

Carinthia II	182./102. Jahrgang	S. 21–35	Klagenfurt 1992
--------------	--------------------	----------	-----------------

Das Spodumenvorkommen auf der Weinebene und seine Mineralien

Von Gerhard NIEDERMAYR und Richard GÖD

Mit 1 Abbildung und 2 Fototafeln

EINLEITUNG

Spodumen – ein Lithium führender Klinopyroxen mit einem Lithiumgehalt von etwa 5–8 Gew.-% Li_2O (vgl. auch DEER et al., 1963) – ist heute ein für verschiedene Zwecke gesuchter Rohstoff. Dabei ist es derzeit aus aufarbeitungstechnischen Gründen weniger der Lithiumgehalt des Spodumens, der genutzt wird, sondern der Spodumen findet vor allem in der Keramikindustrie Verwendung.

Aus Kostengründen wird Lithium (in Form von Lithiumkarbonat) hingegen heute hauptsächlich aus bestimmten lithiumhaltigen Solen (z. B. in Chile und Nevada) gewonnen. Die Aluminiumindustrie ist der größte Verbraucher von Lithiumkarbonat (als Flußmittel bei der Al-Erzeugung). Weitere Anwendungsbereiche von Lithium liegen heute in der Schmierfettindustrie, in der chemischen Industrie, bei der Herstellung von Spezialgläsern, Glasuren und Emailen sowie in der chemischen und nuklearen Energietechnik.

Aufgrund der wirtschaftlichen Bedeutung von Lithium, von Lithiumkarbonat bzw. von Spodumen wurde im vergangenen Jahrzehnt der Aufsuchung wirtschaftlich nutzbarer Vorkommen (von Spodumen) auch in Österreich gewisses Augenmerk geschenkt (z. B. GÖD, 1978 und 1989a und b, KOLLER et al., 1983).

Die erste Erwähnung von Spodumen im Bereich des Brandrückens auf der Weinebene stammt von MEIXNER (1966) und geht auf einen Fund des sehr ambitionierten Kärntner Mineraliensammlers Schuldirektor V. LEITNER, St. Michael, zurück. Doch hat bereits BECK-MANNAGETTA (1951) im bezeichneten Gebiet einen „Diopsidaplit“ beschrieben.

Diese Informationen waren Ausgangspunkt für die in den Jahren 1981

bis 1988 durchgeführten Untersuchungen der Firma Minerex, Mineral-Explorationsgesellschaft mbH. Eine lagerstättenkundliche Bearbeitung der gegenständlichen Spodumenpegmatite wurde jüngst publiziert (GÖD, 1989a und b). Technische Daten zur Lagerstätte, zum Abbauverfahren und eine Wirtschaftlichkeitsprüfung von seiten des seinerzeitigen Projektbetreibers, der Bleiberger Bergwerks Union, Rohstoffgewinnungsgesellschaft m.b.H., wurden kürzlich von CERNY et al. (1989) vorgestellt. Im Zuge eines Versuchsabbaues wurde schon vor längerer Zeit Spodumenerz aus den beiden deutlich unterschiedlich entwickelten Teilbereichen des Vorkommens auf Halde gelegt. Im Haldenmaterial sind dann sowohl durch Sammler aus Kärnten und der Steiermark als auch von Angehörigen des Landesmuseums Joanneum in Graz und des Naturhistorischen Museums in Wien verschiedene, zum Teil für Österreich neue Mineralarten aufgesammelt und bekanntgemacht worden (NIEDERMAYR et al., 1987, 1988, 1989 und 1990). Durch WALTER et al. (1990) konnte vor kurzem auch ein weltweit neues Mineral, das Ca-Be-Phosphat Weinebenit, beschrieben werden. Weitere Mineralnachweise sind NIEDERMAYR et al. (in diesem Band, S. 115–122) zu entnehmen.

ZUR GEOLOGIE DES SPODUMENVORKOMMENS

Das Spodumenvorkommen der Weinebene liegt im mittelostalpinen (nach FRANK, 1987, oberostalpinen) Kristallin der Koralpe und ist Teil des ostalpinen Altkristallins, das in diesem Bereich aus meso- bis katazonalen Metamorphiten, bestehend aus verschiedenen Paragneisen, Glimmerschiefern, Marmoren, Amphiboliten und auch eklogitischen Gesteinen, aufgebaut wird (TOLLMANN, 1977, und BECK-MANNAGETTA, 1980a, 1980 b). Die die Gesteine hauptsächlich prägende Metamorphose ist dem variszischen Zyklus zuzuordnen. Eine jüngere alpidische (frühalpidisch; FRANK et al., 1987, und FRANK, 1987) Metamorphose, die in den tieferen Anteilen Amphibolitfazies erreicht, überprägt den Gesteinsbestand. Diese frühalpidische Metamorphose der Gesteine wird durch Isotopendaten an Glimmern von etwa 80 Millionen Jahren (MORAUF, 1981) und aus dem geologischen Befund (WIMMER-FREY, 1984) interpretiert.

- Die Gesteinsserie im Bereich des Spodumenvorkommens selbst umfaßt nach GÖD (1989b) mehr oder weniger quarzitische, lokal auch Kyanit führende Glimmerschiefer und eklogitische Amphibolite. Die Gesteine streichen WNW-ESE und fallen mit etwa 60° nach NNE ein.

Die Amphibolite bestehen aus Amphibol, Plagioklas, etwas Granat und sehr untergeordnet Quarz; Calcit als primäre Komponente ist bereichsweise häufiger. Lagenweise von Dezimetern bis einigen Metern Mächtig-



Abb. 1: Ein bereits historisches Bild – die Halde des Brandrücken-Explorationsstollens auf der Weinebene; Aufnahme aus dem Jahr 1990 (NIEDERMAYR)



Abb. 2: Halde mit AH-Pegmatit-Blöcken („Erztyp 1“), Weinebene. Aufnahme 1988 (NIEDERMAYR)



Abb. 3: Baracke der Fa. Minerex und Halde mit MH-Pegmatit-Blöcken („Erztyp 2“), Weinebene. Aufnahme 1988 (NIEDERMAYR)



Abb. 4: Typischer, zonargebauter AH-Pegmatit. Größe des Blockes 175 × 120 cm. Sammlung und Foto: NHM Wien



Abb. 5: Blöcke von MH-Pegmatiten mit typischer straffer Schieferung. Größe des Blockes 40 × 30 cm. (Foto: NIEDERMAYR)

keit auftretende eklogitische Amphibolite zeigen symplektitische Pyroxene. Die Pyroxene werden größtenteils von Hornblende verdrängt und zeigen solcherart eine retrograde metamorphe Überprägung an. Schichtgebundener Scheelit ist im tektonisch Liegenden der Pegmatite als akzessorischer Gemengteil in den Amphiboliten zu beobachten; in den Spodumenpegmatiten konnte hingegen kein Scheelit festgestellt werden.

Die Glimmerschiefer zeigen einen Mineralbestand von Muskovit, Quarz, Granat und Biotit sowie etwas Plagioklas; Kyanit-Paramorphosen nach Andalusit können einige Zentimeter Länge erreichen („Paramorphosenschiefer“).

Sowohl die eklogitischen Amphibolite als auch die Glimmerschiefer führen gelegentlich Graphit. Mehrere Meter mächtige Glimmerschiefer sind den Amphiboliten zwischengeschaltet. Diese Glimmerschiefer-Zwischenlagen, der Gehalt an Graphit, die primäre Karbonatführung in den Amphiboliten sowie auch untergeordnete geringmächtige Marmorlagen deuten auf eine sedimentäre Herkunft der Amphibolite.

Spodumen ist im bezeichneten Bereich ausschließlich an Pegmatite gebunden, die im wesentlichen unzonierte, schieferungsparallele, gangförmige Körper in eklogitischen Amphiboliten sowie in Kyanit und Granat führenden Glimmerschiefern bilden. Die Platznahme der Pegmatite erfolgte mit großer Wahrscheinlichkeit im spätrogenen Stadium der variszischen Gebirgsbildung. Die Pegmatite intrudierten somit in einer Spätphase jener Metamorphose, die die eklogitischen Amphibolite und Kyanit führenden Glimmerschiefer formte (GÖD, 1989b).

DIE SPODUMENPEGMATITE

Die Spodumenpegmatite sind im Verlauf der Explorationsarbeiten ober Tage über eine streichende Länge von rund 1,5 Kilometern nachgewiesen worden. Durch Bohrarbeiten konnten die Pegmatite im Einfallen – bei gleichbleibender Zusammensetzung – bis in eine Teufe von 450 Metern nachgewiesen werden. Die durchschnittliche Mächtigkeit der Pegmatite beträgt etwa 2 Meter, die maximale 5,5 Meter.

GÖD (1989b) unterscheidet zwischen AH-(amphibolite-hosted, früher „Erztyp 1“, z. B. NIEDERMAYR et al., 1989) und MH-(micaschist-hosted, früher „Erztyp 2“)Pegmatiten.

Die AH-Pegmatite zeigen eine einheitliche Internstruktur (vgl. auch Abb. 4,6): Auf einen aplitischen Randsaum von etwa 10 cm Mächtigkeit folgt ein unzonierter, grobkörniger Zentralbereich mit subparallel eingeregelt Spodumenkristallen. Die eigentliche Kontaktzone zu den Amphiboliten wird durch eine Biotitisierung Letzterer im dm-Bereich so-

wie durch die Bildung von Holmquistit charakterisiert. Biotit- und Holmquistitbildung werden von GÖD (1989b) als primäre Kontaktbildung im Verlaufe der Intrusion der Pegmatite interpretiert. Grobstrahlige, grauviolett gefärbte sonnenförmige Holmquistitaggregate, die bis jetzt lediglich in obertägigem Blockwerk aufgefunden wurden, niemals jedoch untertägig, erreichen bis 20 cm Durchmesser. Die zum Teil durchscheinend bis durchsichtigen, stengeligen Kristalle zählen weltweit zu den besten Individuen dieser Mineralart (vgl. auch WALTER und WALITZI, 1985, WALTER et al., 1989). Ob die wesentlich häufiger zu beobachtenden feinfilzig-wirrstrahligen Holmquistitbeläge ebenfalls so zu deuten sind, ist allerdings nach Meinung des Erstautors fraglich. Ihre Vergesellschaftung mit stengeligem Skapolith und, oft rosa gefärbtem, Klinozoisit sowie die deutliche tektonische Überprägung dieser Kontaktbereiche würde auch eine Bildung im Zuge einer Metamorphose nicht ausschließen. Schwarzer Turmalin ist hier ebenfalls in dickstengeligen, häufig aber zerbrochenen Individuen angereichert und auch hell- bis graugrüner, xenomorph bis subidiomorph entwickelter Apatit kann hier reichlich beobachtet werden.

Die bis handtellergroßen Spodumene sind in der aus Quarz und Feldspat (sowohl Albit als auch stellenweise Mikroklin) bestehenden Kernzone dieser Pegmatite auskristallisiert. Zusätzliche primäre Pegmatitkomponenten umfassen Muskovit, hellblauen Beryll, schwarzen Turmalin, schwarzgrünen Apatit und Akzessorien (Graphit, Kassiterit, Triphylin, Ferrisicklerit, Pyrochlor und Zirkon).

Der Pyrochlor wurde mittels Elektronenstrahlmikrosonde analysiert und ist als Mikrolith zu definieren. Unter der Annahme, daß das gemessene Gesamtblei radiogenen Ursprungs ist, errechnet sich aus den U-, Th- und Pb-Gehalten des Pyrochlors ein „Zerfallsalter“ von etwa 80 bis 100 Mio. Jahren – dies könnte einem altalpidischen Metamorphoseereignis entsprechen. Da der Pyrochlor zum primären Mineralbestand zu rechnen ist, kann das errechnete Alter kaum als Bildungsalter der Pegmatite aufgefaßt werden, da diese als variszisch angesehen werden (vgl. GÖD, 1989b). Eine spätere Umkristallisation des Pyrochlors während der altalpidischen Überprägung müßte daher angenommen werden.

Beryll tritt teils in xenomorphen bis subidiomorphen Putzen, teils aber auch in morphologisch gut ausgebildeten, charakteristisch nach der c-Achse plattig entwickelten Kristallen auf. Solcherart atypisch ausgebildete, extrem kurzprismatisch bis tafelige Berylle sind in Spodumenpegmatiten nicht ungewöhnlich (BEUS, 1966).

Die an die Glimmerschiefer gebundenen Spodumenpegmatite (MH-Pegmatite) zeigen ein vollkommen anderes Erscheinungsbild. Es sind feinkörnige, straff geschieferte, leicht gelblichgrüne Gesteine, die dieselben

Tab. 1: Bisher beobachtete Mineralarten im Bereich des Spodumenvorkommens des Brandrückens und deren Verteilung auf die verschiedenen Stadien der Kristallisation.

Mineral	Zusammensetzung	Stadien der Kristallisation			
		1	2	Kluftbildung, Peg- matit 3a	Ne- beng. 3b
Graphit	C	□ Δ			
Galenit	PbS	Δ			
Quarz	SiO ₂	□ Δ	□ Δ	Δ	×
Kassiterit	SnO ₂	□			
Rutil-Nb	TiO ₂ + Nb	□			×
Ferrocolumbit-Ti	FeNb ₂ O ₆ + Ti	□			
Pyrochlor	(Na,Ca) ₂ Nb ₂ O ₆ (OH,F)	□			
Apatit	Ca ₅ F(PO ₄) ₃ + Mn	□ Δ	□	Δ	
Ferrisicklerit	(Li,Fe ³⁺ ,Mn ²⁺)PO ₄	□			
Triphylin	LiFe ²⁺ (PO ₄) + Mn	□			
Albit	NaAlSi ₃ O ₈	□ Δ	□ Δ	Δ	×
Mikroklin, Adular	KAlSi ₃ O ₈	□ Δ	□ Δ	Δ	×
Glimmer	KAl ₂ (OH,F) ₂ (AlSi ₃ O ₁₀)	□ Δ	□ Δ	Δ	
Spodumen	LiAlSi ₂ O ₆	□ Δ	□ Δ		
Turmalin	Na,Mg,Fe,Al-Bor-Silikat	□	□		
Beryll	Be ₃ Al ₂ Si ₆ O ₁₀	■ ▲			
Zirkon	ZrSiO ₄	□			
Pyrrhotin	Fe _{1-x} S		□		
Pyrit	FeS ₂		□	Δ	×
Chalkopyrit	CuFeS ₂		□		×
Holmquistit	Li-Amphibol		□		
Klinozoisit	Ca ₂ Al ₃ Si ₃ O ₁₂ (OH)		□		×
Skapolith	(Na,Ca) ₄ Al ₆ Si ₆ O ₂₄ CO ₃		□		
Granat	Fe ₃ Al ₂ (SiO ₄) ₃		□		
Staurolith	(Fe,Mg,Zn) ₂ Al ₉ Si ₄ O ₂₃ (OH)		□		
Kyanit	Al ₂ SiO ₅		□		
Sphalerit	(Zn,Fe)S			Δ	
Chalcedon/Opal?	SiO ₂			□ Δ	
Todorokit	(Mn ²⁺ ,Ca,Mg)Mn ₃ O ₇ ·H ₂ O			□	
Siderit	FeCO ₃			□ Δ	
Collinsit	Ca ₂ (Mg,Fe)(PO ₄) ₂ ·2H ₂ O			Δ	
Messelit-Fairfieldit	Ca ₂ (Fe ²⁺ ,Mn)(PO ₄) ₂ ·2H ₂ O			□ Δ	
Roscherit	(Ca,Mn,Fe)Be ₂ (OH/PO ₄) ₂ ·3H ₂ O			▲	
Uralolith	Ca ₂ Be ₄ (PO ₄) ₃ (OH) ₃ ·6H ₂ O			▲	
Weinebenit	CaBe ₃ (OH) ₂ (PO ₄) ₂ ·4H ₂ O			▲	
Heterosit-Purpurit	(Fe ³⁺ ,Mn ²⁺)PO ₄			□	
Ludlamit	(Fe,Mg,Mn) ₃ (PO ₄) ₄ ·4H ₂ O			□	
Vivianit	Fe ³⁺ (PO ₄) ₂ ·8H ₂ O			Δ	
Hydroxyl-Herderit	CaBe(PO ₄)(OH)			▲	

Mineral	Zusammensetzung	Stadien der Kristallisation			
		Kluftbildung		Pegmatit	Nebeng.
		1	2	3a	3b
Chlorit (etwa Klinochlor-Prochlorit)	Fe,Mg-Silikat + OH $(\text{Na}, \text{Ca})_{0.33}(\text{Al}, \text{Mg})_2\text{Si}_4\text{O}_{10}(\text{OH})_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ Nontronit $\text{Na}_{0.33}\text{Fe}_2^{3+}(\text{Al}, \text{Si})_4\text{O}_{10}(\text{OH})_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ Bavenit $\text{Ca}_4\text{Be}_2\text{Al}_2\text{Si}_9\text{O}_{24}(\text{OH})_2$ β -Uranophan $\text{Ca}(\text{UO}_2)_2\text{Si}_2\text{O}_7 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ Laumontit $\text{Ca}(\text{Al}_2\text{Si}_4)\text{O}_{12} \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ Stilbit $\text{NaCa}_2(\text{Al}_5\text{Si}_{13}\text{O}_{36} \cdot 14\text{H}_2\text{O})$ Stellerit $\text{Ca}(\text{Al}_2\text{Si}_7)\text{O}_{18} \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ Heulandit $(\text{Na}, \text{Ca})_{4-6}\text{Al}_6(\text{Al}, \text{Si})_4\text{Si}_2\text{O}_{72} \cdot 24\text{H}_2\text{O}$			<input type="checkbox"/> Δ	\times
Montmorillonit				<input type="checkbox"/> Δ	
Nontronit				<input type="checkbox"/>	
Bavenit				\blacktriangle	
β -Uranophan				<input type="checkbox"/>	
Laumontit				Δ	\times
Stilbit				Δ	\times
Stellerit				Δ	\times
Heulandit				Δ	\times
Ilmenit		FeTiO_3			
Calcit	CaCO_3				\times
Malachit	$\text{Cu}_2(\text{CO}_3)(\text{OH})_2$				\times
Epidot	$\text{Ca}_2(\text{Al}, \text{Fe})_3\text{Si}_3\text{O}_{12}(\text{OH})$				\times
Aktinolith	$\text{Ca}_2(\text{Mg}, \text{Fe})_3\text{Si}_8\text{O}_{22}(\text{OH})_2$				\times
Titanit	CaTiSiO_5				\times
Axinit	$\text{Ca}_2(\text{Fe}, \text{Mg}, \text{Mn})\text{Al}_2\text{BSi}_5\text{O}_{14}(\text{OH})$				\times
Prehnit	$\text{Ca}_2\text{Al}_2\text{Si}_3\text{O}_{10}(\text{OH})_2$				\times
Chabasit	$\text{Ca}(\text{Al}_2\text{Si}_4)\text{O}_{12} \cdot 6\text{H}_2\text{O}$				\times

- AH-Pegmatite („Erztyp 1“)
 MH-Pegmatite („Erztyp 2“)
 \times Nebengestein (Kluftmineralisationen)
 \blacktriangle Mineralien mit Beryllium

Gefügemerkmale wie die sie umgebenden quarzitischen Glimmerschiefer aufweisen. Das Gestein könnte als aplitischer Gneis angesprochen werden, da es durch die vollkommene Umkristallisierung seinen ursprünglichen pegmatitischen Habitus völlig eingebüßt hat. Erst der mikroskopische Befund läßt die pegmatitische Ausgangszusammensetzung erkennen. Die MH-Pegmatite zeigen keine aplitischen Randzonen und ihr Kontakt zum Nebengestein ist scharf. Die Spodumene sind nur selten in größeren (= einige mm) Kristallfragmenten erkennbar. Interessant ist, daß gegenüber den AH-Pegmatiten der Anteil an Spodumen in diesem zweiten Pegmatittyp signifikant niedriger liegt und nur etwa 15 Vol.-% Spodumen beträgt (GöD, 1989b). Der übrige Mineralbestand ist dagegen weitgehend identisch.

An Schieferungsflächen und vor allem entlang der Klüftung der MH-Pegmatite ist eine sehr artenreiche tertiäre Mineralisation zur Ausbildung gekommen (vgl. Tab. 1). Die weitaus massigeren und tektonisch weniger stark überprägten AH-Pegmatite zeigen nur untergeordnet Klüftung und sind auch nur selten von Lösungshohlräumen, meist um Apatit, Triphylin und Ferrisicklerit, durchsetzt. Nur in diesen Lösungshohlräumen ist es analog zu den Klüften der MH-Pegmatite zur Ausbildung tertiärer Mineralphasen, vor allem von Fairfieldit-Messelit, Ludlamit, β -Uranophan und Heterosit-Purpurit gekommen.

Abgesehen von diesen makroskopischen Unterschieden weisen die beiden Pegmatitarten auch Unterschiede im Chemismus auf. Am deutlichsten ist der signifikant höhere Li_2O -Gehalt von etwa 1,6 Gew.-% Li_2O der AH-Pegmatite gegenüber einem solchen von etwa 1,3 Gew.-% Li_2O in den MH-Pegmatiten (eine eingehendere Diskussion der geochemischen Unterschiede der Pegmatite erfolgt in Göd, 1989b).

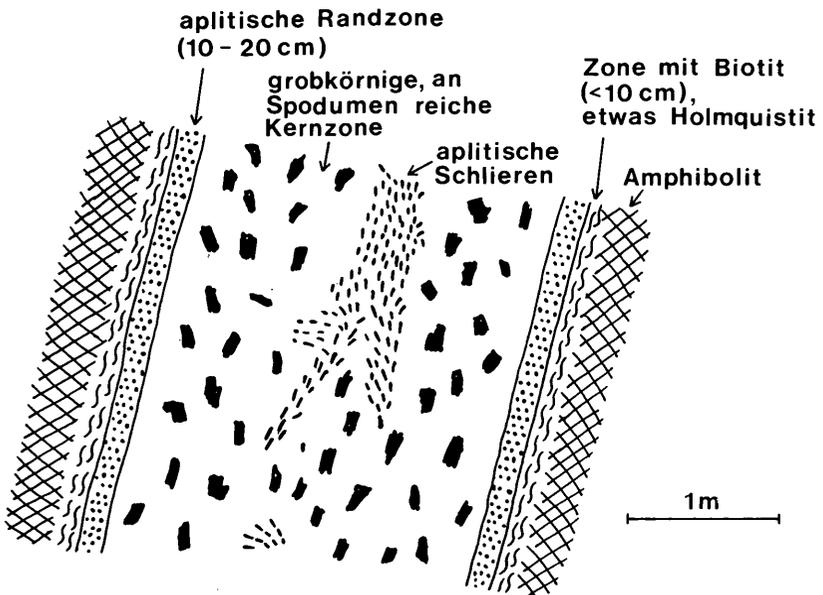


Abb. 6: Schematischer Schnitt durch einen AH-Pegmatit („amphibolite-hosted“ pegmatite).

Verschiedene Mineralisationen aus dem Bereich des Spodumen-Ver-
suchsabbbaus auf der Weinebene, Kärnten.

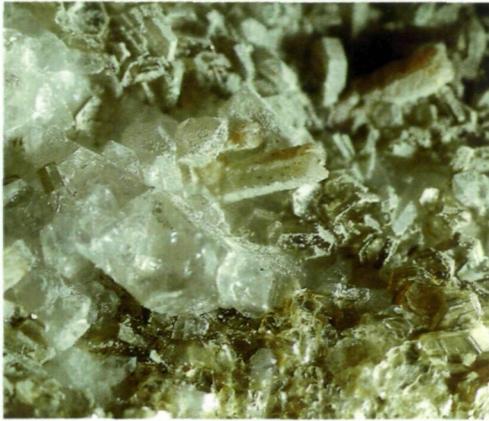


Abb. 7: Alpine Kluftmineralisation in MH-Pegmatit, mit Quarz, Muskovit und Apatit. Die Apatitkristalle ober der Bildmitte sind etwa 3 mm lang.

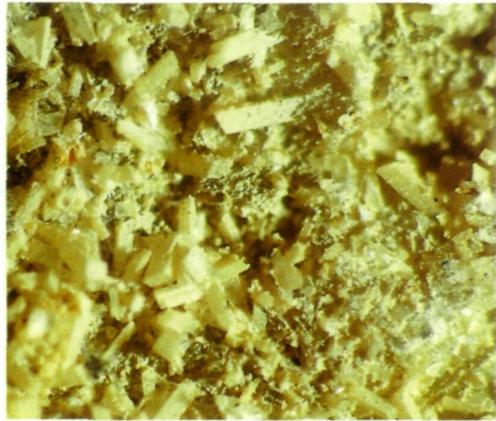


Abb. 8: Lamontitrasen auf MH-Pegmatit; Größe der Kristalle bis 1 mm. Sammlung und Foto: NHM Wien.

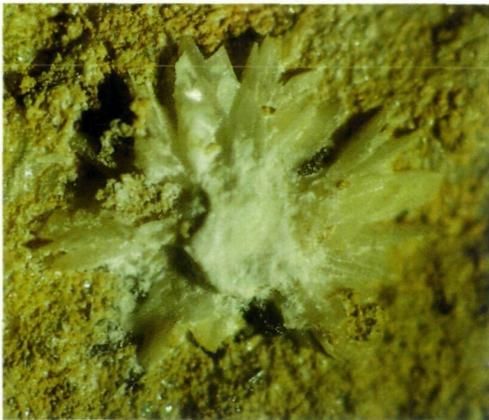


Abb. 9: Etwa 1 cm großes Aggregat von Fairfieldit auf MH-Pegmatit. Sammlung und Foto: NHM Wien.

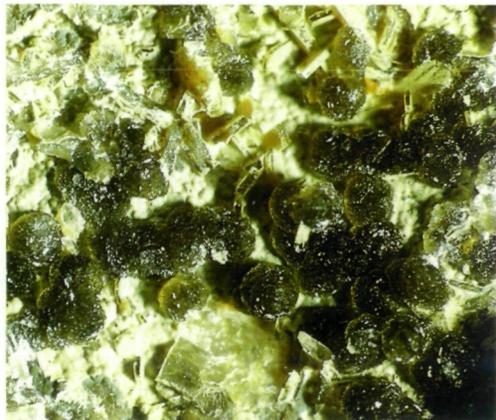


Abb. 10: 0,5 mm große, kugelige Aggregate von Roscherit über Stilbitrasen auf MH-Pegmatit. Sammlung und Foto: NHM Wien.



Abb. 11: Flache Sonne von Uralolith, eines der interessantesten Phosphate aus dieser Paragenese, auf MH-Pegmatit. Bildbreite: 1,2 cm. Sammlung und Foto: NHM Wien.



Abb. 12: Etwa 20 cm große Sonne aus Holmquistit auf AH-Pegmatit – eine der vermutlich spektakulärsterer Stufen, die je gefunden worden sind. Sammlung: NHM Wien (Inv.-Nr. 8258); Foto: Liselotte NIEDERMAYR.

Wie GÖD (1989b) wahrscheinlich machen konnte, gehören die Spodumenpegmatite der Weinebene zum Albit-Spodumen-Typ der RE-Granitpegmatite („rare element pegmatites“). Ihr Alter wird als variszisch gedeutet, wobei die Platznahme nach dem thermischen Höhepunkt einer mittelgradigen, Kyanit und Pyroxen erzeugenden Metamorphose erfolgt ist.

GÖD (1989b) vertritt die Ansicht, daß das unterschiedliche Erscheinungsbild der beiden Pegmatittypen auf die unterschiedliche Beeinflussung der pegmatitischen Ausgangsschmelze durch die jeweiligen Nebengesteine zurückzuführen ist. In diesem Sinne interpretiert er Turmalin, Apatit und Holmquistit, die im Randbereich der AH-Pegmatite zum umgebenden Amphibolit bevorzugt auftreten, als durch Wechselwirkung von Pegmatit und Amphibolit entstanden. Demgegenüber glaubt der erstgenannte Autor, daß es sich bei Holmquistit, Klinozoisit, Skapolith und zum Teil auch bei Granat, Apatit und Turmalin, sofern diese im unmittelbaren Kontaktbereich selbst auftreten, um Rekristallite im Zuge metamorpher Überprägungen und metasomatischer Stoffverschiebungen handelt.

Da der stoffliche Unterschied zum Nebengestein bei den AH-Pegmatiten sehr ausgeprägt ist, scheint es nicht nur bei der Intrusion dieser Pegmatite zu Stoffverschiebungen und Kontaktbildungen gekommen zu sein (z. B. aplitischer Randsaum, Biotitisierung des Amphibolits), sondern hat auch bei der späteren metamorphen Überprägung eine Umkristallisierung in der Kontaktzone stattgefunden (möglicherweise Bildung von feinfilzigem Holmquistit, von Skapolith und Klinozoisit). Bei den MH-Pegmatiten sind demgegenüber keine vergleichbaren Kontaktbildungen zu beobachten, die metamorphe Überprägung hat hier aber den ursprünglichen pegmatitischen Habitus, wie erwähnt, beinahe vollkommen ausgelöscht.

DIE MINERALIEN

Entsprechend der Mehrphasigkeit der geologischen Entwicklung des die Spodumenpegmatite führenden Gesteinsstapels werden im Bereich des Spodumenvorkommens auf der Weinebene mehrere mineralbildende Stadien unterschieden:

- 1) Primärer, pegmatitischer Altbestand
- 2) Metamorphosebedingte Mineralien (sekundäres Stadium)
- 3a) An die Pegmatite gebundene Kluftmineralisationen (tertiäres Stadium)
- 3b) Alpine Zerrklüftparagenese in den Nebengesteinen

Diese auch zeitlich deutlich voneinander getrennten Mineralisierungsphasen sind durch bestimmte Paragenesen gekennzeichnet.

An dieser Stelle sei nochmals ausdrücklich darauf hingewiesen, daß die Autoren dieser Arbeit hinsichtlich der Zuordnung der beobachtbaren Mineralarten zu den verschiedenen Mineralisierungsphasen etwas unterschiedliche Auffassungen vertreten, die hier bewußt zur Diskussion gestellt werden sollen.

1) Primärer, pegmatitischer Altbestand (primäres Stadium)

Der primäre Mineralbestand umfaßt neben Spodumen natürlich Quarz, Feldspäte (überwiegend Albit, seltener Mikroklin) und Muskovit als Hauptkomponenten. Wichtige akzessorische Gemengteile der Pegmatite sind dunkelgrüner Apatit, hell- bis grünlichblauer Beryll (Aquamarin) und schwarzer Turmalin. Seltener Akzessorien des primären Stadiums sind Galenit, Kassiterit, Pyrochlor, Sphalerit, Ti-reicher Ferrocolumbit (CERNY et al., 1989), Triphylin, Ferrisicklerit, Graphit und Zirkon.

Nach GÖD (1989b) verursacht die syntektonische Platznahme der Pegmatite die mehr oder weniger subparallele Regelung der Spodumene und die klar metamorphe Textur der aplitischen Randsäume der Spodumenpegmatite. Derselbe Autor rechnet auch die Biotitisierung am Kontakt der Pegmatite zu den umgebenden Amphiboliten sowie die hier auch zu beobachtenden Anreicherungen von Granat, Beryll, Turmalin und Apatit und auch den feinfilzigen Holmquistit zum primären, pegmatitischen Altbestand.

2) Metamorphosebedingte Mineralphasen (sekundäres Stadium)

Im Zuge der metamorphen Überprägung der Pegmatite kam es nicht nur zu einer teilweisen, im Falle der AH-Pegmatite untergeordneten, im Falle der MH-Pegmatite nahezu vollständigen Umkristallisation der Quarz-Feldspat-Spodumen-Matrix, sondern nach Meinung des Erstautors (G. NIEDERMAYR) auch im Kontaktbereich der AH-Pegmatite zum Nebengestein zur Bildung von feinfilzig-schilfigem Holmquistit, von Klinozoisit, Skapolith und Turmalin, zum Teil auch von Granat, Staurolith, Apatit und verschiedenen sulfidischen Erzen.

R. GÖD rechnet einen Teil dieser Mineralphasen – in erster Linie aber Apatit, Beryll, Granat und Turmalin – zum primären Mineralbestand der AH-Pegmatite, die somit von der altpidischen Metamorphose seiner Meinung nach nur untergeordnet überprägt worden sind.

3a) An die Spodumen-Pegmatite gebundene Kluftmineralisationen (tertiäres Stadium)

Metamorphe Prozesse führten nicht nur zu einer gewissen Mobilisierung und Rekristallisation des pegmatitischen Altbestandes, die besonders in den MH-Pegmatiten bedeutende Umbildungen bewirkten, sondern verursachten auch in den im Gesteinsverband zirkulierenden hydrothermalen Wässern eine erhebliche Mineralisierung. Aus diesen mehr oder weniger stark mineralisierten Lösungen haben sich dann im Zuge retrograder Metamorphoseereignisse bei fallendem Druck und fallender Temperatur im von Streß bedingten Kluftnetz eine Reihe tertiärer Mineralphasen ausgeschieden (der Begriff „tertiär“ ist hier nicht mit dem geologischen Zeitalter des Tertiärs zu verwechseln!). Diese Mineralisation ist vergleichbar jenen Mineralabfolgen, die wir in alpinen Klüften der Ostalpen immer wieder beobachten können (vgl. NIEDERMAYR, 1980), doch entscheidend durch den ungewöhnlichen Chemismus des spodumenführenden, pegmatitischen Muttergesteins geprägt. Diese Mineralparagenesen umfassen jedenfalls neben Quarz, Muskovit und Adular sowie verschiedenen Zeolithen vor allem eine Reihe von Phosphaten.

Prinzipiell sind beide dargestellten Pegmatittypen in dieser Art und Weise mineralisiert, doch sind es hier vor allem die MH-Pegmatite, die diese artenreiche Mineralparagenesen enthalten.

Grob schematisiert kann aufgrund des bisher vorliegenden Datenmaterials die Mineralabfolge in den Klüften der MH-Pegmatite angegeben werden mit:

Quarz → Adular → Muskovit → Zeolithe → Phosphate.

Der Stoffbestand der Phosphate kann im wesentlichen auf die primären Pegmatitakzessorien Apatit, Triphylin, Ferrisicklerit und Beryll bezogen werden. Auffällig ist dabei der relativ hohe Mangangehalt der Phosphate (NIEDERMAYR et al., 1988).

3b) Alpine Zerrklüftparagenesen in den Nebengesteinen der Spodumenpegmatite

Wie in den Pegmatiten ist es zur gleichen Zeit auch in deren Nebengesteinen zu einer Mineralisierung in typischen alpinen Klüften gekommen. Es sind vor allem die Amphibolite, die derartige Kluftbildungen zeigen. Die Mineralvergesellschaftungen in diesen Klüften sind dabei durchaus vergleichbar jenen, die wir in den Amphiboliten und anderen hornblendeführenden Gesteinen des Pennins und des Altkristallins beobachten können. Quarz, Aktinolith, Epidot, Calcit, Ilmenit, Adular, Prehnit und verschiedene Zeolithe sind hier in erster Linie zu erwähnen.

Die Mineralabfolgen lauten grob vereinfacht:

Aktinolith→Albit→Quarz→Calcit

Ilmenit→Albit→Epidot→Calcit→Chlorit→Zeolith

Viel seltener finden sich Klüfte in den Glimmerschiefern dieses Gebietes. Hier sind vor allem Quarz und Adular zu beobachten.

Die dem Mineralbestand nach doch sehr unterschiedliche Mineralisierung der Klüfte in den Pegmatiten einerseits und in den Nebengesteinen der Spodumenpegmatite andererseits belegt die sehr starke Abhängigkeit der Mineralisierung vom Chemismus des jeweiligen Nebengesteins, zeigt aber auch, daß der Stofftransport in die Klüfte nur sehr ortsgebunden erfolgt ist. Hinweise auf das gleiche Temperaturgeschehen in den Klüften der Pegmatite und jener der Nebengesteine in den späten Mineralisierungsstadien ergeben sich aus den identen Zeolithparagenesen, die – in der Reihenfolge ihrer Ausscheidung – hauptsächlich Laumontit, Stilbit und Heulandit umfassen. Die Klüftmineralisationen im Bereich der Weinebene sind damit zum Teil durchaus vergleichbar jenen in der übrigen Koralpe (vgl. MÖRTL, 1988, NIEDERMAJR, 1990); die etwas abweichend zusammengesetzte Mineralvergesellschaftung in den Klüften der Spodumenpegmatite ist hingegen auf den extremen Chemismus des unmittelbaren Nebengesteins zurückzuführen.

ZUSAMMENFASSUNG

Das Spodumenvorkommen auf der Weinebene/Koralpe ist in den letzten Jahren nicht nur als potentieller Rohstofflieferant in den Blickpunkt der Öffentlichkeit getreten, sondern hat auch eine Reihe von für Kärnten und auch für Österreich neue Mineralien geliefert. Für das Ca-Be-Phosphat Uralolith ist die Weinebene die dritte Fundstelle auf der Welt (nach dem Ural und der Dunton Gem Mine, Newry in Maine, USA) und überdies sind die Uralolithkristalle hier so ausgezeichnet entwickelt, daß auch eine Strukturbestimmung dieses sonst nur sehr schlecht kristallisierten Minerals möglich sein wird (frdl. mündl. Mitteilung Doz. Dr. K. MEREITER, Wien). Ein weiteres Ca-Be-Phosphat, der Wein-eberit, konnte erstmals von hier beschrieben werden.

Aus dem hier mitgeteilten Datenmaterial läßt sich somit folgendes ableiten:

1) Die Spodumenpegmatite der Weinebene zeigen einen, je nach Typ variierenden, primären Mineralbestand, der dem Albit-Spodumen-Typ der RE-Granitpegmatite entspricht.

Bei den stofflich zum Nebengestein kontrastierenden AH-Pegmatiten kommt es im Zuge der Intrusion der Pegmatite zur Ausbildung apliti-

scher, an Spodumen freier Randzonen, zur Biotitisierung der Amphibolite im Bereich des Kontaktes und möglicherweise auch zur Bildung von Holmquistit.

2) Eine metamorphe Überprägung des primären Mineralbestandes, die teils zu einer Umkristallisation geführt (MH-Pegmatite) und teils metasomatische Veränderungen der Pegmatit-Randzonen zum umgebenden Nebengestein (AH-Pegmatite) bewirkt hat.

3) Im Verlauf retrograder Metamorphoseereignisse wurde ein Teil des Stoffbestandes in die Klüfte der Spodumenpegmatite mobilisiert. Dies führte in diesen Klüften zur Bildung einer ungewöhnlich artenreichen, tertiären Mineralisation.

In dieser tertiären Mineralisation paust sich auch eine gebietsspezifische, altkristalline Kluftmineralvergesellschaftung durch (z. B. Zeolithe). Dies weist auf ein identes Temperatugeschehen bei der Bildung der Kluftmineralisationen in den Pegmatiten und in deren Nebengesteinen hin.

Insgesamt sind aus dem unmittelbaren Bereich des Spodumenvorkommens bisher etwas mehr als 50 Mineralien bekannt geworden, und somit zählt diese Fundstelle zu den artenreichsten Minerallagerstätten Kärntens.

LITERATUR:

- BECK-MANNAGETTA, P. (1951): Die Auflösung der Mechanik der Wolfsberger Serie, Koralpe, Kärnten. – Jb. Geol. B. A., 94, Jg. 1949–1951:127–157.
- (1980a): Die Koralpe. In: Oberhauser, R. (ed.): Der geologische Aufbau Österreichs. – Geol. B. A. Wien, 386–392.
- (1980b): Geologische Karte der Republik Österreich 1:50.000, Blatt 188; Geol. B. A. Wien.
- BEUS, A. A. (1966): Geochemistry of Beryllium and Genetic Types of Beryllium Deposits. – San Francisco & London: W. H. Freeman and Comp., 401 S.
- CERNY, I., P. MOSER und P. NEDEFF (1989): Das Projekt „Lithium Koralpe“. – Berg- und hüttenmännische Mh., 134, 6:151–165.
- CERNY, P., G. NIEDERMAYR, R. GÖD, R. CHAPMAN and M. A. WISE (1989): Exsolutions Intergrowths of Titanian Ferrocolumbite and Niobian Rutile from the Weinebene Spodumene Pegmatites, Carinthia, Austria. – Mineralogy and Petrology 40:197–206.
- DEER, W. A., R. A. HOWIE and J. ZUSSMAN (1963): Rock-Forming Minerals, Vol. 2 (Chain Silicates). – London: Longmans, Green & Co. Ltd., 379 S.
- FRANK, W. (1987): Evolution of the Austroalpine Elements in the Cretaceous. – In: Geodynamics of the Eastern Alps (eds. H. W. FLÜGEL and P. FAUPL), 379–406.
- FRANK, W., M. KRALIK, S. SCHARBERT und M. THÖNI (1987): 4. Geochronological Data from the Eastern Alps. – In: Geodynamics of the Eastern Alps (eds. H. W. FLÜGEL and P. FAUPL), 272–281.

- GÖD, R. (1978): Vorläufige Mitteilung über einen Spodumen-Holmquistit führenden Pegmatit aus Kärnten. – Anzeiger österr. Akad. Wiss., mathem.-naturwiss. Kl. 115, 7: 161–165.
- (1989a): The spodumen deposit „Weinebene“/Austria. – 79th Annual Meeting of the Geologische Vereinigung, Mineral. Deposites, Abstr., Leoben.
- (1989b): The spodumen deposit at „Weinebene“/Koralpe, Austria. – Mineral. Deposita 24:270–278.
- KOLLER, F., M. GÖTZINGER, R. NEUMAYER und G. NIEDERMAYR (1983): Beiträge zur Mineralogie und Geochemie des St. Radegunder Kristallins und der Gleinalpe. – Archiv f. Lagerstättenforschung, Geol. Bundesanstalt 3:47–108.
- MEIXNER, H. (1966): Neue Mineralfunde in den österreichischen Alpen. XXI. – Carinthia II, 156./76:97–108.
- MORAUF, W. (1981): Rb-Sr und K-Ar Isotopen-Alter an Pegmatiten aus Kor- und Saualpe, SE Ostalpen, Österreich. – Tscherma's Min. Petr. Mitt. 28:113–129.
- MÖRTL, J. (1988): Koralpen-Mineralogie (Kärntner Anteil). – Mitt. Österr. Mineralog. Ges. 133:103–111.
- NIEDERMAYR, G. (1980): Ostalpine Klufthydrothermalisationen und ihre Beziehungen zur alpidischen Metamorphose. – Annalen Naturhist. Museum Wien, 83:399–416.
- (1990): Die Mineralien der Kor- und Saualpe in Kärnten, Österreich. – Mineralien-Welt 1, 3:58–67.
- NIEDERMAYR, G., F. BRANDSTÄTTER, B. MOSER und W. POSTL (1987): Neue Mineralfunde aus Österreich, XXXVI. – Carinthia II, Klagenfurt, 177./97:283–329.
- (1988): Neue Mineralfunde aus Österreich, XXXVII. – Carinthia II, Klagenfurt, 178./98:181–214.
- NIEDERMAYR, G., F. BRANDSTÄTTER, E. KIRCHNER, B. MOSER und W. POSTL (1989): Neue Mineralfunde aus Österreich, XXXVIII. – Carinthia II, Klagenfurt, 179./99:231–268.
- NIEDERMAYR, G., F. BRANDSTÄTTER, G. KANDUTSCH, E. KIRCHNER, B. MOSER und W. POSTL (1990): Neue Mineralfunde aus Österreich, XXXIX. – Carinthia II, Klagenfurt 180./100:245–288.
- NIEDERMAYR, G., F. BRANDSTÄTTER, B. LEIKAUF, B. MOSER, W. POSTL und J. TAUCHER (1992): Neue Mineralfunde aus Österreich, XII. – Carinthia II, Klagenfurt, 182./102:113–158.
- TOLLMANN, A. (1977): Geologie von Österreich, Bd. I – Die Zentralalpen. – Wien: F. Deuticke, 766 S.
- WALTER, F., W. POSTL und J. TAUCHER (1990): Weinebenit: Paragenese und Morphologie eines neuen Ca-Be-Phosphates von der Spodumenpegmatitlagerstätte Weinebene, Koralpe, Kärnten. – Mitt. Abt. Mineralog. Landesmuseum Joanneum 58:37–43.
- WALTER, F., und E. M. WALITZI (1985): Holmquistit vom Brandrücken (Weinebene), Koralpe/Kärnten. Ein Vorbericht. – Der Karinthin 92:245–248.
- WALTER, F., E. M. WALITZI und K. MEREITER (1989): Verfeinerung der Kristallstruktur vom Holmquistit vom Brandrücken/Weinebene, Koralpe, Österreich. – Zeitschrift f. Kristallographie 188:95–101.
- WIMMER-FREY, I. (1984): Gefüge- und Metamorphoseuntersuchungen am Plattengneis der zentralen Koralpe, Steiermark. – Unpubl. Diss., Univ. Wien.

Anschrift der Verfasser: Dr. Gerhard NIEDERMAYR, Mineralogisch-Petrographische Abteilung, Naturhistorisches Museum, A-1014 Wien, Burggring 7, Österreich, und Dr. Richard GÖD, Geotechnisches Institut, BVFA-Arsenal, A-1030 Wien, Faradaygasse 3.