

I. ABHANDLUNGEN

Aus dem Institut für Mineralogie-Kristallographie und Petrologie der Universität Graz

Die Bildungsbedingungen des Granat-Disthen- Paragonit-Muskowit- Glimmerschiefers vom Gaberl, Stubalpe, Weststeiermark

Von Haymo HERITSCH

Mit 3 Tabellen und 3 Abbildungen (im Text)

Eingelangt am 8. März 1983

Inhalt: Mineralogische Daten von Granat (kristallchemische Formel, Gitterkonstante, Dichte), von Paragonit und Muskowit (chemische Analyse mit ihrer Berechnung, d_{002} -Werte) sowie Daten vom Gesamtgestein (chemische Analyse und ihre Berechnung, Paragenese) ergeben in Verbindung mit P-T-Bedingungen relevanter Reaktionen als Bildungsbedingungen bei Drucken von mindestens 5 Kb Temperaturen von 550° bis maximal 600° C, d. h. deutlich niedriger als die Bildungstemperaturen der Disthenparamorphoseschiefer der Koralpe. Anhand von Projektionen wird über das Auftreten von Staurolith diskutiert.

Der hier bearbeitete Granat-Disthen-Paragonit-Muskowit-Glimmerschiefer steht an der Straßenböschung knapp westlich der Paßhöhe Gaberl an. Über die regionale Verbreitung entsprechend auskartierbarer Glimmerschiefer innerhalb des Kristallins der Stubalpe gibt die geologische Karte von BECKER 1980 Auskunft. Eine Studie über die regionale Verbreitung des Paragonites in diesen Schiefen steht noch aus.

Schon ANGEL 1924: 216 gibt qualitativ den Mineralbestand an und vermerkt einen ungewöhnlich hohen Natriumgehalt in der chemischen Analyse, ohne jedoch auf die Anwesenheit von Paragonit zu schließen. Nach BECKER 1980 treten im Durchschnitt auch etwas Plagioklas und Biotit neben seltener Staurolith in den Mineralbestand ein. Für die vorliegende Untersuchung – in einem Vorbericht, HERITSCH 1982, sind schon einige Ergebnisse mitgeteilt worden – wurden aber, um möglichst zu vereinfachen, Typen ausgesucht, die Plagioklas, Biotit und auch Staurolith praktisch nicht enthalten.

Die Mineralien

Granat

Granat tritt in rundlichen, Rhombendodekaeder andeutenden, rötlich-braunen Körnern bis 3 cm Durchmesser auf. Es handelt sich um einen Almandin-reichen Granat; die chemische Analyse bei ANGEL 1924 fällt wegen des ungewöhnlichen geringen Aluminiumgehaltes aus

© Naturwissenschaftlicher Verein für Steiermark; download unter www.biologiezentrum.at
dem Rahmen. Neue Analysen (vgl. MASCHER 1981, HERITSCH 1982), deren Mittel in Tab. 1 ausgewiesen ist, bestätigen diese Zusammensetzung nicht, sondern ergeben zwar auch einen Almandin-reichen Granat, allerdings ohne Andradit-Gehalt. Wie häufig, besonders bei Pyralspit-Granat, ist auch hier Einschluß-freies Analysenmaterial nicht zu erhalten. Ebenso muß auf die Schwierigkeit einer exakten FeO-Bestimmung hingewiesen werden, vgl. DEER et al. 1962: 80. Daher müssen an dem in der Tab. 1 ausgewiesenen Mittel aus drei Analysen Korrekturen für Einschlüsse und für den Oxydationswert des Eisens angebracht werden. Daraus folgt ein Almandin mit einem bemerkenswert hohen Grossulargehalt. Jedoch findet man in der Literatur vergleichbare Granatzusammensetzungen, z. B. etwa bei CHINNER 1965: 136, ebenfalls aus Staurolith-freien Disthenglimmerschiefern mit (nur auf Hauptkomponenten gerechnet) etwa Almandin 69, Pyrop 10, Grossular 17, Spessartin 3, also etwas Manganreicher. Eine Mittelbildung bei KEPEZHINSKAS 1972: 114 gibt für Staurolith-freie Disthe-Granat-Glimmerschiefer ebenfalls eine durchaus vergleichbare chemische Analyse des Granates.

In der Tab. 1 ist ferner die aus geeichten Diffraktometeraufnahmen bestimmte Gitterkonstante (nach MASCHER 1981 bzw. HERITSCH 1982) neu berechnet (Wellenlänge $\text{CuK}\alpha = 1,54178 \text{ \AA}$) den nach VEGARD bzw. NOVAK & GIBBS 1971 berechneten Werten gegenübergestellt. Die bei solchen Vergleichen üblichen Differenzen treten auch hier auf. Ebenso ist die errechnete Dichte erwartungsgemäß höher als die beobachtete Dichte.

Eine eventuelle Zonarität des Granates ist noch zu untersuchen, jedenfalls zeigt der Wert für Eisen keine wesentliche Schwankung vom Kern bis zum Rand.

Glimmer

Im Polarisationsmikroskop sind Muskowit und Paragonit nicht zu unterscheiden, im Rasterelektronenmikroskop treten jedoch deutliche Helligkeitsunterschiede auf, Abb. 1. Die Elektronenstrahlmikroanalysen zeigen erwartungsgemäß, daß Muskowit etwas Na und daß Paragonit etwas K sowie geringfügig noch Ca enthält. Die aus geeichten Diffraktometeraufnahmen für beide Glimmer gefundenen d_{002} -Werte sowie die daraus folgende chemische Zusammensetzung nach ZEN & ALBEE 1964: 917 sind in der Tab. 2 ausgewiesen. Nach dem Gefügebild (Abb. 1) koexistieren die beiden Glimmer zweifellos, so daß die Kurve von ZEN & ALBEE 1964: 909 verwendet werden kann. Es zeigt sich, daß die beiden d_{002} -Werte für den vorliegenden Fall innerhalb der Fehlergrenzen die Kurve erfüllen und in Disthen-führenden Paragenesen vorkommen. Auf die Vergleichbarkeit der Werte mit Angaben über Paragonit und Muskowit in ähnlichen Gesteinen des Damara Orogens (HOFFER 1978) ist schon bei HERITSCH 1982 hingewiesen. Zur Überprüfung wurde eine Glimmerfraktion händisch ausgesucht und naßchemisch analysiert (vgl. REINTHALER 1981), mit der Kenntnis der Glimmerzusammensetzung ist es möglich, den Mineralbestand der Glimmerfraktion zu berechnen, Tab. 2.

Zirkon

An einem unregelmäßig begrenzten Zirkon-Korn wurde erwartungsgemäß ein geringer Hafnium-Gehalt nachgewiesen.

Die übrigen im Gestein auftretenden Mineralien, wie Quarz, Disthen, Erze, Graphit, Apatit wurden keiner weiteren Untersuchung unterzogen.

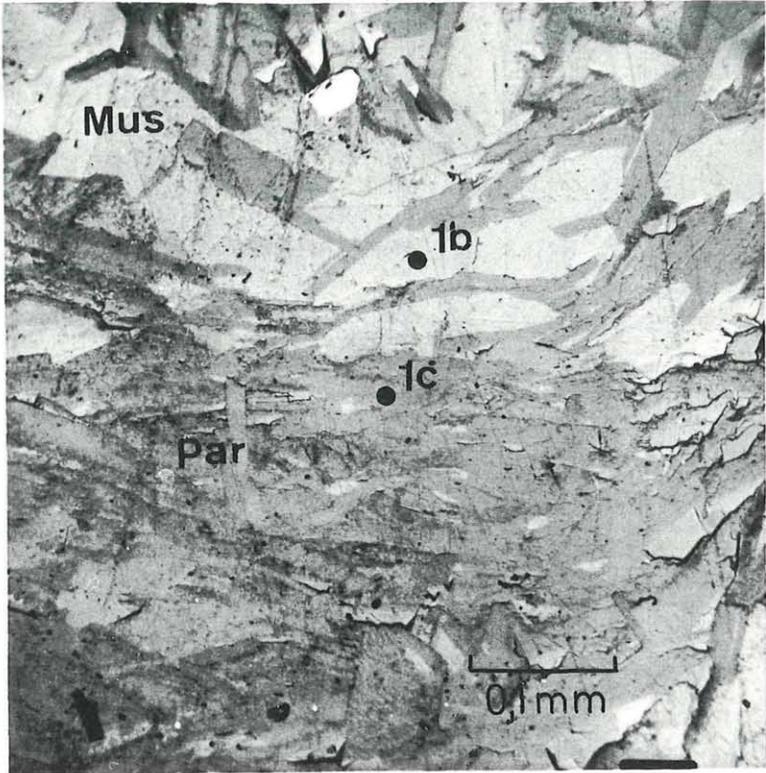


Abb. 1a: Rasterelektronenmikroskopisches Bild der Verwachsung von Muskowit (Mus) und Paragonit (Par) im Granat-Disthen-Paragonit-Muskowit-Glimmerschiefer vom Gaberl, Stubalpe, Weststeiermark.

Das Gestein

Zwei Proben, die höchstens Spuren von Biotit und Plagioklas enthalten und die von örtlich getrennten Fundstellen stammen, wurden von größeren Volumina (Dezimeterbereich) auf Analysengutmenge geviertelt, um einen guten Durchschnitt zu erreichen. Die Tab. 3 enthält die beiden chemischen Analysen, die Berechnung ihrer Mineralbestände, wobei reiner Paragonit und Muskowit in die Rechnung eingehen. Nach Abzug von Quarz, Disthen, Erz und Apatit ergibt der Rest die Zusammensetzung des Granates, die mit der Mineralanalyse der Tab. 1 verglichen ist. Schwankungen im Mineralbestand und in der Granatzusammensetzung ergeben sich aus den Analysen der beiden Proben.

Zur Abschätzung der Bildungsbedingungen des Gesteines kann man auf Druck- und Temperaturabhängigkeit relevanter Reaktionen zurückgreifen, vgl. Abb. 2. Die Reaktion

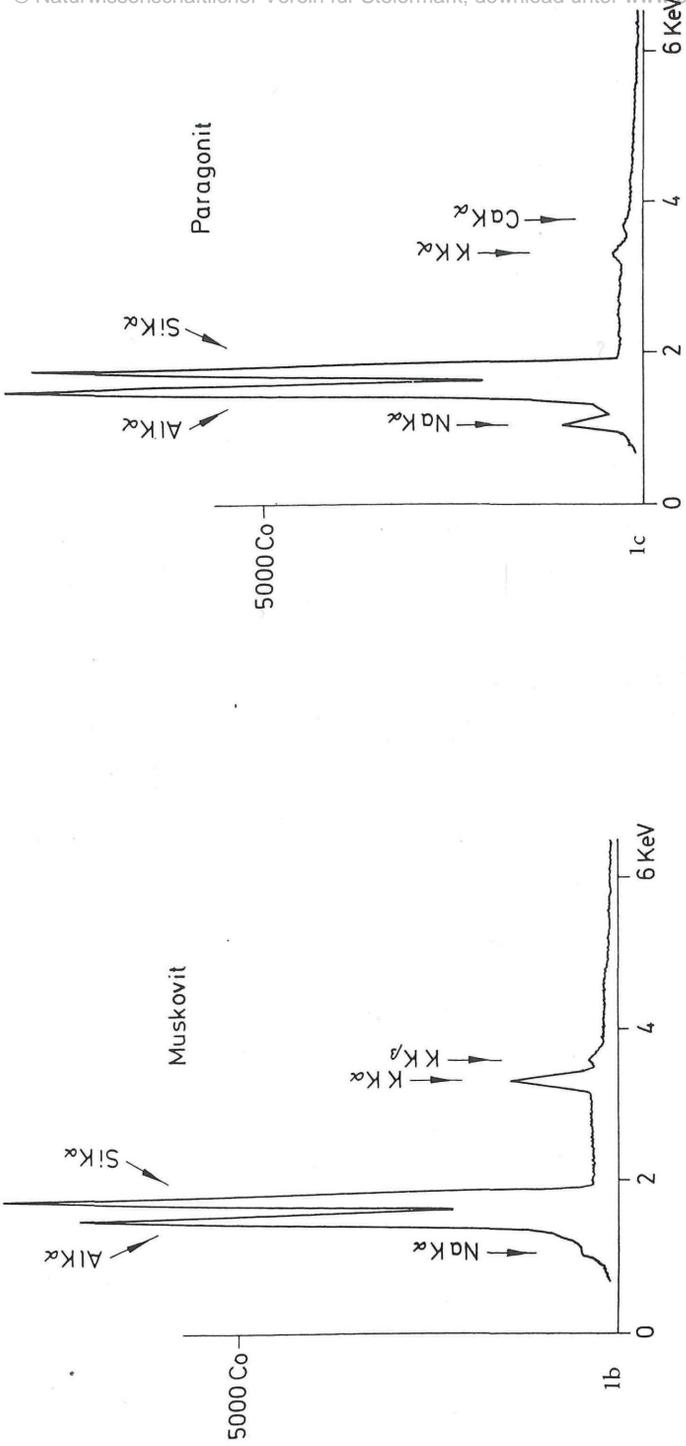


Abb. 1b und 1c: Elektronenstrahlmikroanalysen von Muskovit und Paragonit an den in der Abb. 1a angegebenen Stellen. Diese Analysen und die d_{002} -Werte sind die Grundlage der Berechnung der chemischen Analyse der Glimmerfraktion in Tab. 2. Möglicherweise ist aus der Verteilung der Elemente in Abb. 1c im Paragonit an dieser Stelle auf einen höheren Margarit-Gehalt als in der Durchschnittsanalyse der Tab. 2 zu schließen.

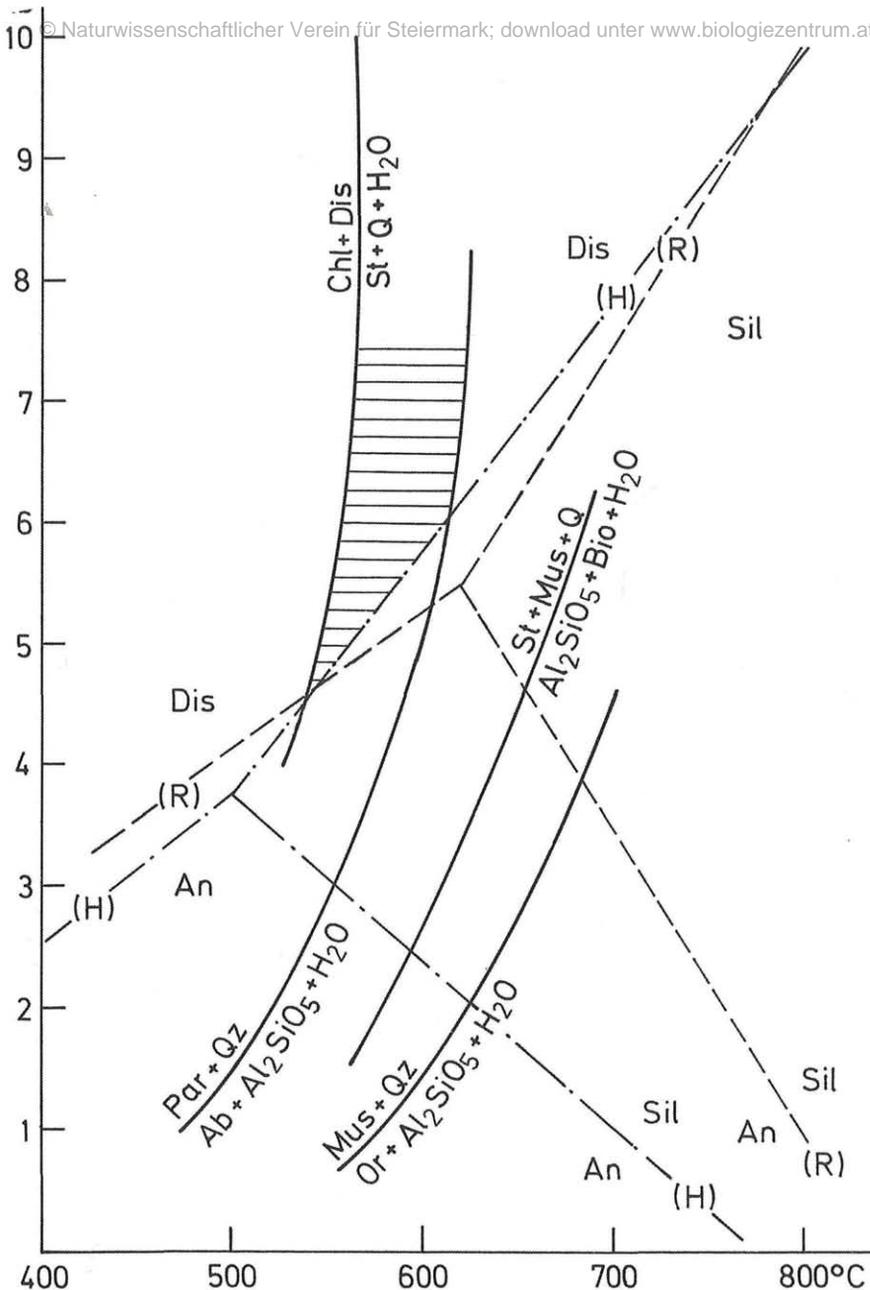


Abb. 2: Gleichgewichtsbedingungen einiger, für die Metamorphose des Granat-Disthen-Paragonit-Muskowit-Glimmerschiefers vom Gaberl, Stubalpe, Weststeiermark wichtiger Reaktionen. Al_2SiO_5 -Modifikationen nach RICHARDSON et al. 1969 (R) und nach HOLDAWAY 1971 (H); Chloritoid + Disthen = Staurolith + Quarz nach HOSCHEK 1967, RICHARDSON 1968 und RAO & JOHANNES 1979; Paragonit + Quarz = Albit + Al_2SiO_5 + H_2O nach CHATTERJEE 1972; Staurolith + Muskowit + Quarz = Biotit + Al_2SiO_5 + H_2O nach HOSCHEK 1969; Muskowit + Quarz = Kalifeldspat + Al_2SiO_5 + H_2O nach ALTHAUS et al. 1970.

Muskowit + Quarz = Kalifeldspat + Al_2SiO_5 + H_2O (ALTHAUS et al. 1970) ist ebenso nicht abgelaufen wie die Reaktion Paragonit + Quarz = Albit + Al_2SiO_5 + H_2O (CHATTERJEE 1972). Da Disthen auftritt, liegt das Feld der möglichen Bildungsbedingungen links der Paragonit-Kurve im Disthenbereich. Eine weitere Bedingung ist durch die Anwesenheit von Staurolith in manchen Typen dieses Glimmerschiefers (BECKER 1980) gegeben. Zu allen Schwierigkeiten, die bei Staurolith auftreten, wie etwa Mg-Fe-Verhältnis, Sauerstoffpartialdruck, gibt es im vorliegenden Fall keinen Beobachtungshinweis, durch welche Reaktion der Staurolith gebildet wurde; man kann aber mit Vorsicht folgendermaßen argumentieren. Wenn Staurolith und Quarz koexistieren, liegen die Bildungsbedingungen rechts der Kurve Chloritoid + Disthen = Staurolith + Quarz. Die in Abb. 2 eingetragene Kurve gilt allerdings für reinen Fe-Staurolith nach RAO & JOHANNES 1979 (vgl. aber auch RICHARDSON 1968). Die Kurve Chlorit + Muskowit = Staurolith + Biotit + Quarz + H_2O nach HOSCHEK 1969 liegt auch im selben Bereich.

Die ebenfalls von HOSCHEK 1969 bestimmte Kurve der Reaktion Staurolith + Muskowit + Quarz = Biotit + Al_2SiO_5 + H_2O , die das Verschwinden von Staurolith bedeutet, liegt weit rechts von der Kurve Paragonit + Quarz = Albit + Al_2SiO_5 + H_2O . Das bedeutet also, daß dann, wenn schon gebildeter Staurolith durch Temperaturerhöhung verschwindet, Paragonit vorher verschwunden sein muß und dafür Albit auftritt. Die Staurolith-freien Granat-Disthen-Paragonit-Muskowit-Glimmerschiefer enthalten also deshalb keinen Staurolith, weil auf Grund des Pauschalchemismus des Gesteines dieses nicht möglich ist, siehe auch unten.

Es können daher für die vorliegenden Glimmerschiefer vom Gaberl folgende Bildungsbedingungen angenommen werden: Druck über 5 Kb und Temperaturen von 550° bis max. 600° C. Diese Bedingungen sind in Abb. 2 schraffiert dargestellt.

Aus dem Paragonit-Gehalt des Muskowites, der mit dem Paragonit koexistiert, folgt nach EUGSTER & YODER 1955 bzw. LAMBERT 1959 eine Bildungstemperatur von etwa 590° C, was mit den aus Abb. 2 abgeleiteten Temperaturen in Übereinstimmung steht. Im allgemeinen scheinen damit die Temperaturen doch deutlich niedriger zu sein als in den zentralen Teilen der Koralpe, denn die Temperaturen für die Disthen-Paramorphoseschiefer (HERITSCH 1978) führen Albit und liegen rechts der Kurve Paragonit + Quarz = Albit + Al_2SiO_5 + H_2O und erfordern Temperaturen von über 600° C. Die Glimmerschiefer des Gaberl liegen dagegen links der genannten Kurve und führen Paragonit und Quarz, was nur bei einer Temperatur unter 600° C bei den angenommenen Drucken möglich ist, vgl. Abb. 2. Diese Bedingungen entsprechen auch den Bedingungen für die Bildung des Disthen-Staurolith-Chloritoid-Granatglimmerschiefers der südlichsten Koralpe (HERITSCH & MÖRTL 1977).

Zur Darstellung in den ACF- und A'KF-Dreiecksdiagrammen nach ESKOLA bzw. in dem daraus erweiterten A'KFeMg-Tetraeder nach HERITSCH 1978 sind die entsprechenden Projektionswerte, nur korrigiert für Accessorien, in der Tab. 3 ausgewiesen. Streng genommen müssen aber im vorliegenden Fall jeweils Korrekturen für Paragonit, Muskowit bzw. Grossular vorgenommen werden, vgl. WINKLER 1979. Der Mineralbestand der Glimmerschiefer (Tab. 3) erfordert ferner, den größten Teil von Fe_2O_3 als FeO zu verrechnen. Außerdem ist es für den hier behandelten Fall zweckmäßig, in dem ACF-Diagramm neben dem Projektionspunkt für Almandin (und Pyrop) auch den Projektionspunkt des tatsächlich auftretenden Grossular-hältigen Granates einzutragen: unausgefüllter Kreis in Abb. 3. Ein so modifiziertes ACF-Diagramm nach ESKOLA macht folgendes verständlich: Der Projektionspunkt, sowohl unkorrigiert wie auch korrigiert, liegt auf der Verbindungslinie zwischen Disthen und Granat, was dem Mineralbestand Granat + Disthen (+ Muskowit + Paragonit + Quarz + Accessorien) entspricht. Man erkennt auch, daß nur eine geringe Variation in der chemischen Zusammensetzung die Paragenese Disthen + Staurolith + Granat oder Staurolith + Granat (mit weniger Grossularanteil) ergibt.

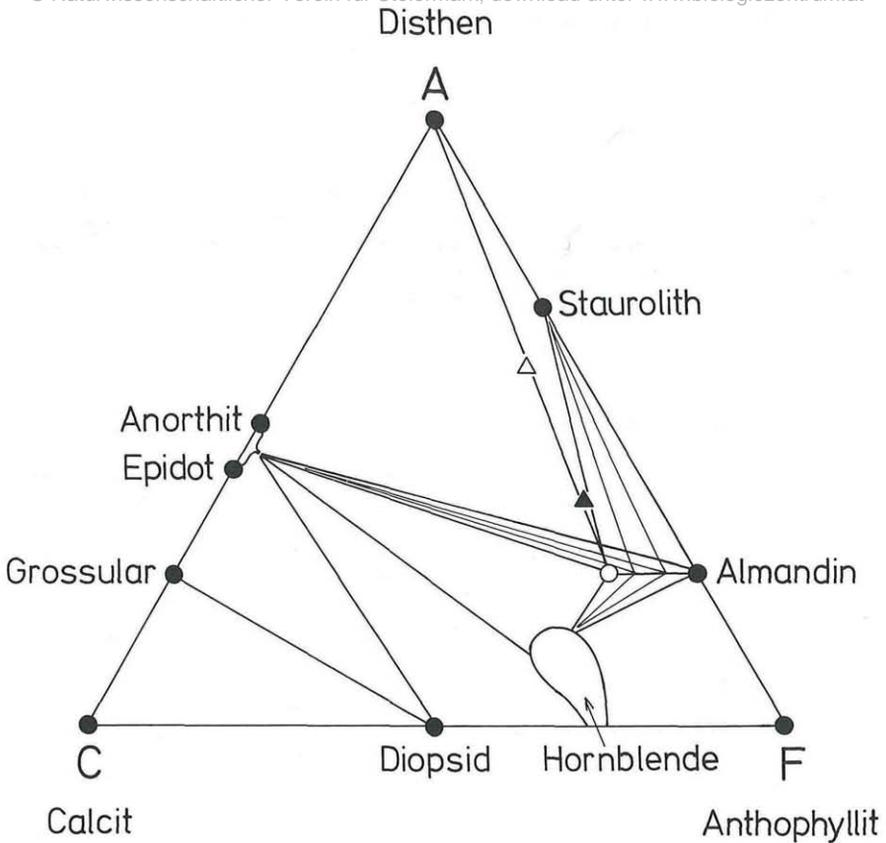


Abb. 3: Modifiziertes ACF-Diagramm nach Eskola für die Staurolith-Almandin-Subfazies der Almandin-Amphibolitfazies: Neben Almandin ist der im Granat-Disthen-Paragonit-Muskowit-Glimmerschiefer vom Gabel, Stubalpe, Weststeiermark auftretende Grossular-enhaltende Granat eingetragen (Signatur: leerer Kreis). Projektionspunkte des hier bearbeiteten Glimmerschiefers: Signatur leeres Dreieck, nur korrigiert für Accessorien, Signatur ausgefülltes Dreieck: korrigiert auch auf Hauptbestandteile (siehe Text). Die Lage der Projektionspunkte auf der Verbindungsgeraden Disthen-Granat erklärt das Auftreten von Granat und Disthen und das Fehlen von Staurolith in dem hier bearbeiteten Glimmerschiefer. Eine nur geringe chemische Veränderung des Gesteines läßt auch eine Paragenese Disthen + Staurolith + Granat oder eine Paragenese Staurolith + Granat ohne Disthen zu.

Im erweiterten $A'KFeMg$ -Tetraeder (HERITSCH 1978: 21, Abb. 2) liegt der Projektionspunkt des Glimmerschiefers knapp über dem Dreieck Granat-Muskowit-Disthen, was ebenfalls dem beobachteten Mineralbestand unter Hinzutreten von geringen Mengen von Biotit (im Teiltetraeder Disthen-Granat-Muskowit-Biotit) entspricht. Für Staurolith-führende Typen ist in der Tetraederfläche $A'FeMg$ eine Staurolith-Zusammensetzung mit etwas höherem Mg/Fe -Verhältnis anzunehmen (vgl. HOLDAWAY 1978), so daß ein sehr schmales Tetraeder Disthen-Staurolith-Granat-Biotit entsteht. Für Staurolith-führende Typen kann man auch Inhomogenität der chemischen Zusammensetzung annehmen, so daß es Partien gibt, die dann eine Zusammensetzung haben, die in dieses schmale Tetraeder passen.

Nach HOSCHEK 1967 liegt der Projektionspunkt des hier bearbeiteten Glimmerschiefers im $aknf$ - und in afn -Diagramm wohl innerhalb, im acf -Diagramm jedoch knapp außerhalb

Dank

Zur Ausführung dieser Arbeit standen mir die Mittel des Institutes für Mineralogie-Kristallographie und Petrologie der Universität Graz, Vorstand Prof. Dr. E. M. Walitzki, zur Verfügung. Für die Herstellung der rasterelektronenmikroskopischen Aufnahmen und der Elektronenstrahlmikroanalysen am Institut für Elektronenmikroskopie in Graz danke ich auch an dieser Stelle dem Leiter Dr. H. Horn sowie Dr. P. Golob und seinem Mitarbeiter P. Bahr.

Tab. 1: Granat aus dem Granat-Disthen-Paragonit-Muskowit-Glimmerschiefer vom Gaberl, Stubalpe, Weststeiermark; chemische Analyse und ihre Berechnung, sowie physikalische Daten.

SiO ₂	39,30	Einschlüsse (Gew. %)	1,41 Erz	Granat (Mol. %)	69 Almandin
TiO ₂	1,04		0,48 Muskowit		11 Pyrop
Al ₂ O ₃	20,80		1,38 Paragonit		19 Grossular
Fe ₂ O ₃	3,66		3,00 Quarz		1 Spessartin
FeO	26,20				
MnO	0,51				
MgO	2,48	a _{obs} = 11,594 (8) Å		d _{obs} = 3,985 g/cm ³	
CaO	6,49	a _{calc} = 11,592 Å (Vegard)		d _{calc} = 4,094 g/cm ³	
Na ₂ O	0,11	a _{calc} = 11,578 Å (Novak & Gibbs 1971)			
K ₂ O	0,06				
H ₂ O ⁺	0,01				
	100,66				

Tab. 2: Glimmerfraktion aus dem Granat-Disthen-Paragonit-Muskowit-Glimmerschiefer vom Gaberl, Stubalpe, Weststeiermark; chemische Analyse und ihre Berechnung, sowie physikalische Daten. (Mus: Muskowit, Par: Paragonit, Ph: Phlogopit, Ma: Margarit)

SiO ₂	47,39	Aus der chemischen Analyse	
TiO ₂	1,52	berechneter Mineralbestand (Gew.-%):	
Al ₂ O ₃	36,58		
Fe ₂ O ₃	1,36	Paragonit	40,7 (Par 88; Mus 10; Ph 1; Ma 1; Mol.-%)
FeO	0,21	Muskowit	41,9 (Par 20; Mus 79; Ph 1; Mol.-%)
MnO	0,00	Disthen	7,3
MgO	0,18	Quarz	7,0
CaO	0,06	Erz	3,1
Na ₂ O	3,53		
K ₂ O	4,47		
H ₂ O ⁺	4,81		
H ₂ O ⁻	0,36		
	100,47	Paragonit d ₀₀₂ = 9,640(7) Å, d. h. etwa Par 90 und Mus 10 (Mol.-%)	
		Muskowit d ₀₀₂ = 9,942(6) Å, d. h. etwa Par 20 und Mus 80 (Mol.-%)	
		nach ZEN & ALBEE 1964	

© Naturwissenschaftlicher Verein für Steiermark; download unter www.biologiezentrum.at
 Tab. 3: Chemische Analysen (mit Berechnung) zweier Proben von Granat-Disthen-Paragonit-
 Muskowit-Glimmerschiefer vom Gaberl, Stubalpe, Weststeiermark.

	a)	b)	Aus den Analysen a) und b) errechneter				Mineral- analyse, Tab. 1	
			Mineralbestand Gew.-%		Granat, Mol-%			
SiO ₂	48,54	48,02	Granat	37 ± 3	Almandin	72 ± 2	69	
TiO ₂	1,17	1,31	Disthen	10 ± 3	Pyrop	12 ± 4	11	
Al ₂ O ₃	26,77	29,89	Muskowit	22 ± 3	Grossular	15 ± 2	19	
Fe ₂ O ₃	4,09	3,36	Paragonit	15 ± 2	Spessartin	1 ± 0,5	1	
FeO	9,30	7,59	Quarz	14 ± 1				
MnO	0,24	0,10	Rutil	1,3				
MgO	0,75	1,41	Apatit	0,3				
CaO	2,45	1,77						
Na ₂ O	1,38	1,02						
K ₂ O	2,20	2,95	Projektionswerte n. ESKOLA bzw. HERITSC H 1978 (ohne Korrektur,					
P ₂ O ₅	0,09	0,13	vgl. Text)					
Gl.	3,05	3,10						
H ₂ O ⁻	0,11	0,22	A'	55,8	A'	55,8	A	58,3
	100,14	100,87	K	7,0	K	7,0	C	8,1
			F	37,2	Fe	30,4	F	33,6
					Mg	6,8		

Literatur

- ALTHAUS E., KAROTKE E., NITSCH K. H. & WINKLER H. G. F. 1970. An Experimental Re-Examination of the Upper Stability Limit of Muscovite plus Quartz. – N. Jb. Miner. Monatsh., 1970: 325–336.
- ANGEL F. 1924. Gesteine der Steiermark. – Mitt. naturw. Ver. Steiermark, 60. Graz 1924.
- BECKER L. P. 1980. Erläuterungen zu Blatt 162 Köflach. Geol. Karte der Republik Österreich 1: 50.000. – Geol. Bundesanstalt Wien.
- CHATTERJEE N. D. 1972. The Upper Stability Limit of the Assemblage Paragonite + Quartz and Its Natural Occurrences. – Contr. Mineral. and Petrol., 34: 288–303.
- CHINNER G. A. 1965. The kyanite isograd in Glen Clova, Angus, Scotland. – Min. Mag., 34: 132–143.
- DEER W. A., HOWIE R. A. & ZUSSMANN J. 1962. Rock-Forming Minerals, Vol. 1, Ortho- and Ring Silicates, 1st Ed. – Longmans, London.
- EUGSTER H. P. & YODER H. S. 1955. The join muscovite-paragonite. – Carnegie Inst. Washington, Ann. Rep. Dir. Geophysic. Lab. 1954/55; zitiert in DEER W. A., HOWIE R. A. & ZUSSMAN J. Rock-Forming Minerals, Vol. 3, Sheet Silicates, 1st Edit. – Longmans, London.
- HERITSC H. & MÖRTL J. 1977. Die Bildungsbedingungen eines Disthen-Chloritoid-Stauroolith-Granatglimmerschiefers mit wesentlichem Paragonitgehalt von der Roßhütte, südlich Koralpe. – Mitt. naturw. Ver. Steiermark, 107: 15–23.
- HERITSC H. 1978. Die Metamorphose des Schiefergneis-Glimmerschiefer-Komplexes der Koralpe, Steiermark. – Mitt. naturwiss. Ver. Steiermark, 108: 19–30.
- HERITSC H. 1982. Vorbericht über Untersuchungen an Granat-Disthen-Paragonit-Muskowit-Glimmerschiefer vom Gaberl, Stubalpe, Weststeiermark. – Anz. Österr. Akad. Wiss. Wien, math.-naturwiss. Klasse, 1982: 57–59.
- HOFFER E. 1978. On the "Late" Formation of Paragonite and its Breakdown in Pelitic Rocks of the Southern Damara Orogen (Namibia). – Contrib. Mineral. Petrol. 67: 209–219.

- HOLDAWAY M. J. 1971. Stability of Andalusite and the Aluminium Silicate phase diagram. – *American Journal of Science*, 271: 97–131.
- HOLDAWAY M. J. 1978. Significance of chloritoid-bearing and staurolite-bearing rocks in the Picuris Range, New Mexico. – *Bull. Geol. Soc. America*, 89: 175–198.
- HOSCHEK G. 1967. Untersuchungen zum Stabilitätsbereich von Chloritoid und Staurolith. – *Contr. Mineral and Petrol.*, 14: 123–162.
- HOSCHEK G. 1969. The Stability of Staurolite and Chloritoid and their Significance in Metamorphism of Pelitic Rocks. – *Contr. Mineral. and Petrol.*, 22: 208–232.
- KEPEZHINSKAS K. B. 1972. Effect of Pressure on the Composition of Garnets in Medium-temperature Metapelites. – *Doklady Acad. Sciences U.S.S.R., Earth Science Sections, Translation American Geol. Inst.*, 203: 113–116.
- LAMBERT R. St. J. 1959. The mineralogy and metamorphism of the Moine Schists of the Morar and Knoydart districts of Inverness-Shire. – *Trans. Roy. Soc. Edin.*, 63: 553; zitiert in DEER W. A., HOWIE R. A. & ZUSSMAN J. 1962. *Rock-Forming Minerals*, Vol. 3, Sheet Silicates, 1st Ed. – Longmans, London.
- MASCHER F. 1981. Quantitative chemische Analyse und Röntgen-Diffraktometeruntersuchung an Granat des Glimmerschiefers vom Gaberl/Stubalpe. – Unveröffentlichte Lehramtshausarbeit, Universität Graz.
- NOVAK G. A. & GIBBS G. V. 1971. The Crystal Chemistry of the Silicate Garnets. – *American Mineralogist* 56: 791–825.
- RAO B. B. & JOHANNES W. 1979. Further data on the stability of staurolite + quartz and related assemblages. – *N. Jb. Miner. Monatsh.* 1979: 437–447.
- REINTHALER F. 1981. Quantitative chemische Analyse und Röntgendiffraktometeruntersuchungen an Glimmern vom Gaberl/Stubalpe. – Unveröffentlichte Lehramtshausarbeit, Universität Graz.
- RICHARDSON S. W. 1968. Staurolite stability in a part of the System Fe-Al-Si-OH. – *Journ. Petrology* 9: 467–499.
- RICHARDSON S. W. GILBERT M. C. & BELL P. M. 1969. Experimental Determination of Kyanite-Andalusite and Andalusite-Sillimanite Equilibria; the Aluminium Silicate Triple Point. – *American Journal of Science*, 269: 259–272.
- WINKLER H. G. F. 1979. *Petrogenesis of Metamorphic Rocks*, 5th Ed. – Springer-Verlag New York, Heidelberg, Berlin.
- ZEN E-AN & ALBEE A. L. 1964. Coexistent Muscovite and Paragonite in Pelitic Schists. – *American Mineralogist*, 49: 904–925.

Anschrift des Verfassers: Univ.-Prof. Dr. Haymo HERITSCH, Institut für Mineralogie-Kristallographie und Petrologie der Universität Graz, Universitätsplatz 2, A-8010 Graz, Österreich.