analysendaten [in Gew.-%] und mineralogische Zusammensetzung der Feldspatpegmatite von Lippnik und Laas (vgl. Abb. 1) aus KIESLINGER (1956).

Lokalität Nr.	Lippnik 1	Laas 2
SiO ₂	70.98	72.51
Al ₂ O ₃	15.99	16.32
Fe ₂ O ₃	0.08	0.21
CaO	—	0.50
MgO	0.09	Spuren
K ₂ O	7.01	5.38
Na ₂ O	4.45	4.72
P ₂ O ₅	1.06	Spuren
Glühverlust	0.35	0.40
	100.01	100.04
Daraus berechnete mineralogische Zusammensetzung:		
Kalifeldspat	41.5 %	
Natronfeldspat	37.7 %	Feldspat ca. 73 %
Quarz	18.3 %	Quarz ca. 21 %
Glimmer	2.5 %	

Auch von dem in Laas (Nr. 3 in Abb. 1) zeitweilig vor allem unter Tage abgebauten Feldspatpegmatit finden sich bei KIESLINGER Analysendaten (Analyse Nr. 4 in Tab. 6). Daraus errechnen sich etwa 21 % Quarz und 73 % Feldspat (K-Fsp. : Na-Fsp. = 0.75 : 1).

Bei den von KIESLINGER als Analyse Nr. 3 mitgeteilten Daten, die von denjenigen der Analyse Nr. 4 nur geringfügig abweichen, ist aus dem vorliegenden Originalgutachten nicht zu erkennen, aus welchem Vorkommen die analysierte Pegmatitprobe stammte.

Nach Berichten im Fahrbuch der Berghauptmannschaft Klagenfurt ist auch die Qualität des Pegmatits partienweise unbefriedigend gewesen.

Die Lagerstättenreserven dieses Vorkommens sind nicht sehr groß (vgl. 6.).

Beim Vorkommen Wolfsberg soll hier nur auf die relativ zahlreichen seltenen Phosphat-Minerale hingewiesen werden (MEIXNER, 1958–1975; PAAR, 1974; WALTER-POSTL, 1983).

Anlässlich von geologischen Begehungen durch einen der beiden Autoren (F. H. U.) wurden in einem Pegmatitvorkommen N des Hahnenkofel (Nr. 5 in Abb. 1) einige seltene Phosphat-Minerale gefunden, was weitere Aufsammlungen anregte. Die noch nicht abgeschlossene Bearbeitung ergab bisher Montebrazit, Childrenit sowie vielleicht Scorzalith und Souzalith (NIEDERMAYR, 1983; NIEDERMAYR & POSTL, 1983); neuere Aufsammlungen in einem weiteren, nahegelegenen Pegmatit ergaben zusätzlich Augelith und Heterosit (NIEDERMAYR, POSTL & WALTER, 1985).

Die übrigen Pegmatite wurden bisher in mineralogischer wie chemischer Hinsicht nicht näher untersucht, obwohl – abgesehen von den relativ großen Vorkommen am Wolfsberg und in dessen Umgebung (vgl. 6) – sowohl SE des Hochgosch (Nr. 4 in Abb. 1) wie am Hahnenkofel auch einzelne größere Linsen und Lager zu beobachten sind; diese enthalten wahrscheinliche und sichere Vorräte an Pegmatitmasse zwischen 100.000 und einigen 100.000 t und übertreffen damit mengenmäßig die einst abgebauten Vorkommen Lippnik und Laas.

Eine Anzahl weiterer, fast durchwegs eher kleiner Pegmatitlinsen wurde durch den Autobahntunnel unter dem Wolfsberg aufgeschlossen; das zeigt deutlich, daß zweifellos noch zahlreiche weitere, oberflächlich nicht sichtbare Pegmatitvorkommen in der Tiefe des Altkristallins stecken.

5. Der geologische Rahmen der Pegmatitvorkommen

Der Millstätter See-Rücken gehört ebenso wie die gegen E hin sich anschließenden Teile der Afritzer Berge dem ostalpinen (nach A. TOLLMANN, 1959: mittelostalpinen) Altkristallin an („Millstätter Serie“ nach R. SCHWINNER, 1927). Dieses wird in dem hier behandelten Bereich (Abb. 1) hauptsächlich von mehr oder weniger quarzreichen Zweiglimmer-Schiefen aufgebaut, deren Zusammensetzung im Detail stark schwankt: Hellglimmer überwiegt meist, gebietsweise tritt Biotit stark bis gänzlich zurück, verbreitet führen die Schiefer Granat. Teilweise scheinen die Schiefer in stark schiefrige Gneise überzugehen, ein sicherer Befund ist jedoch im Handstück nicht möglich (PISTOTNIK, 1980: 359).

Im Bereich Ferndorf – Laas – Fresach zeigt die geologische Karte (Blatt Arnoldstein [ANDERLE, 1977]) größere geschlossene Areale von „Zweiglimmer-Schiefergneis“. Als konkordante, bis mehrere Meter mächtige Einschaltungen oder mit den Glimmerschiefen bis stark schiefrigen Gneisen durch laterale Übergänge verbunden treten verbreitet (Granat-) Glimmerquarzite sowie selten pegmatoide Glimmerschiefer auf. Ganz selten sind geringmächtige Amphibolite vorhanden. Verhältnismäßig häufig innerhalb der altkristallinen Serien sind jedoch die im vorliegenden Beitrag behandelten Pegmatite. Sie bilden i. a. langgestreckte, dickere oder flachgedrückte Linsen bis Lager. Die größten Linsen sind etwa 250 m (Wolfsberg) bis vielleicht über 300 m (Vorkommen S Wolfsberg) lang und mehrere Zehnermeter mächtig; demgegenüber scheinen sich einzelne nur wenige Meter starke Pegmatitlagen fallweise über hundert Meter hinzuziehen. Eine gebietsweise Häufung von Pegmatiten ist recht deutlich zu erkennen (z. B. am Wolfsberg mit seiner südlichen und südöstlichen Umgebung, Hochgosch, Hahnenkofel, Gebiet N bis E Laas u. a.). Eine untere Grenze für die Größe von Einzelvorkommen ist nicht bekannt, manche sind nur durch einen vereinzelt, blockartigen Aufschluß angedeutet.

Die Hauptschieferung des Altkristallins streicht meist E–W bis SE–NW, seltener NE–SW, die Flächen fallen entsprechend meist gegen NW bis NE ein, lokal ist aber ein Einfallen der Hauptschieferung auch gegen W, E oder in südliche Richtungen zu beobachten; starker Wechsel der Lagerungsverhältnisse bezüglich Richtung und Neigungswinkel auf kürzeste Entfernungen ist eher häufig.

Die Pegmatite sind i. a. konkordant in die Gesteinsserien eingebaut, zeigen aber offenbar auf Grund ihrer größeren mechanischen Festigkeit gegenüber den umgebenden mehr oder weniger schiefrigen Gesteinen in ihrer Lagerung fallweise lokale Eigenständigkeit. Ihre Begrenzung erfolgt nicht nur durch die Hauptschieferungsflächen, sondern auch durch eher flachliegende, B-parallele, diskordant zur Hauptschieferung verlaufende Störungsflächen und durch Querstörungen; eine derartige flachliegende Störung bildet vermutlich auch die Liegendbegrenzung des Vorkommens am Wolfsberg (ERTL, 1984).

6. Die Pegmatite in bergbaulicher Hinsicht

Pegmatite treten zwar in mittelostalpinen Altkristallin-Serien mehrfach auf, ihre Nutzung als Feldspatlieferant

hat aber bisher fast ausschließlich nur im Bereich des Millstätter See-Rückens stattgefunden. Pegmatite der Saualpe wurden mehrfach zur Gewinnung von Muskovit-Tafeln abgebaut (der letzte Betrieb wurde 1952 stillgelegt), während Pegmatite im Bereich der Koralpe vor allem zur Quarzgewinnung für Glashütten verwendet wurden. Seit etwa 5 Jahren wird auf der Koralpe ein Spodumen-führender Pegmatit beschürft. Nur vorübergehend baute man 1914 bei Eberstein im Görtschitztal einen glimmerarmen Pegmatit des Saualpenkristallins auf Feldspat ab (KIESLINGER, 1956: 37).

Eigentliche und anhaltende Feldspatabbau gab es nur im Gebiet des Millstätter See-Rückens an bisher 3 Stellen: Lippnik am Eingang der Lieserschluft N Spittal/Drau, Wolfsberg E Spittal sowie Laas NW Feistritz/Drau (Abb. 1, Nr. 1, 2 und 3).

Begonnen hat der Abbau Lippnik mit dem Ansuchen eines Peter HOLZMANN aus Spittal/Drau vom 12. IX. 1927 um Genehmigung eines Quarzabbaues, aber schon ein Jahr später sprach man von einem Quarz-Feldspat-Vorkommen. Neben dem im Abbau stehenden, ca. 12 m (nach jüngeren Unterlagen nur maximal 7 m) mächtigen Hauptlager waren noch zwei nahe gelegene sowie ein drittes, vom Hauptlager knapp 700 m gegen NE entferntes Hangendlager bekannt, deren Mächtigkeit mit 5 bzw. 10 m angegeben wurde. Obwohl die notwendigen technischen Anlagen vorhanden waren, kam der überwiegend unter Tage geführte Abbau lange Zeit nicht recht ins Laufen, sodaß laut Archivunterlagen von 1928 bis 1932 nur rund 1.300 t abgebaut worden sein sollen. Tab. 7. zeigt die Entwicklung der gesamten Feldspatproduktion in Österreich bzw. Kärnten, die bis einschließlich 1960 weitaus überwiegend bis ausschließlich aus dem Bergbau Lippnik stammte; dieser wurde Ende 1962 endgültig stillgelegt, nachdem 1960 Rutschungen und Wassereinbrüche das schon weitgehend abgebaute Vorkommen in Mitleidenschaft gezogen und zum Erliegen gebracht hatten. Die Erschließung des wesentlich größeren Pegmatitvorkommens Wolfsberg begann zwar schon 1954, wurde aber zunächst nur unregelmäßig betrieben; bis zur Stilllegung des Betriebes Lippnik wurden am Wolfsberg weniger als 1.000 t Feldspat gewonnen. Aber auch in der Zeit des voll laufenden, fast ausschließlich steinbruchmäßig

Tabelle 7: Österreichische Feldspatproduktion 1937–1973 (im wesentlichen aus den Abbauen in Lippnik und am Wolfsberg).

Quelle: Österreichisches Montanhandbuch.

Jahr	Förderung [t]	Jahr	Förderung [t]	Jahr	Förderung [t]
1937	1.617	1950	3.864 ¹⁾	1963	2.110
1938	1.924	1951	3.760 ¹⁾	1964	1.629
1939	1.289	1952	2.578 ¹⁾	1965	1.419
1940	517	1953	1.353	1966	1.531
1941	736	1954	2.171 ²⁾	1967	2.480
1942	743	1955	2.550 ³⁾	1968	2.174
1943	352	1956	2.720	1969	1.806
1944	880	1957	2.654	1970	1.206
1945	480	1958	2.640 ⁴⁾	1971	2.656
1946	770	1959	3.500	1972	3.076
1947	951	1960	4.646 ⁵⁾	1973	2.050 ⁶⁾
1948	1.106	1961	3.970		
1949	1.912	1962	5.056		

¹⁾ Abbau auch im Betrieb in Laas.

²⁾ Beginn der Aufschließungsarbeiten am Wolfsberg (Schürfungen).

³⁾ Abbaubeginn am Wolfsberg.

⁴⁾ Davon 15 t aus einem Betrieb in der Steiermark.

⁵⁾ Untertägiger Abbau in Lippnik nach Wassereinbruch und Verlegung des Mundloches durch Rutschung mit Ende des Jahres eingestellt.

⁶⁾ Abbau am Wolfsberg mit 5. Oktober 1973 eingestellt.

betriebenen Abbaues waren die Förderdaten am Wolfsberg bescheiden; mit 5. X. 1973 wurde der Betrieb am Wolfsberg eingestellt. Die gesamte Förderung aus diesem Vorkommen betrug von 1961 bis einschließlich 1973 rund 31.000 t. 1980 wurden von der Firma MINEREX/Wien am Wolfsberg Schurfarbeiten durchgeführt, ohne daß es zu einem neuen Abbau kam. Der dritte Feldspatabbau befand sich E Laas bei den Gehöften vulgo Köfeler und Gramender, etwa N Feistritz/Drau. Abgebaut wurde ein durchschnittlich ca. 17 m mächtiges Hauptlager, in dessen unmittelbarem Liegenden bzw. Hangenden zwei weitere, geringmächtige Lager vorhanden sind. Der Gehalt der 3 Lager wurde mit mindestens etwa 120.000 t Feldspat angegeben.

Nur wenige hundert Meter von diesem Hauptvorkommen entfernt war das „Eulenwandlager“ und das „Weiße-Wand-Lager“ mit jeweils geschätzten 85.000 t Feldspatinhalt bekannt (Gutachten von Th. BLUM, November 1935; Archiv des Landesmuseums für Kärnten). Wann die Erschließung begann, ist nicht bekannt, 1935 gab es jedenfalls bereits einen Abbau; für die folgenden Jahre bis 1945 konnten keine näheren Angaben gefunden werden, wahrscheinlich stand der Betrieb die ganzen Jahre hindurch still. Nach dem zweiten Weltkrieg wurde in Laas von 1950–1952 durch Ing. Ottokar BENESCH abgebaut, einige Stollen sind noch heute zu sehen. Im Vergleich zu Lippnik war der Abbau in Laas stets nur klein, z. B. 1951: 768 t aus Laas gegenüber 2.992 t aus Lippnik.

Seit 1976 wird in Österreich Feldspat nur mehr in der Quarzsandgrube Zelking bei Melk an der Donau (Niederösterreich) als Nebenprodukt gewonnen; trotz der zeitweilig recht ansehnlichen Produktion mußten im selben Zeitraum (mit Ausnahme von 1980) alljährlich noch zusätzlich zwischen 4.300 und rund 6.700 t Feldspat nach Österreich eingeführt werden; 1982 betrug die Eigenversorgung nur knapp 37 % und fiel 1983 auf 19,8 % (Tab. 8).

Tabelle 8: Feldspatproduktion der Quarzsandgrube Zelking (Niederösterreich) im Verhältnis zum österreichischen Verbrauch und Import.
Alle Angaben in Tonnen.
Quelle: Österreichisches Montanhandbuch.

Jahr	Inlandsförderung (Grube Zelking)	Gesamtverbrauch	Import	= % des Verbrauches
1976	3.800	10.450	6.650	63,6
1977	3.645	10.356	6.713	64,8
1978	3.261	9.209	5.948	64,4
1979	6.594	11.158	4.564	40,9
1980	10.946	11.114	168	1,5
1981	10.357	16.248	5.893	36,3
1982	2.960	8.041	5.095	63,4
1983	1.063	5.362	4.300	80,2

Diesem Verbrauch in Österreich während der letzten Jahre stehen folgende bekannte Reserven im Bereich des Millstätter See-Rückens gegenüber. Das Hauptvorkommen am Wolfsberg enthält – sehr vorsichtig beurteilt – 800.000 bis 1 Mio. t Gesamtpegmatit, entsprechend rund 500.000–600.000 t Feldspat; ein weiteres, noch nicht vollständig bekanntes Lager in unmittelbarer Nähe enthält vermutlich auch bis zu 1 Mio. t Gesamtpegmatit. Ein drittes, kleineres Lager, knapp 1 km vom

Wolfsberg entfernt, wird auf maximal 300.000–400.000 t Pegmatitmasse geschätzt. Zu diesen 3 bisher bekannten Hauptvorkommen sind noch mehrere kleine Vorkommen wie etwa ein Liegendlager am Wolfsberg, mehrere Lager am Hochgösch, am Hahnenkofel und bei Laas hinzuzurechnen, die teilweise ebenfalls beträchtliche Pegmatitmengen von jeweils 100.000 oder mehr Tonnen enthalten. Es wäre unter Berücksichtigung aller dieser Umstände also sicher auf Jahrzehnte hinaus möglich, nicht nur – von Spezialorten abgesehen – den Inlandbedarf zum größten Teil zu befriedigen, sondern sogar auch für den Export zu produzieren. Als Nebenprodukt könnte noch Quarz gewonnen werden, dessen Eigenbedarf ebenfalls nicht völlig im Inland gedeckt wird.

Dank

Die Autoren erinnern sich gerne an Hilfe, Unterstützung und Verbesserungsvorschläge durch andere und danken in diesem Zusammenhang den Herren Prof. ALTHERR, Dr. KAROTKE (Mikrosonde), Prof. PUCHELT und Dr. WILDBERG, alle Universität Karlsruhe.

Der Berghauptmannschaft Klagenfurt wird für die Möglichkeit der Einsichtnahme in ihre Unterlagen und Herrn Landesbaudirektor Hofrat Dr. G. FORNARA, Klagenfurt für die Überlassung der Abbildung 2 gedankt. Die Arbeit des einen von uns (W. L.) wurde im Rahmen eines Forschungsvorhabens über Alkali-Pegmatite durch die Deutsche Forschungsgemeinschaft (D. F. G.), Bonn-Bad Godesberg, mit einer Sachbeihilfe gefördert.

Literatur

- ANDERLE, N.: Geologische Karte der Republik Österreich 1 : 50.000, Blatt 200 Arnoldstein, Wien (Geol. B.-A.) 1977.
- ANGEL, F. & MEIXNER, H.: Die Pegmatite bei Spittal an der Drau. – Carinthia II, **143** (63), H. 1, 165–168, Klagenfurt 1953.
- ERTL, V.: Bericht 1983 über geologische Aufnahmen im Quarz- und Kristallin auf Blatt 182 Spittal/Drau. – Jahrb. Geol. B.-A., **127/2**, 255–257, Wien 1984.
- GÖD, R.: Petrologische Untersuchungen an einem alpinotypen Granitgneis und seinen Hüllgesteinen („Villacher Granitgneis“, Kärnten, Österreich). – Tschermarks Min. Petr. Mitt., **23**, 251–273, Wien 1976.
- GÖD, R.: Vorläufige Mitteilung über einen Spodumen-Holmquist führenden Pegmatit aus Kärnten. – Anzeiger Österr. Akad. Wiss., math.-naturw. Kl., **7/1978**, 1–5, Wien 1978.
- KHALILI, H.: Zur Geochemie einiger Pegmatite der Ostalpen. – Tschermarks Min. Petr. Mitt., **18**, 79–104, Wien 1972.
- KIESLINGER, A.: Die nutzbaren Gesteine Kärntens. – Carinthia II, **17**, Sonderheft, Pegmatite, 32–38, Klagenfurt 1956.
- KOLLER, F., GÖTZINGER, A., NEUMAYER, R., NIEDERMAYER, G.: Beiträge zur Mineralogie und Geochemie der Pegmatite des St. Radegunder Kristallins und der Gleinalpe. – Archiv f. Lagerst.forsch. Geol. B.-A., **3**, 47–65, Wien 1983.
- LUECKE, W.: Lithium Pegmatites in the Leinster Granite (Southeast Ireland). – Chemical Geology, **34**, 195–233, ... 1981.
- MEHNERT, K. R.: Über endogene Erzbildung und ihre Beziehung zur Granitenstehung durch selektive Mobilisation. – N. Jb. Miner. Abh., **94**, 49–76, Stuttgart 1960.
- MEIXNER, H.: Kurzbericht über neue Kärntner Minerale und deren Fundorte. – Der Karinthin, **1**, 2–4, Klagenfurt 1948.
- MEIXNER, H.: Kurzbericht über neue Kärntner Minerale und Mineralfundorte III. – Der Karinthin, **9**, 184–189, Klagenfurt 1950.
- MEIXNER, H.: Zur erzmikroskopischen Unterscheidung der Tantalit-Tapiolit-Phasen, unter besonderer Berücksichtigung eines neuen Vorkommens im Pegmatit von Spittal an der Drau, Kärnten. Bemerkungen zur Mineralisation „Villacher Granits“. – Neues Jahrb. Mineral., **9**, 204–218, Stuttgart 1951.

- MEIXNER, H.: Neue Mineralfunde in den Österr. Ostalpen. XV, Nr. 154: Neue Mineralfunde aus dem Pegmatitsteinbruch am Wolfsberg bei Spittal/Drau, Kärnten. – *Carinthia II*, **146** (66), 21–24, Klagenfurt 1956.
- MEIXNER, H.: Die Minerale Kärntens. I. Teil. – *Carinthia II*, **21**, Sonderheft, Klagenfurt 1957.
- MEIXNER, H.: Neue Mineralfunde in den Österreichischen Ostalpen. XVII, Nr. 186: Zirkon vom Wolfsberg bei Spittal/Drau, Kärnten. – *Carinthia II*, **151** (71), 73–74, Klagenfurt 1961.
- MEIXNER, H.: Neue Mineralfunde in den Österreichischen Ostalpen. XXII, Nr. 243: Apatit von Edling bei Spittal/Drau, Kärnten. – *Carinthia II*, **157** (77), 95–96, Klagenfurt 1967.
- MEIXNER, H.: Neue Mineralfunde in den Österreichischen Ostalpen. XXIII, Nr. 258: Vorläufige Mitteilung über Brasilianit vom Wolfsberg bei Spittal/Drau. – *Carinthia II*, **158** (78), S. 105, Klagenfurt 1968.
- MEIXNER, H.: Neue Mineralfunde in den Österreichischen Ostalpen. XXIV, Nr. 268: Analcim- und Anatas-xx vom Wolfsbergtunnel bei Spittal/Drau, Kärnten. – *Carinthia II*, **163**, (83), 102–103, Klagenfurt 1973.
- MEIXNER, H.: Neue Mineralfunde in den Österreichischen Ostalpen. XXV, Nr. 322: Bleiglanz aus dem Pegmatit-Steinbruch in der Lieserschlucht bei Spittal/Drau, Kärnten; Nr. 323: Niobit (Columbit) aus dem Pegmatitbruch am Wolfsberg bei Spittal/Drau. – *Carinthia II*, **165** (85), 15–17, Klagenfurt 1975.
- NIEDERMAYR, G.: Mineralneufunde aus Österreich, 1980–1982. – *Mitt. Österr. Min. Ges.*, No. 128, 1981/1982, 51–60, Wien 1983.
- NIEDERMAYR, G., POSTL, W. & WALTER, F.: Neue Mineralfunde aus Österreich, XXXII, Nr. 529: Montebrasit-xx aus dem Pegmatitsteinbruch am Wolfsberg bei Spittal/Drau, Kärnten; Nr. 530: Childrenit vom Hahnenkofel NW Rothenturn, Millstätter Seenrücken, Kärnten. – *Carinthia II*, **173** (93.), 345–346, Klagenfurt 1983.
- NIEDERMAYR, G., POSTL, W. & WALTER, F.: Neue Mineralfunde aus Österreich, XXXIV, Nr. 593: Augelith, Childrenit, Heterosit, Wardit und andere Mineralien vom Lagerhof am Millstätter See, Kärnten (Vorbericht). – *Carinthia II*, **175** (95.), 239–240, Klagenfurt 1985.
- PAAR, W.: Childrenit aus dem Pegmatitsteinbruch am Wolfsberg bei Spittal an der Drau, Kärnten. – *Der Karinthin*, **70**, 91–94, Klagenfurt 1974.
- PISTOTNIK, J.: Die westlichen Gurktaler Alpen (Nockgebiet). In: *Der Geologische Aufbau Österreichs* (Hrsg. R. OBERHAUSER). – 358–363, Wien – New York (Springer) 1980.
- QUENSEL, P.: The paragenesis of the Varuträsk pegmatite. – *Ark. Mineral. Geol.*, **2/2**, 1–125, ... 1956.
- SCHWINNER, R.: Der Bau des Gebirges östlich von der Lieser (Kärnten). – *Sitzber. Akad. Wiss., math.-naturw. Kl., Abt. I*, **136**, 333–382, Wien 1927.
- TOLLMANN, A.: Der Deckenbau der Ostalpen auf Grund der Neuuntersuchungen des zentralalpiner Mesozoikums. – *Mitt. Ges. Geol. Bergbaustud.*, **10**, 1–62, Wien 1959.
- WALTER, F. & POSTL, W.: Über Montebrasit aus dem Pegmatitsteinbruch am Wolfsberg bei Spittal a. d. Drau, Kärnten. – *Mitt. Österr. Min. Ges.*, **128**, 1981/1982, 47–50, Wien 1983.
- WESTENBERGER, H.: Untersuchungen am Spodumenpegmatit von Edling bei Spittal a. d. Drau, Kärnten. – *Der Karinthin*, **28**, 48–49, Klagenfurt 1954.

Unveröffentlichte Unterlagen

- FRITSCH & PLÖCHINGER: Geologische Karte des Gebietes Millstätter See und Gegendtal 1 : 25.000. – *Archiv Geol. Abt. des Landesmuseums für Kärnten*.
- Ordnung Feldspat (Lippnik, Wolfsberg, Laas) (mit Gutachten von Th. BLUM, Analysen von SEGER & CRAMER, NIEDERLEUTHNER, u. a., Lageplänen u. a. m.). – *Lagerstättenarchiv der Geol. Abt. d. Landesmuseums für Kärnten*.

Manuskript bei der Schriftleitung eingelangt am 15. November 1985.