

Ein Ca-reicher Xenolith aus dem Basaltsteinbruch Klöch, Nördlicher Bruch, Klöcher Klause (Steiermark, Österreich)

Von Josef TAUCHER¹ & Christine Elisabeth HOLLERER¹
Mit 13 Abbildungen und 2 Tabellen

Angenommen am 1. September 2000

Summary: A Ca-rich xenolith from the basalt quarry Klöch, northern quarry, Klöcher Klause (Styria, Austria). – The xenolith from Klöch shows a marked hydrothermal alteration. Following minerals were found in the xenolite: afwillite, ettringite/thaumasite, tobermorite, tacharanite, hydrotalcite, melilite, brownmillerite, perovskite, katoite, halloysite, montmorillonite, gypsum, dolomite and aragonite. Katoite shows a different hydration. Ca-Al-Si minerals with different relation on cations are unknown and röntgenamorphous, just as pyroxen. The new minerals (perhaps out of clay minerals and gypsum?) are formed above 100 °C. Conspicuously zeolites and calcite are missing. In the solution Ca and Si were used up for the formation of the various Ca-silicates, calcite and zeolites could not be formed at the range of temperature < 100 °C because there was no more of calcium and silicon left.

Zusammenfassung: Ein poröser, Ca-reicher Xenolith aus Klöch zeigt eine ausgeprägte hydrothermale Umwandlung. Es konnten Afwillit, Ettringit/Thaumasit, Tobermorit, Tacharanit, Hydrotalkit, Melilith, Brownmillerit, Perowskit, Katoit, Halloysit, Montmorillonit, Gips, Aragonit und Dolomit identifiziert werden. Katoit ist unterschiedlich stark hydratisiert. Ca-Al-Si-Mineralphasen mit unterschiedlichen Kationenverhältnissen sowie Pyroxen sind röntgenamorph. Die für den Steinbruch Klöch neuen Mineralphasen (außer vielleicht die Tonminerale und Gips) wurden bei Temperaturen > 100 °C gebildet. Auffallend ist das Fehlen von Zeolithmineralen und Calcit. Das in der Lösung vorhandene Calcium und Silizium wurde bereits zur Bildung der verschiedenen Ca-Silikate verbraucht, sodaß im Temperaturbereich < 100 °C zur Bildung von Calcit oder Zeolithen kein Ca oder Si mehr vorhanden war.

1. Einleitung

Aus dem pliozänen vulkanischen Gesteinen der Oststeiermark sind vor allem die Mantel Xenolithe bearbeitet. Fremdgesteinsinschlüsse anderer Art sind bisher nur selten intensiver bearbeitet worden. Aus den Basaltsteinbruch der Klöcher Basaltwerke nördlich von Klöch hat HERITSCH (1990) sehr ausführlich die Mineralphasen eines Ca-reichen Fremdgesteinsinschlusses bearbeitet und daraus eine ganze Reihe für Klöch neue Minerale beschrieben. TAUCHER & HOLLERER (1998) haben einen Si- und Fe-reichen Xenolith untersucht und konnten neben einer Reihe sehr seltener Mineralphasen auch Aufschmelzungstemperaturen von mehr als 1100 °C nachweisen.

Der hier untersuchte, etwas über faustgroße, Ca-reiche Xenolith ist stellenweise weich und porös und zeigt einige, mehrere Zentimeter große Hohlräume mit teilweise morphologisch sehr gut entwickelten Kristallen.

¹ Mag. Christine Elisabeth HOLLERER, Institut für Mineralogie und Petrologie, Karl-Franzens-Universität, Universitätsplatz 2, A-8010 Graz. e-mail: christine.hollerer@kfunigraz.ac.at und Josef TAUCHER, Kaiser-Franz-Josef Kai 52, A-8010 Graz. e-mail: gebirge_taucer@yline.com

2. Untersuchungsmethoden

Es wurden 4 polierte Dünnschliffe angefertigt. Bedingt durch die geringe Härte, die Porosität und dem blättrigen bis fasrigen Habitus der Mineralphasen ist die Politur sehr schlecht.

Die Dünnschliffe wurden rasterelektronenmikroskopisch und durchlichtmikroskopisch untersucht. Weiters wurden Röntgendiffraktometeraufnahmen angefertigt. Die rasterelektronenmikroskopischen Untersuchungen wurden am Rasterelektronenmikroskop JSM-6310 der Firma Jeol, WD-Analysensystem Link Isis, 15 kV, 2.0 nAmp auf Al, ZAF Korrektur, Kohlenstoffbedampfung, am Institut für Mineralogie-Kristallographie und Petrologie der Karl-Franzens-Universität, Graz, durchgeführt. Standards: Si, Al: Albit (Freeborn); Ca, Ti: Titanit; Al, Mg, Fe: Granat; S: ZnS. Röntgendiffraktometeraufnahmen wurden mit dem Diffraktometer D500 der Firma Siemens, $\text{CuK}\alpha$ -Strahlung, Pulverpräparate, Glasträger, 0.05° steps, 1.0, 3.0, 10.0 seconds/step, Rö: 24271, 24272, 24273, 24274, 24275, 24278, am Referat für Mineralogie am Steiermärkischen Landesmuseum Joanneum durchgeführt. IR-Spektroskopische Untersuchungen wurden mit dem IR-Spektrometer AccuLab, Firma Beckman, KBr-Preßlinge, ebenfalls am Referat für Mineralogie am Steiermärkischen Landesmuseum Joanneum durchgeführt.

3. Ergebnisse

Der ungefähr faustgroße Xenolith wirkt sehr porös, ist großteils weiß mit grünlich bis bräunlich gefärbten Bereichen (vorwiegend am Rand) und „Schnüren“ durchzogen. Der überwiegende Teil der „festen“ Masse des Xenoliths besteht aus Tobermorit mit

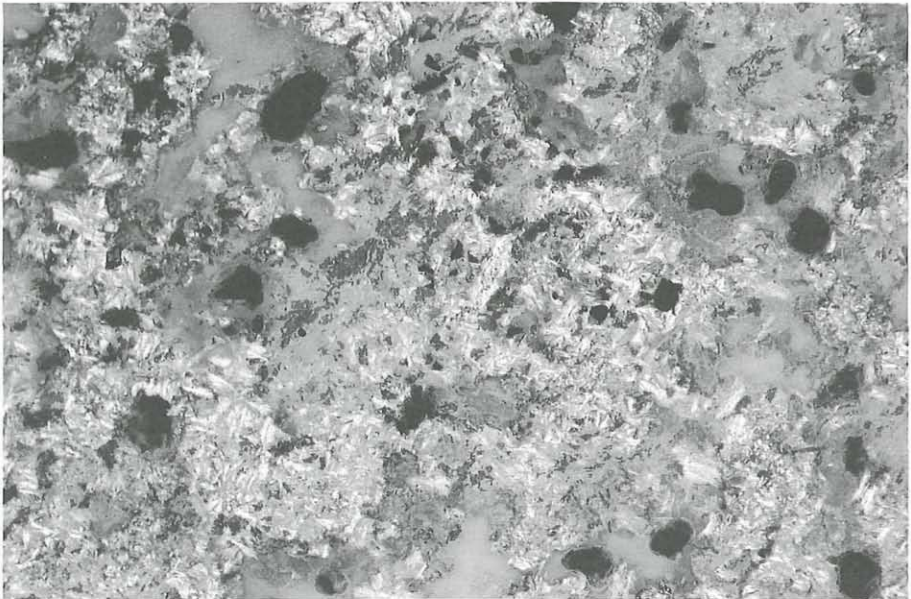


Abb. 1: Radialstrahlige Tobermoritaggregate mit Tacharanit sowie Awillit, Ettringit/Thaumasit und Brownmillerit; Steinbruch Klöch, Nördlicher Bruch, Klöcher Klausen, Steiermark, Österreich, + Polarisatoren. Bildbreite: 1,25 mm.

Radially aggregates of tobermorite as well as awillite, ettringite/thaumasite and brownmillerite; basalt quarry Klöch, northern quarry, Klöcher Klausen, Styria. Crossed polars. Image width: 1,25 mm.



Abb. 2: Afwillit (Mitte oberer Bildrand) mit Ettringit/Thaumasit, Tobermorit, Tacharanit, Katoit und röntgenamorphen Ca-Al-Si-Mineralphasen; Steinbruch Klöch, Nördlicher Bruch, Klöcher Klause, Steiermark, Österreich. REM: BSE-Bild. Bildbreite: 0,3 mm.
Afwillite (at upper middle) with ettringite/thaumasite, tobermorite, tacharanite, katoite and röntgenamorphous Ca-Al-Si-mineral phases; basalt quarry Klöch, northern quarry, Klöcher Klause, Styria. BSE-image. Image width: 0,3 mm.

Tacharanit. Tobermorit ist blättrig entwickelt und bildet Rosetten bis 1 mm im Durchmesser (Abb. 1). Tacharanit ist mit Tobermorit innig verwachsen, sodaß weder eine mechanische Trennung noch im BSE-Bild eine Unterscheidung der beiden Mineralphasen möglich war. Röntgenographisch ist mit Tobermorit immer Tacharanit nachweisbar. Derartige Verwachsungen sind von Klöch bereits bekannt (TAUCHER & al. 1989). Zwischen den Tobermorit/Tacharanitaggregaten sind immer wieder mehrere Millimeter große Bereiche zu beobachten, die von Ettringit erfüllt sind (Abb. 2). Chemische Analysen von Ettringit weisen geringe Gehalte an Al auf, sodaß angenommen werden kann, daß Verwachsungen von Thaumasit mit Ettringit vorliegen. Die mehrere Zehntelmillimeter großen Ettringit/Thaumasitkristalle sind immer mit Rissen // z durchzogen (Abb. 3). Außer Ettringit/Thaumasit ist noch Afwillit in ebenfalls radialstrahligen Aggregaten im Tobermorit/Tacharanit zu beobachten, welcher jedoch im Gegensatz zu Ettringit/Thaumasit keinerlei Risse im Schliiff aufweist (Abb. 2 und 4). Als weitere Mineralphase konnte Hydrotalkit in dichten Partien (Abb. 5) sowie Halloysit und Montmorillonit identifiziert werden. Dieses Mineralgemenge wird von bandartigen, unregelmäßigen, grünlich gefärbten Partien durchzogen, die neben Ca noch unterschiedliche Gehalte an Al und Si aufweisen und keiner bekannten Mineralphase zugeordnet werden können. Teilweise bestehen diese bandartige Gebilde jedoch aus Katoit, der darin körnige Anhäufungen bildet.

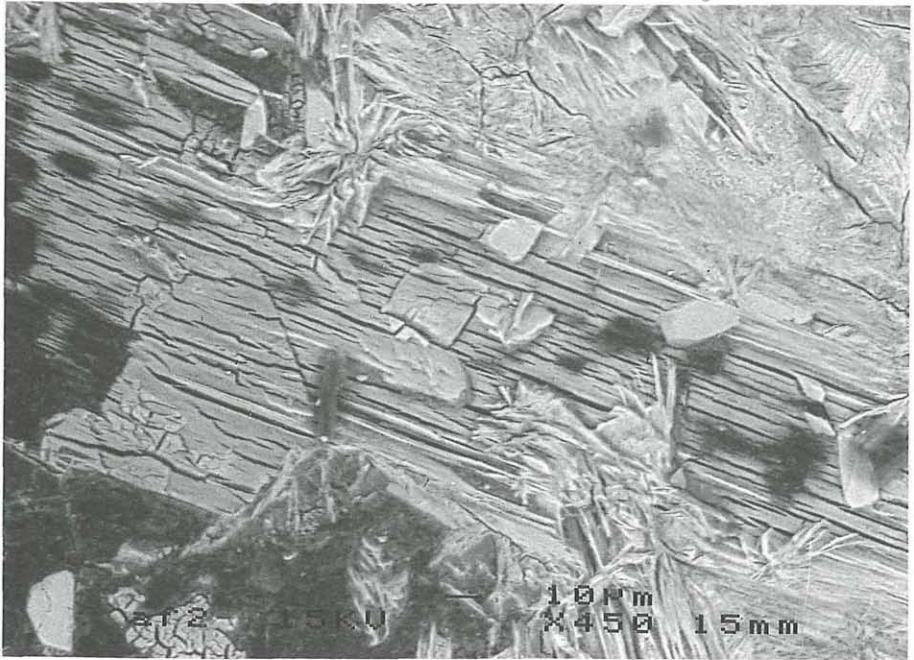


Abb. 3: Ettringit/Thaumasit mit deutlichen Rissen parallel z; Steinbruch Klöch, Nördlicher Bruch, Klöcher Klause, Steiermark, Österreich. REM: BSE-Bild. Bildbreite: 0,2 mm.
Ettringite/thaumasite showing distinct fissures // z; basalt quarry Klöch, northern quarry, Klöcher Klause, Styria. BSE-image. Image width: 0,2 mm.



Abb. 4: Afwillit mit Tobermorit und Tacharanit; Steinbruch Klöch, Nördlicher Bruch, Klöcher Klause, Steiermark, Österreich. + Polarisatoren. Bildbreite: 2,5 mm.
Afwillite met with tobermorite and tacharanite; basalt quarry Klöch, northern quarry, Klöcher Klause, Styria. Crossed polars. Image width: 2,5 mm.

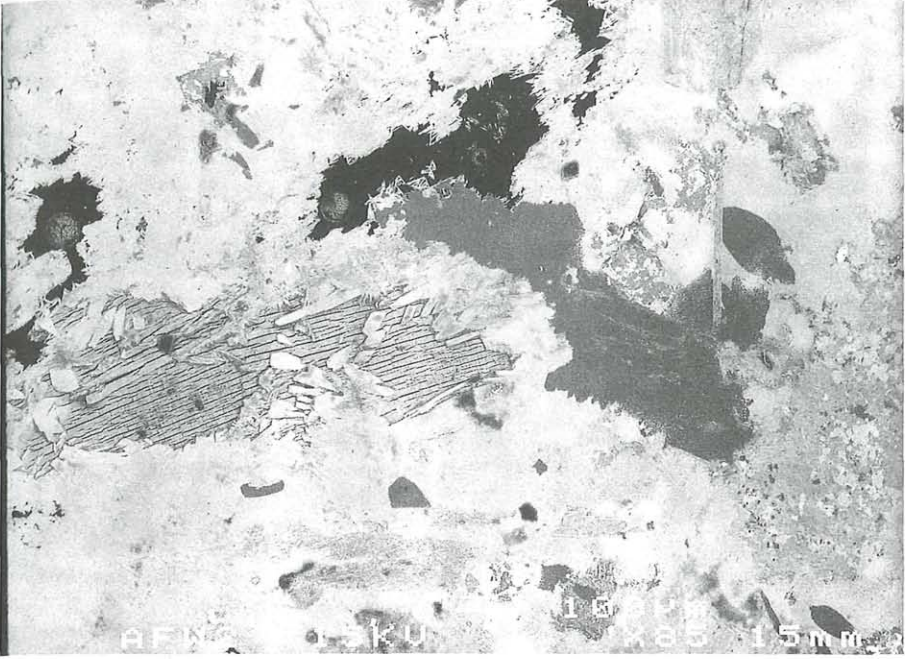


Abb. 5: Hydrotalkit (mittelgrau) mit Ettringit/Thaumasit, Tobermorit und Tacharanit; Steinbruch Klöch, Nördlicher Bruch, Klöcher Klause, Steiermark, Österreich. REM: BSE-Bild. Bildbreite: 1,1 mm. Hydrocalcite (color middle grey) with ettringite/thaumasite as well as tobermorite and tacharanite; basal quarry Klöch, northern quarry, Klöcher Klause, Styria. BSE-image. Image width: 1,1 mm.

Innerhalb dieses Mineralgemenges, welches den Großteil der Masse des Xenoliths darstellt, sind blockige Kristalle erkennbar, die röntgenographisch als ein Mineral der Melilith-Gruppe identifiziert werden konnten (Abb. 6). Chemische Analysen weisen einen hohen Fe_2O_3 -Gehalt sowie SO_3 , jedoch kaum MgO -Gehalte aus (siehe Tabelle 2). Die Atom%-Verhältnisse stimmen recht gut, jedoch sind die Analysensummen bei allen gemessenen Kristallen sehr schlecht, was wahrscheinlich auf eine teilweise Umwandlung der Melilithkristalle hinweist. Die Melilithkristalle weisen noch eine Fe- und Ti-reichere Randzone auf. Meistens sind innerhalb dieser noch morphologisch schlecht entwickelte Pyritkristalle zu beobachten, die oft in Schnüren angeordnet sind. Weiters finden sich im Xenolith noch Anhäufungen von prismatischen Kristallen, die wohl ehemalige Pyroxenkristalle darstellen. Im Durchlicht erscheinen diese grün, sind aber völlig isotrop. Chemische Analysen derartiger Kristalle konnten nicht mit den Chemismen von Pyroxenen oder Amphibolen in Einklang gebracht werden. Röntgenographisch konnte ebenfalls kein Pyroxen nachgewiesen werden. Im BSE-Bild ist um die Kristalle ein deutlicher Umwandlungssaum erkennbar und auch das Innere der Kristalle wirkt manchmal porös und aufgelöst (Abb. 7).

In der „festen“ Masse des Xenoliths und vor allem angereichert in dessen bräunlich-grünlich gefärbten Randbereich am Kontakt zu Basalt, wurde röntgenographisch Katoit, ein Hydrogrossular, festgestellt.

Aus Klöch wird Grossular $\text{Ca}_3\text{Al}_2(\text{SiO}_4)_3$ durch POSTL et al. (1996) aus einem Xenolith genannt. Es wird eine qualitative ED-Analyse von der Oberfläche eines Kristalls angegeben. Diese weist Si, Al, Ca und Fe aus.

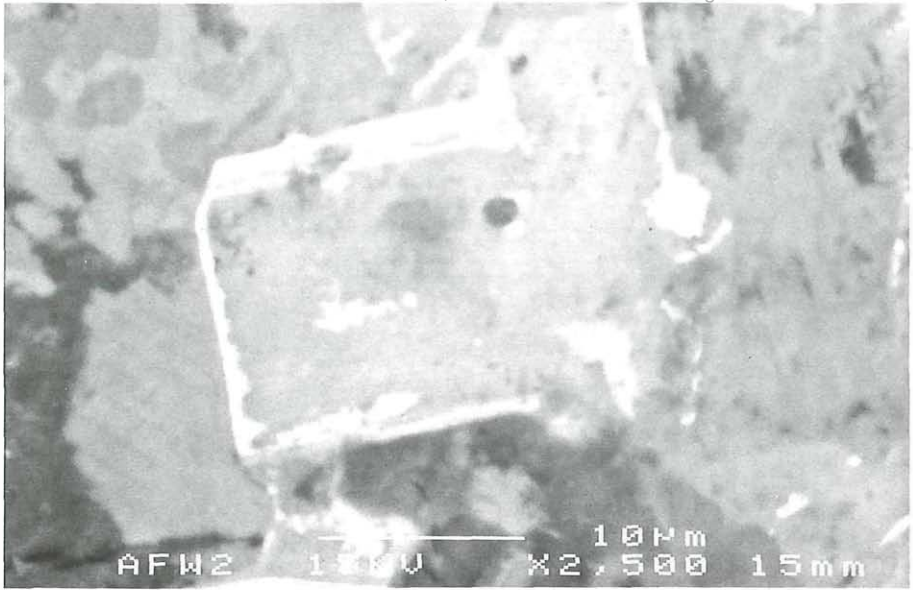


Abb. 6: Blockige Melilithkristalle mit Ti- und Fe-reicherer Randzone sowie Pyrit in Tobermorit mit Tacharanit; Steinbruch Klöch, Nördlicher Bruch, Klöcher Klause, Steiermark, Österreich. REM: BSE-Bild. Bildbreite: 0,04 mm.

Blocklike melilite crystals boast a marginal area enriched in Ti and Fe as well as pyrite in tobermorite with tacharanite; basalt quarry Klöch, northern quarry, Klöcher Klause, Styria. BSE-image. Image width: 0,04 mm.

Tab. 1:

Steinbruch Klöch, Nördlicher Bruch, Klöcher Klause, Steiermark								
Afwillit*		Katoit**						
Gew.%	Formel- koeffizient	(1)		(2)		(3)		
		Gew.%	Formel- koeffizient	Gew.%	Formel- koeffizient	Gew.%	Formel- koeffizient	
SiO ₂	34,8	1,99	15,77	1,22	15,16	1,18	15,64	1,13
Al ₂ O ₃			19,68	1,80	18,81	1,73	24,21	2,04
Fe ₂ O ₃			2,92	0,17	5,15	0,11	0,12	0,01
MgO			0,05	0,01	0,33	0,04		
CaO	49,47	3,02	36,10	3,00	35,92	3,00	38,89	3,00
SO ₃			2,35	0,14	1,67	0,10		
F				0,13		0,30		0,10
Σ	84,27		76,87		77,04		78,86	
Σ Kationen		5,01		6,47		6,46		6,28
Atom%		Atom%		Atom%		Atom%		
Si	16,56		8,00		7,74		7,72	
Al			11,77		11,32		14,10	
Fe ³⁺			1,12		1,98		0,05	
Mg			0,04		0,26			
Ca	25,16		19,62		19,66		20,58	
S			0,90		0,64			
F			0,88		1,12			

* Basis 7 Sauerstoffe; ** Basis 3 Calcium



Abb. 7: Umgewandelter Pyroxenkrystal mit deutlichem Umwandlungssaum im Afwillit; Steinbruch Klöch, Nördlicher Bruch, Klöcher Klause, Steiermark, Österreich. REM: BSE-Bild. Bildbreite: 0,05 mm.

In afwillite an altered pyroxene crystal shows a visible conversion border; basalt quarry Klöch, northern quarry, Klöcher Klause, Styria. BSE-image. Image width: 0,05 mm.

Katoit wurde von PASSAGLIA & RINALDI (1984) in Klüften eines Phonoliths aus dem Steinbruch Campomorto, Pietramasa, nahe Montalto di Castro, Viterbo, Italien beschrieben. Als Begleiter werden Zeolithe, Granat, Wollastonit, Gehlenit, Tobermorit, Ettringit, Vertumnit, Afwillit u.s.w. genannt. Nach dem Nomenklaturvorschlag von PASSAGLIA & RINALDI (1984) wird als Katoit jener Hydrogrossular bezeichnet, dessen Grossularkomponente 0–50 Mol% beträgt. Mit einer Grossularkomponente > 50 Mol% wird die Benennung Hibschit vorgeschlagen.

Katoit ist aus diesem Ca-reichen Xenolith von Klöch morphologisch unterschiedlich gut entwickelt. Einerseits sind morphologisch gut entwickelte, bis 10 µm große, idiomorphe Kristalle, die häufig kleine Gruppen bilden oder miteinander verwachsen sind zu beobachten. Diese Katoitkristalle sind teilweise zoniert, wobei der Randbereich etwas Fe-reicher als die Kernzone ist (Abb. 8). Der Chemismus dieser Katoitkristalle ist der Tabelle 1 zu entnehmen (1) und (2). Neben diesen morphologisch deutlich entwickelten Katoitkristallen sind noch körnige Anhäufungen zu beobachten, die offenbar Reste eines größeren Granatkristalles darstellen, von dem noch manchmal, mehr oder weniger deutlich, der ehemalige Umriß zu erkennen ist (Abb. 9). Diese Katoitkristalle weisen einen etwas anderen Chemismus als die idiomorphen Katoitkristalle auf. Der Chemismus ist der Tabelle 1 zu entnehmen (3). Die chemischen Analysen zeigen einen konstanten Ca-Gehalt bei schwankenden Si-, Al-, Fe-, Mg-, F und S-Gehalten. Bei den Katoitkristallen (3) konnte kein Mg-Gehalt gemessen werden.

Die Grossularkomponente für die Katoitkristalle (1 und 2) beträgt rund 40 Mol%, für Katoit (3) rund 36 Mol%.

Nach der Nomenklatur von PASSAGLIA & RINALDI (1984) sind die Hydrogrossularkristalle dieses Xenoliths als Katoit zu bezeichnen.

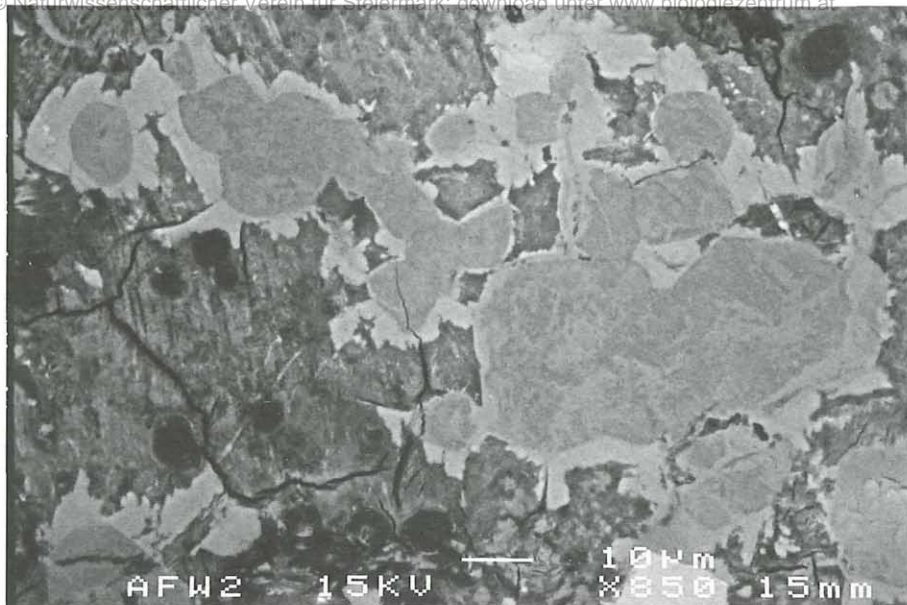


Abb. 8: Morphologisch gut entwickelte, zonierte Katoitkristalle mit Tobermorit und Tacharanit; Steinbruch Klöch, Nördlicher Bruch, Klöcher Klause, Steiermark, Österreich. REM: BSE-Bild. Bildbreite: 0,12 mm.

Morphological well developed, zoned katoite crystals with tobermorite and tacharanite; basalt quarry Klöch, northern quarry, Klöcher Klause, Styria. BSE-image. Image width: 0,12 mm.

Tab. 2:

Steinbruch Klöch, Nördlicher Bruch, Klöcher Klause, Steiermark					
	Brownmillerit*		Perowskit**		Melilith
	Gew.%	Formel- koeffizient	Gew.%	Formel- koeffizient	Gew.%
SiO ₂					14,48
TiO ₂	1,59	0,05	46,06	0,80	3,24
Al ₂ O ₃	22,78	1,11	4,38	0,12	10,52
Fe ₂ O ₃	29,33	0,92			18,27
FeO			7,69	0,15	
CaO	41,50	1,85	41,10	1,01	33,58
MgO					0,62
SO ₃					1,55
Σ	95,20		99,23		82,26
Σ Kationen		3,93		2,08	
	Atom%		Atom%		Atom%
Si					0,90
Ti	0,64		15,69		0,15
Al	11,54		2,34		0,76
Fe ³⁺	10,29				0,85
Fe ²⁺			2,88		
Ca	20,71		19,94		2,23
Mg					0,05
S					0,07

*Basis 5 Sauerstoffe; ** Basis 3 Sauerstoffe



Abb. 9: Katoit in körnigen Aggregaten mit Ettringit/Thaumasit, Afwillit, Pyroxen und den röntgenamorphem Ca-Al-Si-Mineralphasen; Steinbruch Klöch, Nördlicher Bruch, Klöcher Klause, Steiermark, Österreich. REM: BSE-Bild. Bildbreite: 0,3 mm.
Granular aggregates of katoite together with ettringite/thaumasite, awillite, pyroxene and röntgenamorphous Ca-Al-Si-minerals; basalt quarry Klöch, northern quarry, Klöcher Klause, Styria. BSE-image. Image width: 0,3 mm.

Bezogen auf die synthetische Phase $\text{Ca}_3\text{Al}_2(\text{OH})_{12}$, die dem völlig hydratisierten Grossular entspricht, ergibt sich für Katoit aus Klöch die idealisierte Formel: $\text{Ca}_3(\text{Al}, \text{Fe})_2(\text{SiO}_4)(\text{OH}, \text{F})_8$. Es ist zu bemerken, daß der Grad der Hydratisierung unterschiedlich ist, was vielleicht auch durch die Größe der Kristalle bedingt ist.

Neben Katoit sind in dieser Zone noch Brownmillerit und Perowskit in dieser Zone zu finden. Der Chemismus von Brownmillerit schwankt, wie dies schon HERITSCH (1990) festgestellt hat. Im Schliff ist Brownmillerit kräftig rotbraun gefärbt. Möglicherweise sind die Brownmilleritkristalle teilweise bereits umgewandelt. Der Chemismus ist aus Tabelle 2 ersichtlich. Perowskit bildet unscheinbare, bis 5 µm große Kristalle, die meist mit Brownmillerit vergesellschaftet sind (Abb. 10). Perowskit weist neben Ti und Fe deutliche Al-Gehalte auf. Der Chemismus ist der Tabelle 2 zu entnehmen.

Im braun gefärbten Randbereich des Xenoliths zu Basalt konnte röntgenographisch noch Gips nachgewiesen werden. Dolomit ist in Relikten noch vorhanden.

Die wenigen größeren Hohlräume innerhalb des Xenoliths zeigen morphologisch ausgezeichnet entwickelte, bis 5 mm große Afwillitkristalle sowie Ettringit/Thaumasitkristalle. Die bis ebenfalls 5 mm großen Ettringit/Thaumasitkristalle zeigen einen seidigen Glanz, der durch die Parallelverwachsung der feinfasrigen Ettringit/Thaumasitkristalle entsteht (Abb. 11). Bedingt durch die feine Streifung // z konnten die Kristalle goniometrisch nicht vermessen werden. An Formen sind ein hexagonales Prisma und eine Bipyramide zu beobachten.

Die Afwillitkristalle in den Hohlräumen sind hingegen morphologisch ausgezeichnet entwickelt, vollkommen klar und farblos. Oft sind die Kristalle parallel, oder annähernd parallel, miteinander verwachsen (Abb. 12). Die Afwillitkristalle zeigen einen deutlichen

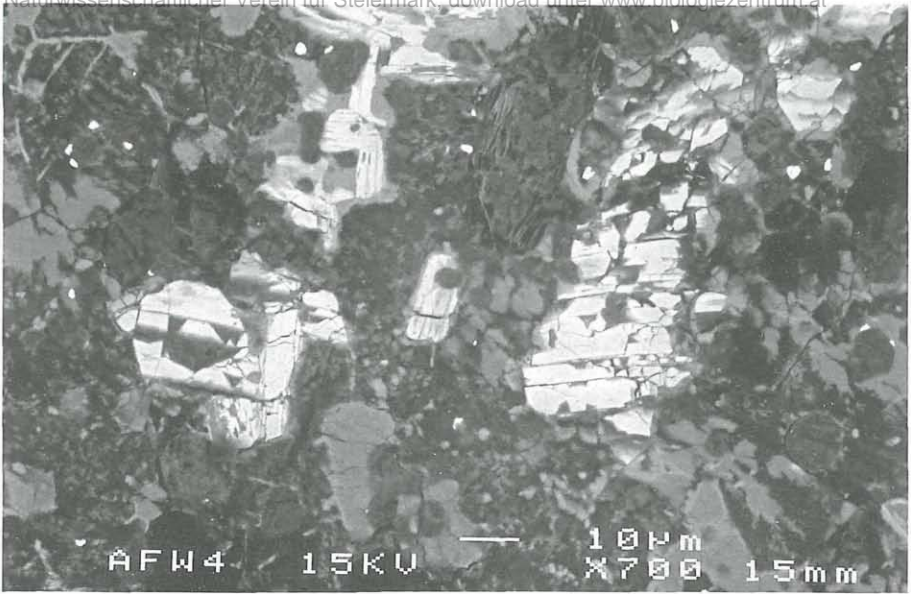


Abb. 10: Brownmillerit mit Perowskit mit Pyroxen, Tonmineral und röntgenamorphes Ca-Al-Si-Mineralphasen; Steinbruch Klöch, Nördlicher Bruch, Klöcher Klausen, Steiermark, Österreich. REM: BSE-Bild. Bildbreite: 0,16 mm.
Brownmillerite and perovskite with pyroxene, a clay mineral and röntgenamorphous Ca-Al-Si-minerals; basalt quarry Klöch, northern quarry, Klöcher Klausen, Styria. BSE-image. Image width: 0,16 mm.

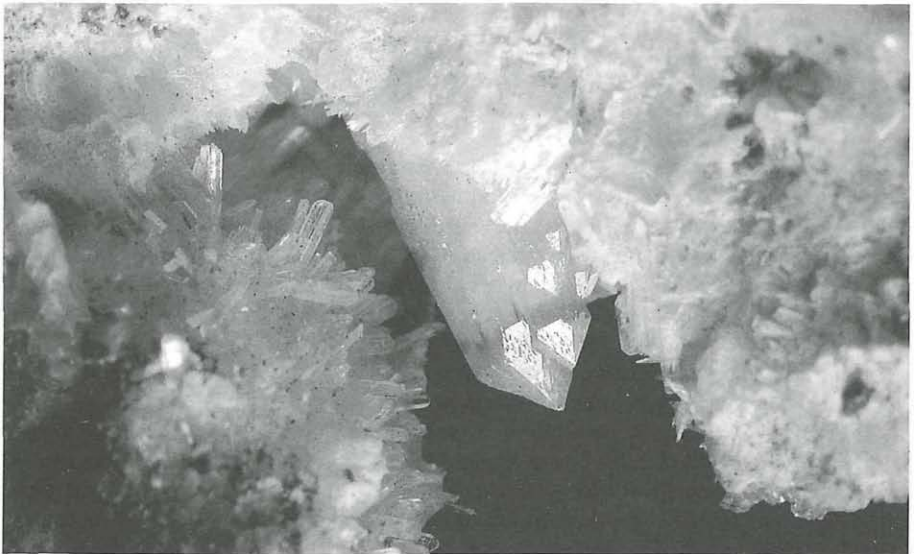


Abb. 11: Ettringit/Thaumasit mit Afwillit und Tobermorit mit Tacharanit; Steinbruch Klöch, Nördlicher Bruch, Klöcher Klausen, Steiermark, Österreich. Slg. B. Jandl, St. Anna am Aigen. Bildbreite: 10 mm.
Ettringite/thaumasite with afwillite as well as tobermorite with tacharanite; basalt quarry Klöch, northern quarry, Klöcher Klausen, Styria. Collection B. Jandl, St. Anna am Aigen. Image width: 10 mm.

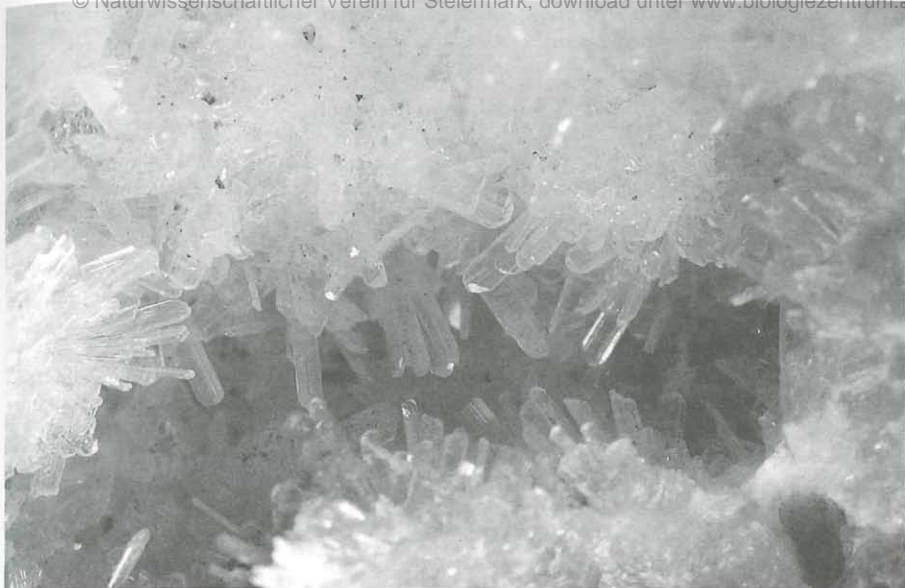


Abb. 12: Prismatische, formenreiche Afwillitkristalle; Steinbruch Klöch, Nördlicher Bruch, Klöcher Klause, Steiermark, Österreich. Steinbruch Klöch, Nördlicher Bruch, Klöcher Klause, Steiermark, Österreich. Slg. B. Jandl, St. Anna am Aigen. Bildbreite: 6,6 mm.
Prismatic awillite crystals, abundant in shapes; basalt quarry Klöch, northern quarry, Klöcher Klause, Styria. Collection B. Jandl, St. Anna am Aigen. Image width: 6,6 mm.

Pleochroismus und der optische Charakter ist zweiachsig positiv. Der Chemismus ist der Tabelle 2 zu entnehmen. Das IR-Spektrum zeigt Abb. 13. Die Afwillitkristalle bedecken fast vollständig die Wände der Hohlräume innerhalb des Xenoliths (Abb. 12). Der Formenreichtum und die ausgezeichnete entwickelten, hochglänzenden Flächen der Afwillitkristalle machen eine goniometrische Untersuchung wünschenswert.

In mehrere Zentimeter großen Hohlräumen im Basalt um den Xenolith ist Aragonit in glasklaren, nach (010) tafelförmig, morphologisch ausgezeichnet entwickelten Kristallen

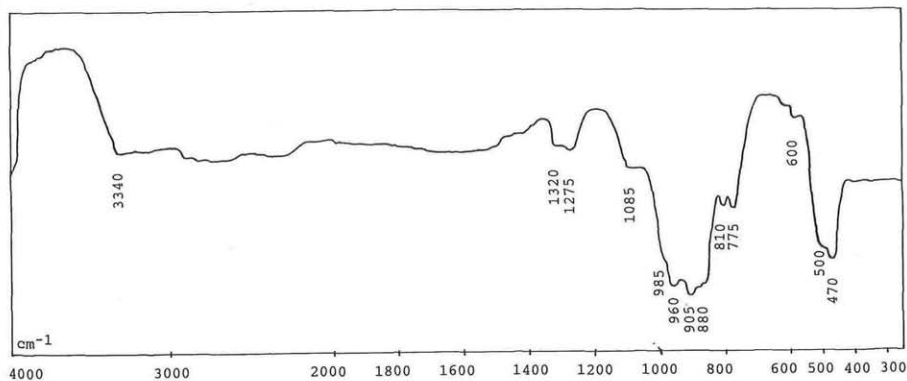


Abb. 13: IR-Spektrum Nr. 1692 (b) von Afwillit; Steinbruch Klöch, Nördlicher Bruch, Klöcher Klause, Steiermark, Österreich.

IR-spectrum Nr. 1692 (b) of awillite; basalt quarry Klöch, northern quarry, Klöcher Klause, Styria.

4. Schlußbetrachtungen

Der Xenolith wird als ein ursprünglich „verunreinigter“ Kalk (Calcit/Dolomit-Marmor?) interpretiert. Er zeigt eine intensive hydrothermale Phase. Im Gegensatz zu dem von HERITSCH (1990) beschriebenen Ca-Xenolith sind aus der pyrometamorphen Phase kaum mehr unveränderte Mineralphasen vorhanden. Die Grossularkristalle wurden zu Katoit hydratisiert. Brownmillerit, Perowskit, Melilith, ein Pyroxen und ein Amphibol? sind teilweise oder ganz in Tonminerale umgewandelt worden (größtenteils Montmorillonit und Halloysit). Pyrit wurde teilweise aufgelöst (S-Gehalte im Katoit, Ettringit und Gips?) in den Melilithkristallen angereichert.

Wie aus den Analysen ersichtlich ist, wurde vorwiegend Silizium freigesetzt, welches mit Calcium eine Reihe neuer Mineralphasen (Tobermorit, Tacharanit, Afwillit, Ettringit/Thaumasit) im Xenolith gebildet hat. Glas und Opal konnte im Xenolith nicht nachgewiesen werden. Es wurde das gesamte zur Verfügung stehende Silizium zur Bildung der Ca-Si-Mineralphasen verbraucht, sodaß in der niedrig temperierten Abkühlungsphase kein Si mehr vorhanden war. Weiters ist der Xenolith arm an Aluminium, was ein weiterer Grund sein dürfte, warum keine Zeolithe gebildet wurden. Denn das Fehlen von Zeolithmineralien ist auffallend. Auffallend ist weiters das Fehlen von Calcit, der in solchen Xenolithen eigentlich immer vorhanden ist (siehe TAUCHER & al. 1989 und HERITSCH, 1990). Ähnlich wie Silizium ist auch Calcium vollständig aufgebraucht worden oder in die Blasenhölräume im Basalt rund um den Xenolith transportiert und dort als Aragonit ausgeschieden worden. Was auch die große Porosität des Xenoliths erklärt. Das Magnesium des Dolomit, der in einigen Relikten noch vorhanden ist, wurde zur Bildung des Hydrotalkits verbraucht. Das ebenfalls frei gewordene CO₂ verflüchtigte sich, bis auf den zur Bildung des Aragonits im Randbereich des Xenoliths benötigten Teil, augenscheinlich fast vollständig.

Sämtliche neu gebildeten Mineralphasen sind bei Temperaturen > 100 °C gebildet worden. Darunter scheint es aus den oben genannten Gründen zu keinen Mineralbildungen mehr gekommen zu sein (ausgenommen vielleicht den Tonmineralien und Gips?). Auch die Anwesenheit von Aragonit, der eine höhere Bildungstemperatur als Calcit hat, weist darauf hin. Die Fluor-Gehalte in den Katoitkristallen stammen entweder aus den hydrothermalen Lösungen (Fluorapatit als Gesteinsbestandteil des Basaltes) oder aus aufgelöstem Fluorapatit aus dem Xenolith.

Die Stellung des Gipses ist nicht eindeutig. Gips ist vielleicht eine rezente Bildung.

Sämtliche neu gebildete Mineralphasen können zwanglos aus dem Elementbestand des Xenoliths erklärt werden. Es ist bloß die Zufuhr von H₂O nötig.

Dank

Für das Untersuchungsmaterial bedanken wir uns bei Herrn Bernhard Jandl, St. Anna am Aigen. Herrn Franz Fürntratt, Referat für Mineralogie am Steiermärkischen Landesmuseum Joanneum danken wir für das Anfertigen von Schliffen. Weiters bedanken wir uns bei der Werkstadt Graz für Arbeitsmöglichkeiten.

Literatur

- HERITSCH H. 1990: Eine Kontaktbildung aus dem Nephelinbasanitsteinbruch von Klöch (Südoststeiermark) mit seltenen Mineralien; natürliches Vorkommen der Verbindung $4\text{CaO} \cdot 3\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{SO}_3$. – Mitt. Abt. Miner. Landesmuseum Joanneum Graz 58: 15–35.
- PASSAGLIA & RINALDI R. 1984: Katoite, a new member of the $\text{Ca}_3\text{Al}_2(\text{SiO}_4)_3\text{-Ca}_3\text{Al}_2(\text{OH})_{12}$ series and a new nomenclature for the hydrogrossular group minerals. – Bull. Minér. France: 605–618.
- POSTL W., TAUCHER J. & MOSER B. 1996: Neue Mineralfunde im oststeirischen Vulkangebiet. – Mitt. Abt. Miner. Landesmuseum Joanneum Graz 60/61: 3–76.
- TAUCHER J. & HOLLERER C.E. 1998: Minerale eines Si- und Al-reichen Xenoliths aus dem Basaltsteinbruch von Klöch, Nördlicher Bruch, (Steiermark, Österreich). – Mitt. naturwiss. Ver. Steiermark 128: 21–42.
- TAUCHER J., POSTL W., MOSER B., JAKELY D. & GOLOB P. 1989: Klöch ein südoststeirisches Basaltvorkommen und seine Minerale. – Selbstverlag, 160 S.