

**DIE MINERALE DER SPODUMENPEGMATITLAGERSTÄTTE WEINEBENE,
KÄRNTEN**

von

Franz Walter⁺

Vortrag vor der Österreichischen Mineralogischen Gesellschaft
in Wien

am 22. Mai 1995

Einleitung

Spodumen-führende Pegmatite sind im ostalpinen Kristallin von Steiermark und Kärnten weit verbreitet (GÖD, 1992). Bereits 1876 wurde das Vorkommen von Spodumen in einem Pegmatit aus dem Hüttenberger Erzberg beschrieben (SEELAND, 1876) und später von MEIXNER (1952) durch einen Neufund bestätigt. Neben altbekannten Spodumenvorkommen im Kristallin von St. Radegund (ANGEL, 1933), Edling bei Spittal/Drau (ANGEL & MEIXNER, 1953), Steinbruch Gupper im Wildbachgraben, Koralpe (HÖLLER, 1959) und Hirnkogel bei Pusterwald, Wölzer Tauern (HÖLLER, 1964), sind in den letzten Jahren einige neue Vorkommen von Spodumenpegmatiten aus Steiermark und Kärnten bekannt geworden (Abb. 1). Die räumliche Erstreckung dieser 13 Pegmatitfundorte reicht von mineralogischen Vorkommen bis zur nutzbaren Lagerstätte. Zwei Vorkommen - Landskron / Villach (GÖD, 1978) und Spitznock/Gailtaler Alpen (WARICH, 1979) - sind eiszeitlich transportierte Blöcke von derzeit unbekannter Herkunft, alle anderen sind anstehend oder als Hangschutt nur gering entfernt vom Anstehenden zu finden.

Vom Bereich des Brandrückens/Weinebene, Kärnten, hat BECK-MANNAGETTA (1951) einen "Diopsidaplit" beschrieben. Den ersten Nachweis von Spodumen vom Brandrücken brachte MEIXNER (1966). Diese Informationen waren Anlaß für die in den Jahren 1981 - 1988 durchgeführten Untersuchungen der Firma Minerex. Die lagerstättenkundliche Bearbeitung der Spodumenpegmatite vom Brandrücken (GÖD, 1989) wies u.a. die enorme Erstreckung dieser Lithium-Lagerstätte nach. Im Zuge des Versuchsabbaues wurden zwei deutlich unterschiedliche Spodumenpegmatit-

⁺ Univ.-Doz. Dr. Franz Walter
Institut für Mineralogie-Kristallographie und Petrologie
der Karl-Franzens-Universität Graz
Universitätsplatz 2, A-8010 Graz

gangtypen getrennt auf zwei Halden gelegt. Deren Bemusterung durch Sammler und Fachkollegen führte zur Auffindung und Beschreibung von mehr als 60 Mineralarten in unterschiedlichen Paragenesen, darunter auch ein neues Ca-Be-Phosphat (Weinebene) mit Typuslokalität "Brandrücken, Weinebene".

Eine Prüfung auf Wirtschaftlichkeit durch die Bleiberger Bergwerksunion (CERNY et al., 1989) führte zur Einstellung des Versuchsbergbaues (1990) und zur Rekultivierung der Halden im Jahre 1991.

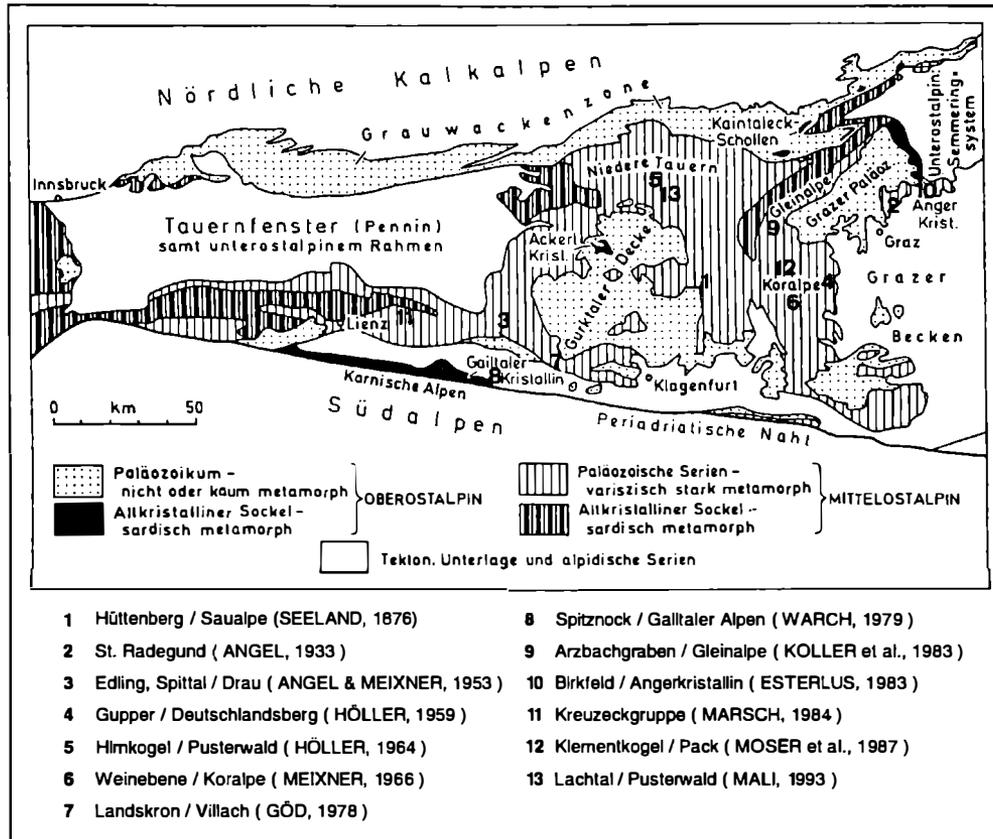


Abb. 1: Spodumenführende Pegmatitvorkommen im ostalpinen Kristallin von Steiermark und Kärnten (Gliederung nach TOLLMANN, 1986).

Geologie und Auftreten der Spodumenpegmatite

Die Spodumenpegmatite vom Brandrücken, Weinebene, liegen im ostalpinen polymetamorphen Kristallin der Koralpe, die in diesem Bereich aus Paragneisen, Glimmerschiefern, Marmoren, Amphiboliten und Eklogiten aufgebaut wird. Die

Randgesteine der Spodumenpegmatite sind einerseits (Eklogit-)Amphibolite und andererseits Kyanit-führende Granatglimmerschiefer, die generell WNW-ESE streichen und ca. 60° nach NNE einfallen. Die Spodumenpegmatite treten darin ausnahmslos konkordant auf und sind durch die Explorationsarbeiten über 1,5 km streichender Länge und bis in eine Tiefe von 450 Metern nachgewiesen worden. Die durchschnittliche Mächtigkeit der Pegmatite beträgt rd. 2 Meter, in Ausnahmefällen auch bis 5,5 Meter. Die Platznahme der im wesentlichen unzonierten Pegmatite, die zum Albit-Spodumen-Typ der RE-Granitpegmatite gehören, erfolgte wahrscheinlich im spätorogenen Stadium der variszischen Gebirgsbildung, ein dazugehöriger Pluton konnte bisher nicht nachgewiesen werden. GÖD (1989) unterscheidet abhängig vom Nebengestein zwischen einem AH-Pegmatit (amphibolite-hosted) und MH-Pegmatit (micaschist-hosted):

Die AH-Pegmatite zeigen einen unzonierten grobkörnigen Zentralbereich mit subparallel eingeregelt Spodumenkristallen und einen ca. 10 cm mächtigen aplitischen Randsaum. Im Kontaktbereich zum Amphibolit kommt es zur Bildung von Biotit und Holmquistit (Li-Amphibol) und mitunter zur Anreicherung von Turmalin, Granat, Beryll und Apatit.

Die MH-Pegmatite zeigen dagegen ein vollkommen anderes Erscheinungsbild. Hier ist der Pegmatit als feinkörniges, straff geschiefertes, quarzitisches aussehendes Gestein ausgebildet, welches dieselben Gefügemerkmale wie der umgebende Kyanit-führende Glimmerschiefer aufweist. Es sind keine aplitischen Randzonen vorhanden und die Begrenzung zum Nebengestein ist scharf. Es ist anzunehmen, daß die Plattengneistektonik die MH-Pegmatitminerale weitgehend zerschert hat, die AH-Pegmatitminerale jedoch durch die massigen (Eklogit-)Amphibolite geschützt und nur geringfügig tektonisch beeinträchtigt wurden. Die frühalpideische amphibolitfazielle Metamorphose hat zuletzt den gesamten Gesteinsverband überprägt (FRANK et al., 1987) und auch im Abklingen die hydrothermalen Kluftmineralisationen in der Koralpe gebildet.

Minerale

An dieser Stelle werden nur einige ausgewählte Minerale aus den Weinebene-Pegmatiten vorgestellt. Umfassende Zusammenstellungen der Mineralparagenesen geben NIEDERMAYR & GÖD (1992), TAUCHER et al. (1992) und (1994). Entsprechend der geologischen Entwicklung der Spodumenpegmatite kann man hauptsächlich drei mineralbildende Stadien unterscheiden:

- 1) Der primäre, pegmatitische Altbestand
- 2) Die metamorphe Überprägung
- 3) Hydrothermale Kluftmineralisationen

1) Der primäre, pegmatitische Altbestand

Die Hauptkomponenten des primären Altbestandes sind Quarz, Albit, Mikroklin, Muskovit und Spodumen. Akzessorisch treten *Apatit*, Beryll, Cassiterit, *Ferrisicklerit*, Ferrocolumbit, Granat, Graphit, *Heterosit*, Pyrochlor, Rutil-Nb,

Triphylin-Lithiophililit, Turmalin und Zirkon auf. Die chem. Analysen der AH- und MH-Pegmatite ergeben jeweils rd. 0,4 Gew.-% P_2O_5 (GÖD, 1989). Diese, für Spodumenpegmatite recht hohen Werte, werden durch das Auftreten von zahlreichen primären aber auch anschließend hydrothermal gebildeten *Phosphatmineralen* verursacht. Ebenso hohe P_2O_5 Gehalte (0,3 - 0,4 Gew.-%) werden aus den Pegmatiten des Millstätter Seenrückens berichtet (LUECKE & UCİK, 1986). Aus diesen Vorkommen wurden viele z.T. sehr seltene Phosphatminerale beschrieben (MEIXNER, 1957, zuletzt NIEDERMAYR et al., 1996).

Muskovit tritt im Kernbereich des AH-Pegmatits mit höchstens 3 Vol.-% auf (GÖD, 1989), während der Pegmatitrandbereich häufig mehrere cm dicke Anreicherungen von Muskovit zeigt. Der Chemismus von Muskovit aus dem Kern- bzw. Randbereich ist nahezu identisch, die Lithiumgehalte sind mit 0,10 bzw. 0,14 Gew.-% Li_2O recht niedrig (TAUCHER et al., 1994). Lepidolith oder Zinnwaldit sind aus den Pegmatiten der Weinebene bisher nicht bekannt geworden.

Die grauen, mitunter auch deutlich grünlich gefärbten Spodumenkristalle sind tafelig nach (100) entwickelt, und zeigen die ausgezeichnete Spaltbarkeit der Klinopyroxene nach {110}. Im AH-Pegmatit erreichen sie durchschnittliche Größen von 3 cm, einzelne Kristalle sind bis 15 cm groß. Im MH-Pegmatit ist Spodumen selten in größeren (einige mm) Kristallfragmenten zu erkennen. Abgesehen von diesen makroskopischen Unterschieden weisen AH- und MH-Pegmatite auch Unterschiede im Chemismus auf: Besonders die Li_2O -Gehalte von 1,6 Gew.-% im AH-Pegmatit gegenüber 1,3 Gew.-% im MH-Pegmatit sind deutlich unterschiedlich und werden von GÖD (1989) eingehend diskutiert. Mikroskopisch lassen sich um Spodumen randliche Verwachsungen, teils myrmekitischer Art, erkennen, die von einer postkinematischen Verdrängung von Feldspat durch Spodumen und Quarz verursacht werden (WENGER & ARMBRUSTER, 1990). Gleiche Reaktionen um Spodumen sind auch aus anderen Vorkommen beschrieben worden: Steinbruch Gupper (HERITSCH, 1984) und St.Radegund (KOLLER et al., 1983).

Akzessorisch treten in der Randzone des AH-Pegmatites nesterartige Anreicherungen von xenomorph ausgebildetem Fluorapatit mit intensiv grüner bis leicht bräunlicher Farbe auf. Eher selten ist Fluorapatit im Kernbereich des Spodumenpegmatites anzutreffen. Einige mm lange idiomorphe, langprismatische hexagonale Kristalle, eingebettet in Albit, Mikroklin und Quarz, wurden als Hydroxylapatit bestimmt.

Beryll tritt vorwiegend im Randbereich des AH-Pegmatites auf, oft kurzprismatisch bis dicktafelig nach (0001) entwickelt. Kristalle erreichen oft wenige cm, selten auch dm im Querschnitt. An Formen der meist hellblau gefärbten Kristalle treten ein hexagonales Prisma und das Basispinakoid auf. Mikrosonden- und AAS-Messungen zeigen neben geringen Gehalten an Magnesium, Eisen und Mangan (Gew.-% MgO: 0,44, FeO: 0,5, MnO: < 0,02) deutliche Werte für Lithium und Cäsium (Gew.-% Li_2O : 0,87, Cs_2O : 1,07). Die Alkalien Na_2O und K_2O liegen mit 1,25 Gew.-% bzw. 0,13 Gew.-% im für Berylle häufig beobachteten Wertebereich. Vergleicht man Beryllanalysen mit höheren Cäsium-Gehalten, so fällt die negative Korrelation von Lithium und Beryllium auf. AURISICCHIO et al. (1988) bezeichnen Berylle mit teilweisem Ersatz von Be durch Li als "tetrahedral beryls" und stellen fest, daß bei Vorliegen dieses Ersatzes die oktaedrische Position des Aluminiums nur geringfügig oder kaum durch Eisen und Magnesium ersetzt wird. Zum Wertigkeitsausgleich

werden einwertige Kationen wie Na und Cs in die Kanäle der Sechseringe eingebaut. Besonders der Einbau von Cäsium in Beryll von Spodumenpegmatiten scheint im ostalpinen Kristallin weit verbreitet zu sein (GLEICHWEIT, 1996). Bereits ANGEL (1933) weist auf den Li-haltigen Beryll als Spodumenbegleiter im Pegmatit vom Schöcklbart/St. Radegund hin.

Cassiterit kommt sowohl im Pegmatitkern als auch im Randbereich des AH-Pegmatits meist in derben bis über 1 cm großen Partien vor. Sehr selten treten idiomorphe, hochglänzende, braun durchscheinende Kristalle auf. Auch als Einschuß, gemeinsam mit Rutil-Nb in Ferrocolumbit konnte Cassiterit festgestellt werden (CERNY et al., 1989).

Ferrisicklerit tritt nur als zwickelfüllendes dunkelbraun gefärbtes Mineral zwischen Spodumen und Feldspat auf. Chemische Analysen (AAS und EMS) ergaben 3,3 Gew.-% Li_2O und $\text{Fe} > \text{Mn}$.

In der Paragenese von Beryll, Cassiterit und Turmalin ist Ferrocolumbit recht häufig in stengeligen aber auch dünn- bis dicktafelig nach (001) entwickelten Kristallen zu finden. Die bis 5 mm großen rhombischen Kristalle sind schwarz und metallisch glänzend. Der Chemismus entspricht einem Ferrocolumbit mit recht hohem Mangan-gehalt: $\text{Ta}/(\text{Ta} + \text{Nb}) = 0,39$ und $\text{Mn}/(\text{Mn} + \text{Fe}) = 0,40$ (WALTER, 1991). Vom Obertagsaufschluß haben CERNY et al. (1989) einen Ferrocolumbit mit deutlich anderem Chemismus beschrieben: $\text{Ta}/(\text{Ta} + \text{Nb}) = 0,13$ und $\text{Mn}/(\text{Mn} + \text{Fe}) = 0,31$. Dieser zeigt Entmischungsverwachsungen mit Rutil-Nb und Einschlüsse von Cassiterit-Körnern.

Xenomorphe, dunkelbraun bis schwarz gefärbte Partien, im frischen Bruch oft intensiv purpurrot gefärbt, erbrachten röntgenographisch und chemisch Heterosit ($\text{Fe} > \text{Mn}$).

Sowohl Triphylin als auch Lithiophilit wurden im AH-Pegmatit nachgewiesen: Klare, farblose bis leicht grünliche xenomorphe Körner ergaben Triphylin mit $\text{Fe} > \text{Mn}$. Ein dunkelbrauner, kurzprismatischer, idiomorpher Kristall wurde als Lithiophilit mit $\text{Mn} \gg \text{Fe}$ bestimmt.

Schwarzer Turmalin, in kleinen Partien auch braun durchscheinend, tritt vorwiegend in der Pegmatitrandzone auf. Meist sind morphologisch schlecht begrenzte und teils zerbrochene Prismen bis 6 cm Länge anzutreffen. Aus chemischen Analysen wurde rd. 50% Dravit, 26% Schörl und 24% Uvit berechnet, der Mangan-gehalt ist mit $\text{MnO} < 0,02$ Gew.-% auffallend niedrig. Lithium und Beryllium sind mit jeweils rd. 200 ppm enthalten.

2) Die metamorphe Überprägung

Im Zuge der letzten amphibolitfaziellen Metamorphose kam es zu Mineralneubildungen, die besonders im Randbereich des AH-Pegmatites auffällig sind: Neben einer oft einige Zentimeter mächtigen Biotitisierung des Amphibolites, tritt in diesem Randbereich häufig Holmquistit in feinfilzig-asbestartiger Ausbildung auf. Auffallend ist, daß dieser Holmquistit nur auf der Amphibolitseite gebildet wurde und keine feinfilzigen Holmquistitkristalle in den Pegmatit ragen. Häufig ist auch Turmalin als Begleiter anzutreffen.

In Obertagsaufschlüssen am Brandrücken wurden die bisher spektakulärsten, grobstrahligen bis 20 cm im Durchmesser erreichenden Holmquistitsonnen gefunden. Diese Kristalle sind durchscheinend bis durchsichtig violett gefärbt mit Quer-

schnitten der Prismen bis 10 x 3 mm. Im Gegensatz zum feinfilzigen Holmquistit ragen die Kristalle dm-weit in den Spodumenpegmatit hinein. Vermutlich wurde der grobkristalline Holmquistit unmittelbar während der Platznahme des Pegmatites gebildet. GÖD (1989) zählt diesen Holmquistit auch zum primären pegmatitischen Altbestand. Eine Analyse und Strukturverfeinerung des grobkristallinen Holmquistites vom Brandrücken bringen WALTER et al. (1989). Ebenfalls aus dem Randbereich Amphibolit-Pegmatit stammen Funde von Skapolith (Mizzonit), Staurolith, Granat und Klinozoisit.



Abb. 2: REM-Aufnahme von Uralolith. Die nach $\{010\}$ abgeplatteten, dünnprismatischen Uralolithkristalle, zeigen die dominante Form $\{021\}$ und untergeordnet die Pinakoide $\{010\}$ und $\{001\}$. Die die stengeligen Uralolithkristalle abschragenden Endflächen werden durch das Pinakoid $\{101\}$ gebildet. Die intensive Streifung entlang $[100]$ wird durch vielfache Kombination von $\{021\}$ mit $\{010\}$ erzeugt. Foto: Zentrum für Elektronenmikroskopie Graz, Balkenmaßstab 0,1mm.

3) Hydrothermale Klufthydrothermalisationen

Besonders die MH-Pegmatite sind von zahlreichen feinen, engscharigen Kluftrissen durchzogen, die eine besonders reichhaltige Mineralführung teils extrem seltener Mineralarten führen. Es konnten im wesentlichen zwei Hauptparagenesen gefunden werden: a) Quarz-führende Klüfte und b) Quarz-freie Klüfte.

a) Quarz-führende Klüfte:

Diese unterscheiden sich auch in ihren Dimensionen von den Quarz-freien Klüften: Klüftweiten bis 3 cm , gegenüber max. 2 mm bei Quarz-freien Klüften. Klüftwände sind für beide meist mehrere dm² groß.

Neben farblosen bis 20 mm großen Bergkristallen, die auf den Klüftwänden oft dichte Rasen bilden, treten häufig bis 5 mm große morphologisch gut begrenzte Muskovitkristalle auf. Extrem selten war farbloser, dünnprismatischer Beryll zu finden. Auf Quarz und auch von diesem überwachsen kommt das Beryllphosphat Hydroxylherderit in kugeliger, aber auch idiomorpher Ausbildung (< 0,5 mm) vor. Die Feldspäte Adular und Albit treten in der für alpine Klüfte typischen Tracht auf. Reichlich wurde über Quarz und Muskovit Carbonat-Fluorapatit und Carbonat-Hydroxylapatit ausgeschieden. Diese bilden meist unscheinbare weiße Krusten oder kugelige Aggregate. Mitunter sind auch hervorragende idiomorphe Kristalle von Carbonat-Fluorapatit bis 5 mm Größe anzutreffen. Die wohl häufigste Phosphatneubildung in diesen Klüften sind Mischkristalle von Fairfieldit-Messelit mit einem Verhältnis Fe : Mn nahe 1 : 1. Die weißen bis gelblich gefärbten oft über 1 cm großen, lanzettförmigen Kristalle sind vorwiegend zonar gebaut, wobei der Kernbereich etwas Fe-reicher als die Randzone ist. Sehr selten wurden bis 16 mm große kugelige Collinsit-Fe Aggregate gefunden. Die Zeolithe Laumontit, Stilbit und Heulandit waren in einigen Stücken, auf den Feldspäten sitzend, anzutreffen. Die Beryllphosphate Roscherit und Uralolith, die in den Quarz-freien Klüften extrem häufig auftreten, sind hier nur in einigen Exemplaren entdeckt worden und treten erst nach Fairfieldit-Messelit und auch z.T. nach der Zeolithbildung auf.

Auch einige Erzminerale, über Quarz bzw. Feldspäten gebildet, wurden beschrieben, wobei besonders Wismut ged. und Bismuthinit hervorzuheben sind. Aus Derbyquarzpartien wurden Chalkopyrit, Galenit, Giessenit, Cosalit, Sphalerit, sowie Einzelfunde von Montebrasit und Rhodochrosit bekannt.

b) Quarz-freie Klüfte:

Diese Klüfte sind im MH-Pegmatit deutlich häufiger anzutreffen als die Quarz-führenden. Ein typisches Merkmal ist die gelb-grüne Färbung der Klüftwände, die durch dünne Nontronitbeläge verursacht wird.

Wiederum das häufigste sekundäre Phosphat ist Fairfieldit-Messelit in derselben Ausbildung wie oben beschrieben. Eine große Überraschung war das reichliche Auftreten der sonst so seltenen Beryllphosphate Roscherit und Uralolith. Roscherit bildet dunkelgrün bis schwarzgrün gefärbte, kugelige Aggregate bis zu 2 mm Größe aus und ist meist über Fairfieldit-Messelit zu finden. Roscherit ist in diesen Klüften auch das erstgebildete Beryllphosphat.

Darüber folgte Uralolith in Kristallen von derzeit weltweit einmaliger Qualität und auch Menge. Dieses Vorkommen ist nach der Typuslokalität im Ural, GUS und Dunton gem mine, Newry, Maine, USA, der dritte Fundort für Uralolith. Uralolith von der Weinebene bildet meist radialstrahlig aufgebaute Sonnen bis zu 5 cm Durchmesser. Dabei werden einzelne daraus hervorragenden stengeligen Kristalle kaum länger als 3 mm. Mit diesen Kristallen wurde erstmals auch eine Strukturbestimmung für Uralolith ermöglicht (MEREITER et al., 1994). Uralolith ist monoklinprismatisch, mit der gewählten Aufstellung: Stengelachse = [100] (Abb. 2; WALTER, 1995).



Abb. 3: Uralolithsonne mit seidig, faserigem Rand in Berührung mit Weinebeneitsonne, sägezahnartig begrenzt von blockigen Weinebeneitkristallen (spiegelnde Flächen {110}). Foto: J. TAUCHER, Graz, Bildausschnitt 4 mm.

Bei intensiven Aufsammlungen von Uralolithproben konnte 1989 eine bisher unbekannt Mineralart entdeckt werden. Ist für Uralolithsonnen der seidig faserige Rand als Erkennungsmerkmal charakteristisch, zeigt jenes in unmittelbarer Berührungsparenese auftretende Mineral Sonnen, sägezahnartig begrenzt mit blockigen Kristallen (Abb. 3). Die neue Mineralart ist ebenfalls ein Beryllphosphat mit neuem Strukturtyp und wurde nach der Typuslokalität Brandrücken, Weinebene, mit "Weinebeneit" benannt (WALTER, 1992). Uralolith, $\text{Ca}_2\text{Be}_4(\text{PO}_4)_3(\text{OH})_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$, und Weinebeneit, $\text{CaBe}_3(\text{PO}_4)_2(\text{OH})_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$, sind chemisch zwar sehr ähnlich, haben jedoch in ihren Strukturen eine unterschiedliche Vernetzung der Beryllium- und Phosphortetraeder. Dies führt im Uralolith zu einer Schichtstruktur, während Weinebeneit eine Gerüststruktur aufweist.

Weinebeneit ist bis zur Rekultivierung der Bergbauhalden recht häufig gefunden worden. Das wohl beste Belegexemplar dieser Mineralart mit vielen wasserklaren, bis 0,5 mm großen, idiomorph ausgebildeten Kristallen wurde von Herrn K. SCHELLAUF gefunden und der Abteilung für Mineralogie am Steiermärkischen Landesmuseum Joanneum geschenkt.

Uralolith und Weinebeneit sind die letzten Mineralbildungen in den Klüften des MH-Pegmatites und wurden sogar nach den Zeolithen Laumontit, Heulandit und Stilbit gebildet.

Wie in den Pegmatiten ist es zur gleichen Zeit auch zu hydrothermalen Mineralbildungen in den Nebengesteinen gekommen, die jeweils typische Mineralparagenesen der alpinen Klüfte zeigen.

Literatur

- ANGEL, F. (1933): Spodumen und Beryll aus den Pegmatiten von St. Radegund bei Graz. - *TMPM*, 43, 441 - 446.
- ANGEL, F., MEIXNER, H. (1953): Die Pegmatite bei Spittal an der Drau. - *Carinthia* II, 143/63, H.1, 165 - 168.
- AURISICCHIO, C., FIORAVANTI, G., GRUBESSI, O., ZANAZZI, P.F. (1988): Re-appraisal of the crystal chemistry of beryl. - *Amer. Mineralog.*, 73, 826 - 837.
- BECK-MANNAGETTA, P. (1951): Die Auflösung der Mechanik der Wolfsberger Serie, Koralpe, Kärnten. - *Jb. Geol. B.-A.*, 94, Jg. 1949-1951, 127 - 157.
- CERNY, I., MOSER, P., NEDEFF, P. (1989): Das Projekt "Lithium Koralpe". - *Berg- u. hüttenmännische Mh.*, 134, 6, 151 - 165.
- CERNY, P., CHAPMAN, R., GÖD, R., NIEDERMAYER, G., WISE, M.A. (1989): Exsolution Intergrowths of Titanian Ferrocolumbite and Niobian Rutile from the Weinebene Spodumene Pegmatites, Carinthia, Austria. - *Mineralogy and Petrology*, 40, 197 - 206.
- ESTERLUS, M. (1983): Kurzer Überblick über die Pegmatite im Angerkristallin der Oststeiermark. - *Arch. f. Lagerst.forsch. Geol. B.-A.*, 3, 31 - 34.
- FRANK, W., KRALIK, M., SCHARBERT, S., THÖNI, M. (1987): 4. Geochronological Data from the Eastern Alps. - In: *Geodynamics of the Eastern Alps* (Eds. H.W. FLÜGEL, P. FAUPL), 272 - 281.
- GLEICHWEIT, D. (1996): Chemische und röntgenographische Untersuchung an Beryll aus Pegmatitvorkommen und alpinen Klüften. - Unveröff. Diplomarbeit (Lehramt Biologie-Erdwissenschaften) Univ. Graz, 120 S.
- GÖD, R. (1978): Vorläufige Mitteilung über einen Spodumen-Holmquistit führenden Pegmatit aus Kärnten. - *Anz. Akad. Wiss. mathem.-naturwiss. Kl.*, 161 - 165.
- GÖD, R. (1989): The spodumene deposit at "Weinebene", Koralpe, Austria. - *Mineral. Deposita*, 24, 270 - 278.
- GÖD, R. (1992): Spodumenführende Pegmatite des Altkristallins unter besonderer Berücksichtigung der Spodumenlagerstätte "Weinebene". - *Mitt. Österr. Miner. Ges.*, 137, 139 - 141.
- HERITSCH, H. (1984): Die Bildungsbedingungen des Spodumenpegmatites vom Steinbruch Gupper, Koralpe, bei Deutschlandsberg, Weststeiermark. - *Mitt. naturwiss. Ver. Steiermark*, 114, 47 - 56.
- HÖLLER, H. (1959): Ein Spodumen-Beryll-Pegmatit und ein mineralreicher Marmor im Wildbachgraben bei Deutschlandsberg. - *Mitt.-Bl. Abt. Miner. Landesmuseum Joanneum*, 1, 19.
- HÖLLER, H. (1964): Ein Graphitpegmatit vom Hirnkogel bei Pusterwald/Steiermark. - *Mitt. naturwiss. Ver. Steiermark.*, 94, 86 - 88.
- KOLLER, F., GÖTZINGER, M.A., NEUMAYER, R., NIEDERMAYER, G. (1983): Beiträge zur Mineralogie und Geochemie der Pegmatite des St. Radegunder Kristallins und der Gleinalpe. - *Arch. f. Lagerst.forsch. Geol. B.-A.*, 3, 47 - 65.
- LUECKE, W., UCIK, F.H. (1986): Die Zusammensetzung der Pegmatite von Edling und Wolfsberg bei Spittal/Drau (Kärnten) im Rahmen der Pegmatitvorkommen

- des Millstätter See-Rückens. - Arch.f.Lagerst.forsch. Geol. B.-A., 7, 173 - 187.
- MALI, H. (1993): Die Spodumenvorkommen im Bereich Bretstein/Pusterwald (Wölzer Tauern, Steiermark). - Unveröff. Diplomarbeit Montanuniv. Leoben, 143 S.
- MARSCH, F.W. (1984): Spodumenkristalle in einem Pegmatit der Kreuzeckgruppe. - Mitt. Österr. Miner. Ges., 129, 13 - 18.
- MEIXNER, H. (1952): Kurzbericht über neue Kärntner Minerale und Mineralfundorte VI. - Karinthin, 17, 119 - 122.
- MEIXNER, H. (1957): Die Minerale Kärntens, I.Teil. - Carinthia II, 21.Sh., 147 S.
- MEIXNER, H. (1966): Neue Mineralfunde in den österreichischen Ostalpen XXI. - Carinthia II, 156/76, 97 - 108.
- MEREITER, K., NIEDERMAYR, G., WALTER, F. (1994): Uralolite, $\text{Ca}_2\text{Be}_4(\text{PO}_4)_3(\text{OH})_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$: new data and crystal structure. - Eur. J. Mineral., 6, 887 - 896.
- MOSER, B., POSTL, W., WALTER, F. (1987): Spodumen vom Klementkogel, Hebalpe (Steiermark). - Mitt. Österr. Miner. Ges., 132, 163 - 165.
- NIEDERMAYR, G., GÖD, R. (1992): Das Spodumenvorkommen auf der Weinebene und seine Mineralien. - Carinthia II, 182/102, 21 - 35.
- NIEDERMAYR, G., BOJAR, H.P., BRANDSTÄTTER, F., HAMMER, V.M.F., MOSER, B., POSTL, W., TAUCHER, J. (1996): Neue Mineralfunde aus Österreich XLV. - Carinthia II, 186/106, 111 - 151.
- SEELAND, F. (1876): Der Hüttenberger Erzberg und seine nächste Umgebung. - Jb. Geol. Reichsanst., 26, 49 - 112.
- TAUCHER, J., WALTER, F., POSTL, W. (1992): Mineralparagenesen in Pegmatiten der Koralpe, Teil 1. - Matrixx, 1, 23 - 72.
- TAUCHER, J., WALTER, F., POSTL, W. (1994): Mineralparagenesen in Pegmatiten der Koralpe, Teil 2. - Matrixx, 3, 19 - 52.
- TOLLMANN, A. (1986): Geologie von Österreich. - Bd. 3, F.Deuticke Wien, 718 S.
- WALTER, F. (1991): Ferrocolumbit mit hohem Kationenordnungsgrad von der Spodumenpegmatitlagerstätte Weinebene, Koralpe, Kärnten. - Mitt. Abt. Miner. Landesmuseum Joanneum, 59, 25 - 27.
- WALTER, F. (1992): Weinebeneite, $\text{CaBe}_3(\text{PO}_4)_2(\text{OH})_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$, a new mineral species: mineral data and crystal structure. - Eur. J. Mineral., 4, 1275 - 1283.
- WALTER, F. (1995): Die Morphologie von Uralolith, Weinebene, Koralpe, Kärnten und ein Vergleich der Uralolith-Daten mit anderen Vorkommen. - Matrixx, 4, 61 - 66.
- WALTER, F., WALITZI, E.M., MEREITER, K. (1989): Verfeinerung der Kristallstruktur von Holmquistit vom Brandrücken/Weinebene, Koralpe, Österreich. - Z. Krist., 188, 95 - 101.
- WARCH, A. (1979): Perm und Trias der nördlichen Gailtaler Alpen. - Carinthia II, 35. Sh.
- WENGER, M., ARMBRUSTER, T. (1990): Der Lithiumpyroxen Spodumen $\text{LiAlSi}_2\text{O}_6$: Mineralogie und Kristallchemie der Vorkommen in der Steiermark. - Mitt. Abt. Miner. Landesmuseum Joanneum, 58, 3 - 10.