

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

Die Metamorphose des Schiefergneis-Glimmerschiefer-Komplexes der Koralpe, Steiermark

Von Haymo HERITSCH

Mit 1 Tabelle und 6 Abbildungen (im Text)

Eingelangt am 31. Jänner 1978

Inhalt: Mit Hilfe einer neuen Tetraederprojektion, die aus dem Eskolaschen A'KF-Dreieck entwickelt wird, läßt sich im Ausbau der Beobachtungen von PLATEN & HÖLLER 1966 zeigen, daß bei geringer chemischer Variationsbreite die Schiefergneise bis Glimmerschiefer der Koralpe nahe der wichtigen Grenzfläche Muskowit-Biotit-Granat liegen. Zeigen die Gesteine keinen Lagenbau, so entstehen Plagioklasgneise, die meist keinen Cyanit führen. Bei ausgeprägtem Lagenbau bildet dieselbe chemische Gesamtzusammensetzung Lagen von Granat + Biotit + Muskowit + Cyanit und Lagen von Mikroclin + Muskowit + etwas Biotit und Granat, wozu noch reichlich Plagioklas und Quarz tritt. Dabei herrscht nur innerhalb der Lagen chemisches Gleichgewicht.

Es wird gezeigt, daß das Ausgangsmaterial ein feingeschichteter Tonschiefer aus Illit und Chlorit (oder Vermiculit + Erz) mit Einstreuungen von Kalifeldspat, Plagioklas und Quarz sein kann. Eine Stoffzufuhr ist dann zur Erklärung der Plattengneise nicht notwendig. Es genügt die Inhomogenität des Ausgangsmaterials sowohl für die Erklärung der Plattengneise wie auch der Schiefer mit Paramorphosen von Cyanit nach Andalusit.

Über die Gliederungsversuche des Gneis-Glimmerschiefer-Komplexes der Koralpe (Ausdehnung etwa 20×40 km) gibt TOLLMANN 1977:234ff. eine prägnante Darstellung der Ansichten von KIESLINGER 1926–1928, BECK-MANNAGETTA besonders 1970 und 1975, HOMANN 1962, BECKER 1976 und KLEINSCHMIDT & RITTER 1975. Die Grundlage für die folgende Untersuchung sind die chemischen Analysen von Gneisen bis Glimmerschiefern, die auch PACHER & RIEPL 1978 benützen. Für die Probenentnahme diente dabei die Kartendarstellung bei BECK-MANNAGETTA 1970 bzw. besonders 1975 mit einer Gliederung in Plattengneise, glimmerige Plattengneise, venoide Gneise – Glimmerschiefer und Schiefer mit Disthenparamorphosen nach Andalusit. Von allen diesen Typen wurden Proben, vorwiegend aus der südlichen Hälfte der Koralpe, also etwa von der geographischen Breite von Stainz nach Süden, entnommen; PACHER & RIEPL 1978 haben an 22 chemischen Analysen feststellen können, daß die Variationsbreite der pelitischen Gesteine gering ist und daß ihr Mittelwert gut mit dem Mittelwert karbonatfreier Tone nach CLARK aus WICKMAN 1954 übereinstimmt, ein Ergebnis, zu dem schon PLATEN & HÖLLER 1966, allerdings nur für einen Fundpunkt (Plattengneis von Stainz), gelangt waren. Mit diesen neuen Analysen ist es nun möglich, einen Überblick über die Metamorphose des großen Gneiskomplexes der Koralpe zu bekommen. Es ist nicht beabsichtigt, auf die Frage einer Seriengliederung einzugehen.

Zur Nomenklatur Gneis und Glimmerschiefer äußert sich KIESLINGER 1928, VIII:456. Nach dem Symposion 1962 ist die Grenze zwischen Gneis und Glimmerschiefer bei 20% Feldspat zu legen. Die hier untersuchten Gesteine haben teils einen viel höheren Feldspatgehalt, teils pendeln sie um den Grenzwert 20% Feldspat, sie können aber auch sehr kleine Werte von nur wenigen Prozent Feldspat haben. Gesteine, die die Zusammensetzung des Mittels haben, Tabelle 1, einheitlicher Plagioklasgneis mit 17% Feldspat, machen jedoch makroskopisch und mikroskopisch durchaus den Eindruck ei-

nes Gneises, so daß die Grenze von 20% Feldspat für Gneis hier nicht scharf angewendet wird.

Der am meisten auffallende Gesteinstyp ist der Plattengneis, der mehrfach petrographisch beschrieben worden ist, vgl. KIESLINGER 1928:VIII:461 ff. oder HERITSCH 1963. Danach handelt es sich um ein Gestein mit einem deutlichen Lagenbau. Eine Art von Lagen enthält Kalifeldspat, Quarz und Plagioklas mit wenig Muskowit und gelegentlich etwas Biotit und Granat. Innerhalb dieser Lagen kommt es zur Ausbildung von Kalifeldspat- und Plagioklasaugen, die ihrerseits wieder zu auffallend weißen Flecken ausgewalzt sind und weit ab vom kotektischen Minimum des Or-Ab-SiO₂-Dreieckes liegen, vgl. HERITSCH 1964, PLATEN & HÖLLER 1966 und PACHER & RIEPL 1978. Die andere Art von Lagen enthält Muskowit, Biotit, Granat und Cyanit mit etwas Quarz und Plagioklas.

Die grundlegend neue Beobachtung haben aber PLATEN & HÖLLER 1966:111 gemacht, daß nämlich Cyanit und Kalifeldspat nie in direktem Kontakt stehen; ein solcher Kontakt ist ja auch in keiner Subfazies der Almandin-Amphibolit-Fazies möglich. Die Tatsache, daß sich Kalifeldspat und Cyanit nie direkt berühren, ist durch die vorliegende Untersuchung und durch die Beobachtungen von PACHER & RIEPL 1978 auf regionaler Basis bestätigt.

In allgemeiner Form sind die geschilderten Verhältnisse bei WINKLER 1976:28 ff. dargestellt.

Die hier behandelten Gneise und Glimmerschiefer der Koralpe sind aber nur zum Teil als Plattengneise entwickelt. Es kann einmal der Kalifeldspat sehr stark abnehmen und schließlich ganz verschwinden, so daß Plagioklasgneise vorliegen, andererseits kann auch der Cyanitgehalt sehr klein werden, und es können überhaupt Cyanit-freie Gesteine vorkommen. Auch eine Variation zu Glimmerschiefern ist möglich. Die Veränderlichkeit des Quarzgehaltes sei hier nur nebenbei erwähnt, vgl. PACHER & RIEPL 1978.

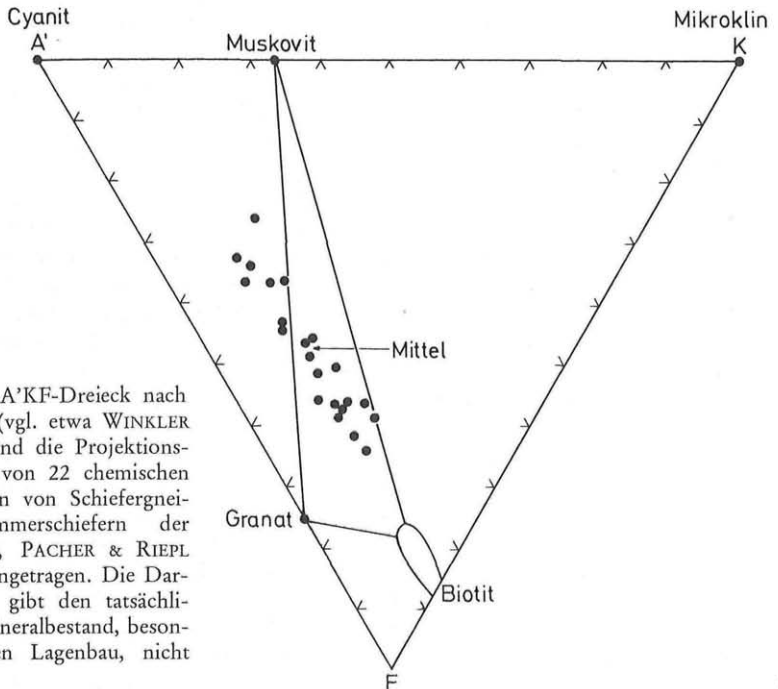


Abb. 1: In das A'KF-Dreieck nach Eskola (vgl. etwa WINKLER 1976) sind die Projektionspunkte von 22 chemischen Analysen von Schiefergneisen-Glimmerschiefern der Koralpe, PACHER & RIEPL 1978, eingetragen. Die Darstellung gibt den tatsächlichen Mineralbestand, besonders den Lagenbau, nicht wieder.

Trägt man die Projektionswerte der hier behandelten Analysen in ein A'K F-Dreieck nach Eskola (vgl. etwa WINKLER 1976) für die Cyanit-Almandin-Muskowit-Subfazies der Almandin-Amphibolit-Fazies nach WINKLER 1967:108 ein, so erhält man die Abb. 1. Hier ist selbstverständlich ein Plagioklasgehalt nicht dargestellt. Ein kleiner Fehler, der dadurch entsteht, daß der Ca-Gehalt des Granates nicht berücksichtigt wird, ist vernachlässigbar, WINKLER 1976:42.

Eine Darstellung wie in Abb. 1 ist aber durchaus unbefriedigend, weil der tatsächliche Mineralbestand der Gneise nicht wiedergegeben wird. Es scheint daher zweckmäßig, den Projektionswert F aufzuspalten, und zwar in Fe und Mg, wodurch das Tetraeder der Abb. 2 entsteht. In diesem Tetraeder sind auch die darstellenden Punkte für

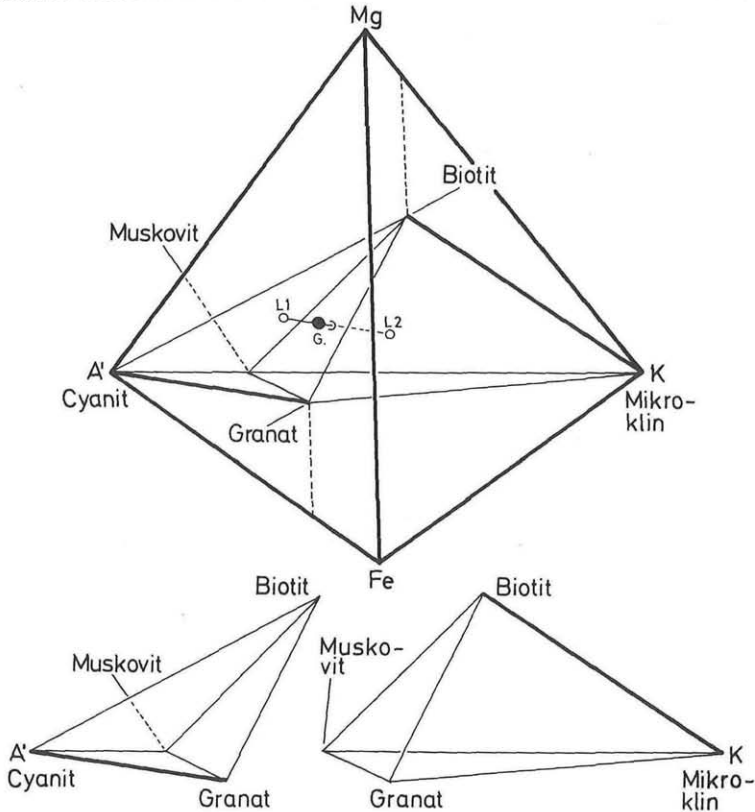


Abb. 2: Erweiterung des A'KF-Dreiecks nach Eskola zum A'KFeMg-Tetraeder. Die Projektionspunkte von Granat und Biotit liegen in den entsprechenden Ebenen des Tetraeders und weisen etwa die von PACHER & RIEPL 1978 gefundene Zusammensetzung aus. Die 22 chemischen Analysen von Schiefergneisen-Glimmerschiefern der Koralmpe liegen innerhalb der beiden Ebenen: Cyanit-Mikroklin-Biotit und Cyanit-Mikroklin-Granat. Zusammensetzungen links der entscheidenden Ebene Granat-Biotit-Muskowit haben den Mineralbestand L1 mit Muskowit + Biotit + Granat + Cyanit, Zusammensetzungen rechts der Ebene Granat-Biotit-Muskowit haben den Mineralbestand L2 mit Mikroklin + Muskowit + Biotit + Granat; der Gehalt an Quarz und Plagioklas ist in der Darstellung nicht erfassbar. Feinlagige Gneise haben eine Gesamtzusammensetzung G, die meist knapp über der Ebene Granat-Biotit-Muskowit liegt; diese Gesamtzusammensetzung tritt in die Lagen L1 und L2 auseinander. Zur Verdeutlichung ist der Tetraeder-Raum Cyanit-Granat-Mikroklin-Biotit auch gesprengt dargestellt.

Granat aus einem Plattengneis und für Biotit aus einem Plagioklasgneis nach PACHER & RIEPL 1978 eingetragen. Dadurch entstehen im Tetraeder A'-K-Fe-Mg die Ebenen Cyanit-Biotit-Mikroclin und Cyanit-Granat-Mikroclin; die beiden Ebenen schneiden sich in der Kante des Tetraeders Cyanit-Muskowit-Mikroclin. Es läßt sich berechnen, daß fast alle chemischen Analysen innerhalb des Keiles liegen, der von den beiden angeführten Ebenen gebildet wird; nur eine Analyse liegt knapp über der Ebene Cyanit-Biotit-Mikroclin, was aber durch die Annahme eines etwas Mg-reicheren Biotits erklärt werden kann.

Wesentlich ist, daß innerhalb des erwähnten Keiles eine neue Ebene Muskowit-Granat-Biotit auftritt, die zwei Tetraeder entstehen läßt. Links von dieser entscheidend wichtigen Ebene gilt die Paragenese Muskowit-Granat-Biotit-Cyanit entsprechend der einen Art von Lagen (L1) der Plattengneise; rechts von der Ebene gilt die Paragenese Muskowit-Granat-Biotit-Mikroclin entsprechend der anderen Art von Lagen (L2) der Plattengneise. Cyanit und Mikroclin können in derselben Paragenese nicht vorkommen.

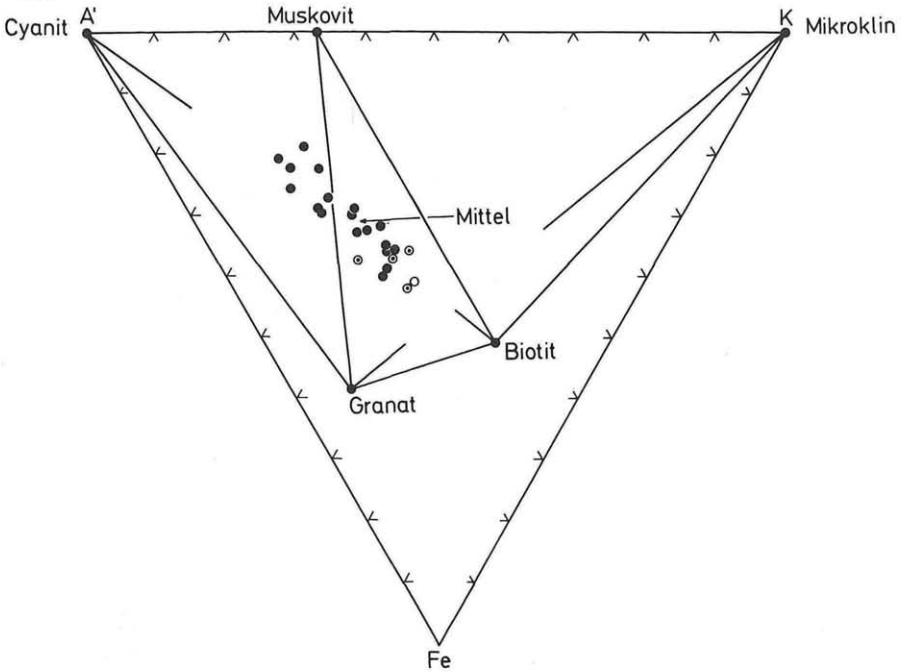


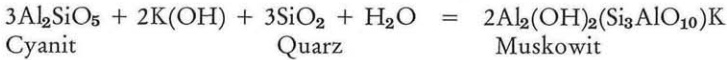
Abb. 3: Die Punkte für 22 chemische Analysen von Schiefergneisen-Glimmerschiefern, PACHER & RIEPL 1978, sind in orthogonaler Parallelprojektion auf die Ebene A'-K-Fe projiziert. Ausgefüllte Kreise bedeuten Lage des Projektionspunktes über der Ebene Granat-Biotit-Muskowit, Kreise mit Punkt bedeuten Lage des Projektionspunktes etwa in der Ebene Granat-Biotit-Muskowit, der Kreis bedeutet Lage des Projektionspunktes unter der Ebene Granat-Biotit-Muskowit.

Die Projektionspunkte für die meisten der 22 chemischen Analysen von Gneisen bis Glimmerschiefern der Koralpe liegen im linken Tetraeder Muskowit-Granat-Biotit-Cyanit, drei Analysen liegen praktisch in der Ebene Muskowit-Granat-Biotit und 1 Plattengneisanalyse liegt im rechten Tetraeder Muskowit-Granat-Biotit-Mikroclin, vgl. Abb. 3. Dabei sind die Projektionspunkte im Tetraederraum in orthogonaler Parallelprojektion auf die Basis des Tetraeders A'-Fe-K projiziert.

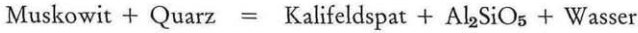
Tab. 1: Mittelwert aus 22 chemischen Analysen von Schiefergneisen bis Glimmerschiefern der Koralpe, PACHER & RIEPL 1978, und die daraus berechneten Mineralbestände für den Zustand als

Mittel	einheitlicher Plagioklasgneis		Gneis mit Lagen		Sediment vor der Metamorphose ohne Kaolinit		mit Kaolinit in Lagen	
	L2	L1	L2	L1	L2	L1	L2	L1
SiO ₂	62,7		33,8		← 32,7	→	← 24,2	→
TiO ₂	0,9		—		5,4		8,4	
Al ₂ O ₃	17,1		16,8		← 16,9	→	← 20,6	→
Fe ₂ O ₃	3,3		16,3		8,6		28,8	
FeO	4,0		15,4		15,4		6,4	
MnO	0,1		11,7		11,8		4,3	
MgO	2,5		3,7		—		2,6	
CaO	1,9		1,2		1,2		1,3	
Na ₂ O	1,7		0,6		0,6		1,7	
K ₂ O	3,2		0,5		0,5		0,5	
P ₂ O ₅	0,2						0,4	
H ₂ O+	2,2							
H ₂ O-	0,2							
			Quarz		Quarz		Quarz	
			Kalifeldspat		Kalifeldspat		Kalifeldspat	
			Plagioklas		Plagioklas		Plagioklas	
			Muskowit		Illit		Illit	
			Biotit		Vermiculit		Vermiculit	
			Granat		Kaolinit		Kaolinit	
			Cyanit		Hämatit		Hämatit	
			Ilmenit		Ilmenit		Ilmenit	
			Magnetit		Magnetit		Magnetit	
			Apatit		Apatit		Apatit	
					Calcit		Calcit	

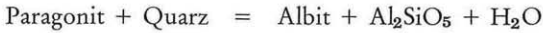
Für die Muskowitbildung gilt eine ähnliche Reaktionsgleichung:



Aus diesen Beobachtungen folgt, daß in den Cyanitparamorphoseschiefern und auch in den Gneisen die Reaktion, ALTHAUS et al. 1970,

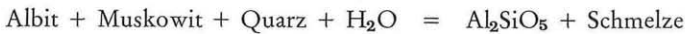


nicht abgelaufen, daß jedoch der letzte Akt der Metamorphose auf der Seite höherer Temperatur der Reaktion



erfolgt ist, Abb. 5, CHATTERJEE 1972.

Eine Einschränkung gegen höhere Temperaturen liefern die Kurve der Anatexis des Plattengneises nach PLATEN & HÖLLER 1966 sowie die Kurve der Reaktion



nach STORRE & KAROTKE 1971, da Schmelzerscheinungen nicht beobachtet werden. Die Lage der besprochenen Reaktionen ist in Abb. 5 dargestellt. Anhaltspunkte bezüglich des Druckes während der Metamorphose geben die Verhältnisse für die Al_2SiO_5 -Modifikationen nach ALTHAUS 1967, 1969 a, 1969 b und nach RICHARDSON et al. 1968, 1969. Bemerkenswert ist, daß der sich daraus ergebende Temperaturbereich, im untersten möglichen Druckbereich bei etwas über 5 Kb, nur etwa 30° C beträgt und nach oben, gegen höhere Drucke, noch schmaler wird. Eine mögliche Erklärung hiefür ist darin gegeben, daß die nach CHATTERJEE 1972 in Abb. 5 gezeichnete Kurve nur einen Mittelwert darstellt, die für den Beginn der Umwandlung gegen niedrigere Temperaturen um 20–25° C erweitert werden kann. Aus der Abb. 5 folgen dann für die beobachtete Paragenese Cyanit + Albit + Quarz Bildungsbedingungen von etwa 600° C bei 5Kb, 600–650° C bei 6 Kb und 620–650° C bei 7 Kb. So eng begrenzte Temperaturbedingungen für den gesamten Gesteinskomplex der Koralpe anzunehmen, ist natürlich unwahrscheinlich. Der Albitgehalt der Plagioklase (etwa 20% An) kann nicht ohne weiteres für die Reaktion Albit + Al_2SiO_5 = Paragonit + Quarz, CHATTERJEE 1972, herangezogen werden, so daß die entsprechende Kurve der Abb. 5 wohl für die Paragenese Cyanit + Albit + Quarz in den Cyanitparamorphosen enthaltenden Quarzgängen, nicht aber für die Gneise allgemein Geltung hat.

Ein Vergleich mit schon vorliegenden Bestimmungen der Entstehungsbedingungen der Gesteine der Koralpe liefert folgendes:

Stainzer Plattengneis	PLATEN & HÖLLER 1966	550–645° C, 8–10 Kb
Eklogite (Eklogitamphibolite)	HERITSCH 1973	500–600° C, 8–10 Kb
	RICHTER 1973	460–640° C, 5–8,5 Kb
Calcit-Dolomot-Marmor	HERITSCH 1978	500–600° C, mehr als 4–6 Kb
Gneise-Glimmerschiefer		mindestens um 560° C, mehr als 5 Kb
Paragenese Muskowit, Albit, Cyanit aus Cyanitparamorphoseschiefern		600–650° C, mehr als 5 Kb
Cyanit-Stauroolith-Chloritoid- Granatglimmerschiefer	HERITSCH & MÖRTL 1977	560–590° C, mehr als 5 Kb

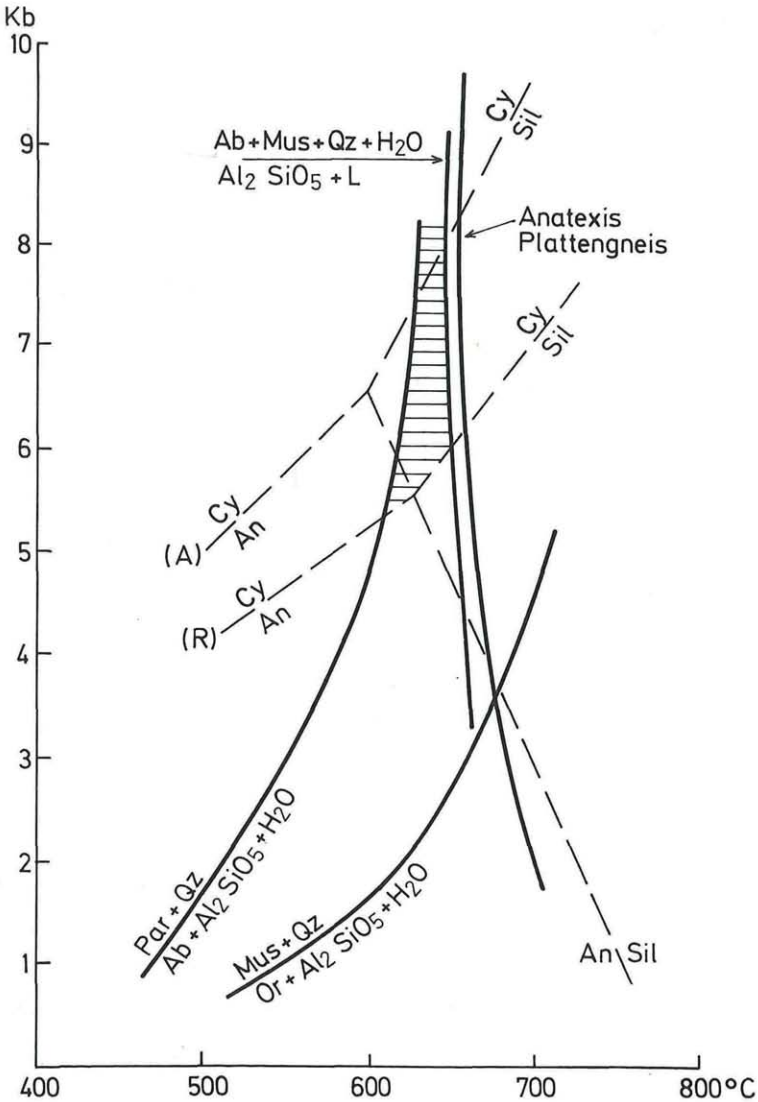


Abb. 5: Gleichgewichtsbedingungen einiger für die Metamorphose von Schiefergneisen-Glimmerschiefern der Koralpe wichtiger Reaktionen. Al₂SiO₅-Modifikationen nach ALTHAUS 1967, 1969 a, 1969 b (A) und nach RICHARDSON et al. 1968, 1969 (R); Paragonit + Quarz = Albit + Al₂SiO₅ + H₂O nach CHATTERJEE 1972; Muskowit + Quarz = Kalifeldspat + Al₂SiO₅ + H₂O nach ALTHAUS et al. 1970; Albit + Muskowit + Quarz + H₂O = Al₂SiO₅ + Schmelze nach STORRE & KAROTKE 1971; Anatexis des Plattengneises nach PLATEN & HÜLLER 1966. Der schraffierte Bereich entspricht den wahrscheinlichen Bildungsbedingungen der Paragenese Cyanit + Albit + Quarz + Muskowit, die in der Koralpe in Schiefen mit Cyanitparamorphosen nach Andalusit beobachtet werden kann.

Es ist natürlich keinesfalls zu erwarten, daß die einzelnen Druck- und Temperaturbedingungen innerhalb nur geringer Grenzen übereinstimmen; dazu ist der metamorphe Komplex viel zu groß. Doch geben die Zahlenwerte einen guten Überblick über die hier beschriebene Metamorphose. Die Metamorphose in der südlichen Koralpe im Gebiet des Jankitzkogels erfolgte bei kaum niedrigeren Temperaturen, HERITSCH & MÖRTL 1977. Die Aussagen über die Drucke sind von den derzeit schwer überblickbaren Verhältnissen bei den Al_2SiO_5 -Modifikationen abhängig, WINKLER 1976:91 ff.

Hinsichtlich des Ausgangsmaterials für die Gneise der Koralpe scheint doch ein feingeschichtetes Sediment vorgelegen zu sein, vgl. aber PLATEN & HÖLLER 1966. Jedenfalls ist es möglich, nicht nur das Mittel, sondern auch die gesamte Variationsbreite der Gneise und Glimmerschiefer aus entsprechenden Mineralien des Verwitterungszyklus zusammensetzen, wie das Abb. 6 zeigt: Als wichtigste Gemengteile sind demnach Illit und Chlorit anzusehen, vgl. GRIM 1968:554, wobei jedoch auch Vermiculit und Eisenoxide eine Rolle spielen können. Eine Einstreuung von Mikroklin und Kaolinit ist ebenso für einzelne Varianten gegeben. Die Einstreuung von Plagioklas und Quarz ist im Diagramm der Abb. 6 nicht wiederzugeben. Die Tabelle 1 enthält einen rechnerischen Vorschlag, der sowohl ein einheitliches Sediment wie auch ein Sediment mit Lagenbau berücksichtigt. Der Lagenbau muß allerdings als sehr fein angenommen werden (slate nach GRIM 1968:2), wie das ja auch bei alten Sedimenten vorkommt.

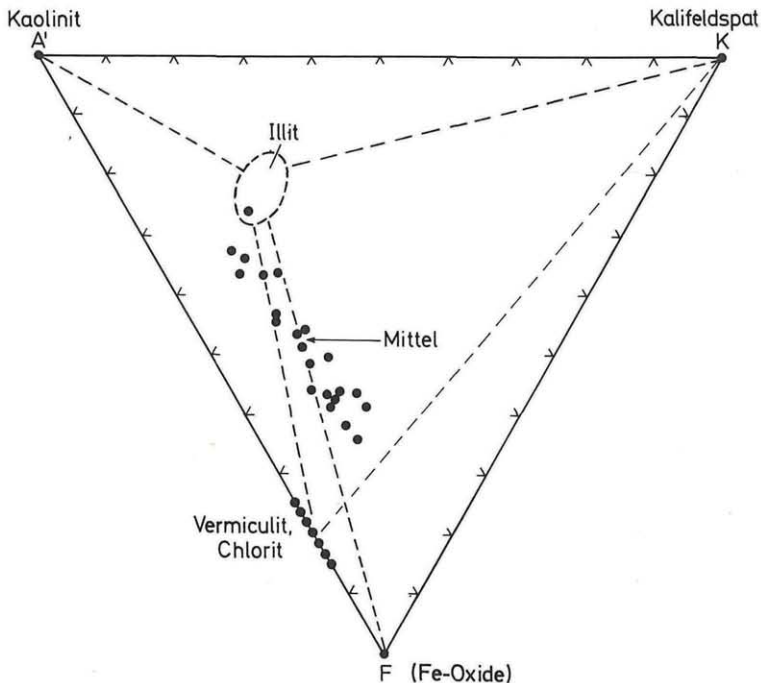


Abb. 6: In das A'KF-Dreieck nach Eskola sind wichtige Mineralien des Verwitterungszyklus eingetragen. Aus der Lage der Projektionspunkte von 22 chemischen Analysen von Schiefergneisen-Glimmerschiefern der Koralpe kann gesehen werden, daß diese Gesteine aus den beiden Hauptmineralien für Schiefertone, Illit und Chlorit, GRIM 1968:554, mit Einstreuungen von Kalifeldspat und Kaolinit \pm Erzen dargestellt werden können. Einstreuungen von Quarz und Plagioklas sind durch das verwendete Diagramm nicht erfäßbar.

Zur Deutung der Metamorphose der feingeschichteten ursprünglichen Sedimente ist nach den heutigen Kenntnissen folgendes zu berücksichtigen. Die Bildung von Mikroklin und Al_2SiO_5 -Modifikationen nach der Reaktionsgleichung Muskowit + Quarz = Kalifeldspat + Al_2SiO_5 + H_2O ist sicher nicht erfolgt, da Muskowit und Quarz im Kontakt reichlich in den Gesteinen vorkommen und Kalifeldspat und Cyanit in gegenseitiger Berührung nicht beobachtet werden, PLATEN & HÖLLER 1966, PACHER & RIEPL 1978 und die vorliegende Arbeit.

Ebenso ist eine Anatexis nicht eingetreten, PLATEN & HÖLLER 1966, eine Anatexis, die durch Schmelzvorgänge eine granitische Schmelze einem Al-reichen Restit gegenübergestellt hätte. Ein anderer Vorgang, der zu demselben Ergebnis geführt hätte, ist, auch experimentell, nicht bekannt und im Sinne des Gleichgewichtes innerhalb der möglichen Fazies sehr unwahrscheinlich.

Es wird jedoch folgende Möglichkeit im Hinblick auf unsere heutigen Kenntnisse vorgeschlagen. Als Ausgangsmaterial liegt also ein feinschichtiges Sediment vor, das schon von seiner sedimentären Anlage her Schichten mit Illit, Chlorit, Vermiculit, Erz, Kaolinit, Quarz und etwas Plagioklas (L1) und Schichten mit Plagioklas, Kalifeldspat, Quarz und etwas Illit (L2) aufweist. Aus den Schiefen mit Paramorphosen von Cyanit nach Andalusit kann geschlossen werden, daß zunächst eine Metamorphose unter verhältnismäßig niederen Drucken stattgefunden hat, entsprechend etwa der Quarz-Andalusit-Plagioklas-Chlorit-Subfazies oder der Andalusit-Cordierit-Muskowit-Subfazies des Abukuma-Typs, WINKLER 1967. Hier kann man annehmen, daß es zur Sammelkristallisation innerhalb der einzelnen Schichten kommen konnte; das führte einerseits zur Ausbildung großer Andalusitkristalle innerhalb der Schichten mit reichlich Kaolinit (L 1) oder auch in Quarz-Kaolinit-Schichten; andererseits kam es in Schichten mit reichlich Kalifeldspat- und Plagioklaseinstreuung (L 2) zur Entstehung von Augen dieser beiden Mineralien. Die Sammelkristallisation erreichte dabei auch pegmatitischen Charakter. Wesentlich ist, daß hierbei nicht an eine Stoffzufuhr gedacht werden muß. Vielleicht könnte man so diesen Vorgang der Sammelkristallisation mit dem von BECK-MANNAGETTA 1967 vorgeschlagenen Begriff der „venoiden Feldspatung“ in Verbindung bringen und damit eine neue Deutung geben.

Im Rahmen einer weiteren Steigerung der Metamorphosebedingungen gelangt der Gesteinskomplex unter die Bedingungen der Almandin-Cyanit-Muskowit-Subfazies, die nicht nur die Umwandlung des Andalusits in Cyanit bewirkt, sondern überhaupt den jetzigen Mineralbestand der Gneise bis Glimmerschiefer erzeugt. Im Zuge dieser Metamorphose werden die Augenbildungen in manchen Gneisen ausgewalzt, wodurch die hellen Lagen der Plattengneise entstehen, helle Lagen, die eben keiner anatektischen Schmelze in ihrer chemischen Zusammensetzung entsprechen, HERITSCH 1964, PLATEN & HÖLLER 1966, PACHER & RIEPL 1978. An den Schluß dieser Metamorphose sind jene Reaktionen zu stellen, die man an manchen Cyanitparamorphosen ablesen kann: Reaktionssäume von Albit zwischen Quarz und Cyanit und Muskowitbildung als Umhüllung von Cyanitparamorphosen.

Literatur

- ALTHAUS E. 1967. The Triple Point Andalusite-Sillimanite-Kyanite. – Contr. Miner. Petrol., 16:29-44.
- 1969a. Experimental evidence that the reaction of Kyanite to form Sillimanite is at least bivariant. – Amer. J. Sci., 267:273-277.
 - 1969b. Das System Al_2O_3 - SiO_2 - H_2O . Experimentelle Untersuchungen und Folgerungen für die Petrogenese der metamorphen Gesteine. – N. Jb. Miner. Abh., 111:74-161.

- 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. Mh., 1970:325-336.
- ANGEL F. 1940. Mineralfazien und Mineralzonen in den Ostalpen. – Wiss. Jb. Univ. Graz, 1940:251-304.
- MEIXNER H. & WALTER L. 1939. Über den Lehrausflug zur Kristallinsel von Radegund bei Graz, 26. August 1938. – Fortschr. Miner. Krist. Petr., 23:XLVII-LIV.
- BECK-MANNAGETTA P. 1967. Die „venoide“ Genese der Korallengneise. – Miner. Mittbl. Joanneum, 1967:6-10.
- 1970. Über den geologischen Aufbau der Koralpe. – Verh. Geol. Bundes-Anst., Wien, 1970:491-496.
- 1975. Der geologische Aufbau des steirischen Anteils der Koralpe in Grundlagen für Wasserversorgungswirtschaftliche Planungen in der Südweststeiermark, 2. Teil. – Ber. Wasserwirtschaftliche Rahmenplanung, Amt der Steierm. Landesregierung, 31:8-41.
- BECKER L. P. 1976. Gefügetektonische Studien an pegmatoiden Gneisen mit Plattengneistextur aus dem Gebiet östlich des Wölkerkogels (Stubalm, Steiermark). – Mitt. naturwiss. Ver. Steiermark, 106:39-49.
- CHATTERJEE N. D. 1972. The Upper Stability Limit of the Assemblage Paragonite + Quartz and Its Natural Occurrences. – Contr. Min. Petrol., 34:288-303.
- GRIM R. E. 1968. Clay Mineralogy, 2. Edit. – McGraw-Hill Book Company, New York–St. Louis–San Francisco–Toronto–London–Sydney.
- HERITSCH H. 1963. Exkursion in das Kristallin der Koralpe. – Mitt. naturwiss. Ver. Steiermark, 93:178-198.
- 1964. Vorbericht über Untersuchungen am Stainzer Plattengneis, Weststeiermark. – Anz. Österr. Akad. Wiss. Wien, math.-naturwiss. Klasse, 1964:317-318.
- 1973. Die Bildungsbedingungen von alpinotypem Eklogit amphibolit und Metagabbro, erläutert an Gesteinen der Koralpe, Steiermark. – Tschermaks Min. Petr. Mitt., 19:213-271.
- 1978. Regionalmetamorphose eines Marmor-Kalksilikatschiefer-Komplexes unter geringem Partialdruck von CO₂ in der Koralpe, Steiermark. – N. Jb. Miner. Abh., im Druck.
- & MÖRTL J. 1977. Die Bildungsbedingungen eines Disthen-Chloritoid-Stauroolith-Granatglimmerschiefers mit wesentlichem Paragonitgehalt von der Roßhütte, südliche Koralpe. – Mitt. naturwiss. Ver. Steiermark, 107:15-23.
- HOMANN O. 1962. Das kristalline Gebirge im Raume Pack-Ligist. – Miner. Mittbl. Joanneum, 1962:21-62.
- KIESLINGER A. 1926, 1927a, 1928. Geologie und Petrographie der Koralpe, I–IX. – Sitz.-Ber. Akad. Wiss. Wien, mathem.-naturwiss. Kl., Abt. I, 135:1-42, 135:479-497, 136:79-94, 136:95-104, 137:101-111, 137:123-142, 137:401-454, 137:455-480, 137:491-532.
- 1927b. Paramorphosen von Disthen nach Andalusit. – Sitz.-Ber. Akad. Wiss. Wien, mathem.-naturwiss. Klasse, Abt. I, 136:13-14.
- KLEINSCHMIDT G. & RITTER U. 1976. Geologisch-petrographischer Aufbau des Korallenkristallins südlich von Soboth/Steiermark–Kärnten (Raum Hühnerkogel–Laaken). – Carinthia II, 166/86:57-91.
- PACHER F. & RIEPL K. 1978. Über die chemische Zusammensetzung von Gneisen und Glimmerschiefen der Koralpe, Steiermark. – Mitt. naturwiss. Ver. Steiermark, 108:45-54.

- PLATEN H. v. & HÖLLER H. 1966. Experimentelle Anatexis des Stainzer Plattengneises von der Koralpe, Steiermark, bei 2, 4, 7 und 10 Kb H₂O-Druck. – N. Jb. Miner. Abh., 106:106-130.
- RICHARDSON S. W., BELL M. P. & GILBERT M. C. 1968. Kyanite-Sillimanite Equilibrium between 700° and 1500° C. – Amer. J. Sci., 266:513-541.
- GILBERT M. C. & BELL P. M. 1969. Experimental Determination of Kyanite, Andalusite and Andalusite-Sillimanite Equilibria; The Aluminium Silicate Triple Point. – Amer. J. Sci., 267:259-272.
- RICHTER W. 1973. Vergleichende Untersuchungen an ostalpinen Eklogiten. – Tschermarks Min. Petr. Mitt., 19:1-50.
- STORRE B. & KAROTKE E. 1971. Experimentelle Anatexis von Glimmerschiefern in Modellsystemen. – Fortschr. Miner. 49, Beih. 1:56-58.
- SYMPOSION 1962. Ein Vorschlag zur qualitativen und quantitativen Klassifikation der kristallinen Schiefer. – N. Jb. Miner. Mh., 1962:163-172.
- TOLLMANN A. 1977. Geologie von Österreich. Band 1. – Franz Deuticke, Wien.
- WICKMAN F. E. 1954. The „total“ amount of sediments and the composition of the „average igneous rock“. – Geochim. & Cosmochim. Acta, 5:97-110.
- WINKLER H. G. F. 1967. Die Genese der metamorphen Gesteine, 2. Aufl. – Springer-Verlag, Berlin-Heidelberg-New York.
- 1976. Petrogenesis of Metamorphic Rocks, 4. Edit. – Springer-Verlag, New York-Heidelberg-Berlin.

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