

Sitzung der mathematisch-naturwissenschaftlichen Klasse
vom 8. November 1974

Sonderabdruck aus dem Anzeiger der math.-naturw. Klasse der
Österreichischen Akademie der Wissenschaften, Jahrgang 1974, Nr. 12

(Seite 199 bis 207)

Das korr. Mitglied Eberhard Clar übersendet eine kurze
Mitteilung:

„Vorbericht über Untersuchungen zur Metamorphose im Raume Bischofshofen—Dienten—Saalfelden (Grauwackenzone/Nördliche Kalkalpen, Salzburg).“¹
Von Josef-Michael Schramm (Salzburg).

Im Rahmen des Forschungsschwerpunktes N 25 „Tiefbau der Ostalpen“ wird von der Arbeitsgruppe am Institut für Geologie und Paläontologie der Universität Salzburg die Metamorphose der Silikatgesteine und Erzminerale von der Basis der Nördlichen Kalkalpen bis in die tiefsten Einheiten der Ostalpen etwa im Meridian von Salzburg untersucht. An dieser Stelle sollen die bisher erzielten Ergebnisse vom Südrand der Nördlichen Kalkalpen dargestellt werden (Österreichische Karte 1:50.000, Blätter 124 und 125).

Bisher waren aus den südlichen Teilen der Salzburger Grauwackenzone bereits folgende Mineralvergesellschaftungen bekannt: in Diabasen: Albit, Chlorit, Epidot/Klinozoisit, Stilpnomelan; in Porphyroiden und Serizitschiefern: Albit, Stilpnomelan, (?) Chloritoid; in klastischen Sedimenten: Albit, Chlorit, Stilpnomelan, Chloritoid (K. F. Bauer & H. Loacker & H. Mostler, 1969:24). Die eben angeführten Mineralvergesellschaftungen lassen zumindest für den Südschnitt der Grauwackenzone auf niedrig-temperierte Grünschieferfazies schließen.

¹ Publikation Nr. 23 des Forschungsschwerpunktes N 25 „Tiefbau der Ostalpen“ des Fonds zur Förderung der wissenschaftlichen Forschung in Österreich; Arbeitsgruppe am Institut für Geologie und Paläontologie der Universität Salzburg.

Diese kann ohne Hiatus in die südlich der Salzach anschließende mesozoische Schieferhülle der mittleren Hohen Tauern verfolgt werden, leitet jedoch mit Annäherung an den Tauernhauptkamm zum höher-temperierten Teil der Grünschieferfazies über (G. Frasl, 1958; V. Höck, 1974 a: 261; V. Höck, 1974 b: 590).

Obwohl die anfangs erwähnten Mineralvergesellschaftungen der Gesteine nördlich der Salzachtal-Störung den südlich davon vorliegenden alpidischen Mineralparagenesen entsprechen, haben J. G. Haditsch & H. Mostler (1967:189) und K. F. Bauer & H. Loacker & H. Mostler (1969:25) die berechtigte Frage nach der Gleichaltrigkeit der Metamorphose (niedrig-temperierte Grünschieferfazies) im Norden und Süden der Salzachtal-Störung gestellt. Jedenfalls war es bisher nicht möglich, in der Grauwackenzone eine variscische Metamorphose abzutrennen. Diese Frage muß vorläufig offenbleiben.

Nun wurden Proben aus variscischen (Nordrand der Grauwackenzone) und postvariscischen Sedimenten (Südrand der Nördlichen Kalkalpen) entnommen, die aus folgenden vom Ordovicium bis in das Skyth reichenden stratigraphischen Niveaus stammen: Wildschönauer Schiefer, violette Serie; Basalserie, grüne Serie, Permoskyth-Sandstein und Werfener Schichten (Tabelle 1).

Tabelle 1.

Mineralogische Zusammensetzung von Gesteinen der Grauwackenzone und der Nördlichen Kalkalpen zwischen Bischofshofen und Saalfelden (Salzburg).

		Qu	Mus	Chl	Ctd	Pyro	Plag	Dol	Häm	Py
postvarisc. Sedimente	Werfener Schichten (Pichlalm)	+	+			+		?		+
	Permoskyth-Sandstein (Baleitenkopf)	+	+	+		+		+		+
	Grüne Serie (Hochkeil)	+	+	+						
	(Filzkopf)	+	+	+						+
	Basalserie (Filzensattel)	¹ + ² +	+	+	+			+	+	+

		Qu	Mus	Chl	Ctd	Pyro	Plag	Dol	Häm	Py
varisc.	Violette Serie (Hochkeil)	+	+	+	+	+				+
	Wildschönauer Schiefer (Gahbühel)	+	+	+	+					+

Erläuterung: Qu = Quarz, Mus = Kaliumglimmer (2 M-Polytyp),
Chl = Chlorit, Ctd = Chloritoid, Pyro = Pyrophyllit,
Plag = Na-reicher Plagioklas (Albit), Dol = Dolomit,
Häm = Hämatit, Py = Pyrit.

¹ ... Komponenten }
² ... Bindemittel } der Basalserie.

In den Metapeliten und -psammiten wurden folgende Paragenesen festgestellt:

Postvariscische (alpidische) Sedimente

Chlorit-Muscovit-Quarz-Hämatit
Muscovit-Pyrophyllit-Quarz-Hämatit
Chlorit-Muscovit-Pyrophyllit-Quarz-Hämatit

Variscische (präalpidische) Sedimente

Chlorit-Muscovit-Quarz-Hämatit
Chlorit-Pyrophyllit-Quarz
Chloritoid-Pyrophyllit-Quarz-Hämatit
Chlorit-Chloritoid-Muscovit-Quarz-Hämatit
Chlorit-Chloritoid-Muscovit-Pyrophyllit-Quarz-Hämatit
Chloritoid-Muscovit-Pyrophyllit-Quarz.

Sämtliche hier angeführten Muscovite liegen als Kaliumglimmer (2 M-Polytypen) vor, jedoch konnte eine mögliche Phengit-Komponente einstweilen nicht erfaßt werden, da die Kaliumglimmer weder auf ihre Gitterkonstanten untersucht noch chemisch analysiert worden sind. Das Fehlen von Albit und Paragonit in den hier angeführten Paragenesen ist auf das niedrige Na/K-Verhältnis in den Sedimenten zurückzuführen (Tabelle 2). Das vorhandene Na dürfte in den Hellglimmern zu finden sein.

Tabelle 2.
Ergebnisse von Analysen² von Proben aus den Wildschönauer
Schiefern und der grünen Serie.

	Sch 72	Sch 73	Sch 83
SiO ₂	56,05	62,15	53,31
TiO ₂	1,26	0,50	0,89
Al ₂ O ₃	20,77	18,47	22,57
Fe ₂ O ₃ ³	7,21	5,69	5,39
MnO	0,01	0,02	0,01
MgO	2,65	4,00	6,29
CaO	0,14	0,08	0,14
Na ₂ O	0,95	0,18	0,25
K ₂ O	4,88	4,86	5,98
P ₂ O ₅	0,16	0,07	0,16
	94,08	96,02	94,99

Sch 72: Wildschönauer Schiefer (Straßenanschnitt bei Schmidau südlich Maria Alm).

Sch 73: Wildschönauer Schiefer (300 m nördlich Unterberg bei Maria Alm).

Sch 83: Grüne Serie (nördlich Hochkeil).

Analysen: G. Andorfer, I. Sacher.

Am auffälligsten sind postkinematisch gesproßter Chloritoid und Stilpnomelan, die sowohl nördlich als auch südlich der Salzachtal-Störung auftreten und südlich davon sichere, im Norden dieser vermutlich ebenfalls alpidische Neubildungen sind (K. F. Bauer & H. Loacker & H. Mostler, 1969). Da nun von G. Gabl (1964:17) in den altpaläozoischen Wildschönauer Schiefern des Raumes Mühlbach (also vom Nordrand der Grauwackenzone) Neusprossungen von Chloritoid beschrieben worden sind und L. Weber & F. Pausweg & W. Medwenitsch (1973:143) auf „quer zur Schichtung aufgewachsene Chloritoid“ in Phylliten der violetten Serie hingewiesen haben, ist die Frage aufgetaucht, wie weit im Norden die Grenze Diagenese—Metamorphose verläuft und welche metamorphen Mineralneubildungen in Gesteinen der Nördlichen Kalkalpen auftreten. Hält man sich dabei an die Grenzziehung H. G. F. Winklers (1967:153), dann hat die Metamorphose begonnen, „d. h. der Bereich der Diagenese ist überschritten, wenn Mineralvergesellschaftungen

² Diese Analysen sind naßchemisch (Atomabsorption und Spektralphotometer) erstellt worden. H₂O- und CO₂-Anteile können im Salzburger Institut derzeit noch nicht bestimmt werden.

³ Alles Fe als Fe₂O₃ bestimmt.

innerhalb eines P-T-Bereiches gebildet werden, die nicht im sedimentären Bereich entstehen können, oder wenn eine nur in Sedimenten vorkommende Mineralvergesellschaftung verschwindet“. Nach den Untersuchungen M. Freys (1970: 268) ist der Beginn der Anchimetamorphose in Peliten (Tongesteine und Mergel) u. a. durch den Ablauf folgender (nach rechts verlaufender) Reaktion gekennzeichnet:

mixed-layer Illit/Montmorillonit \rightleftharpoons Al-reicher Chlorit + Phengit + Quarz + Wasser.

Als weitere Kriterien für den Beginn der Anchimetamorphose gelten die Bildung von Pyrophyllit (nach der bekannten unten zitierten Reaktionsgleichung), die Zunahme der Illit-Kristallinität (Kubler-Index $< 7,5$ nach M. Frey, 1970:277) sowie das Auftreten von Paragonit/Phengit und Paragonit (M. Frey, 1970; N. D. Chatterjee, 1973).

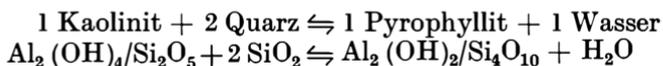
In diesem Zusammenhang kommt den am Hochkeil aus sandigen Schiefen entnommenen Proben einige Bedeutung zu. Die Probenentnahmestelle liegt nur rund 2 km südlich von Gutensteiner Dolomit. Nach der geologischen Karte des Gebietes um Mühlbach 1:50.000 von G. Gabl (1964) handelt es sich um Gesteine der violetten Serie.

Diese zeigen bis zu 0,5 mm große postkinematisch gesproßte Chloritoide. Es konnte auch erstmals als gesteinsbildender Gemengteil in einem Sediment der Grauwackenzone röntgenographisch Pyrophyllit (mit Hilfe der Reflexe bei 9.19, 4.59 und 3.50 Å festgestellt) nachgewiesen werden. Pyrophyllit ist besonders häufig in den Partien vertreten, die L. Weber & F. Pausweg & W. Medwenitsch (1973:143) als „linsige Knollen von bis 3 cm Längserstreckung“ beschreiben, „deren limonitisch rostig zerfallender Inhalt noch unbestimmt ist“. Diese lichtoptisch unauflösbaren Partien setzen sich überwiegend aus Pyrophyllit und wenig Hämatit (teilweise hydratisiert) sowie untergeordnet Quarz, Kaliumglimmer (2 M-Polytyp) und vereinzelt Chloritoid zusammen. Eine Verwechslung der hier dargestellten Pyrophyllite mit dem von H. Meixner (1961:1) aus „gebleichten Salbandschiefern“ von Mühlbach beschriebenen Chrom-Pyrophyllit ist ausgeschlossen. Bei diesem schon makroskopisch erkennbaren Mineral handelt es sich jedoch um eine typische Kluffbildung.

In Bindemittel und Komponenten der Basalserie (Unterperm) sowie den der grünen Serie (Oberperm) entsprechenden Schiefen (J.-M. Schramm, 1974:35) konnte trotz umfang-

reicher Untersuchungen einstweilen kein Pyrophyllit festgestellt werden. Jedoch gelang es, in den über der Basalserie folgenden serizitreichen Partien von Permoskyth-Sandstein nordwestlich des Baleitenkopfes Pyrophyllit nachzuweisen. Schließlich sind fossilbelegte Werfener Schichten nordwestlich der Pichlalm (J.-M. Schramm, 1973:284) das vorläufig höchste stratigraphische Niveau, in welchem Pyrophyllit in tonigen Partien röntgenographisch festgestellt werden konnte. Der in Permoskyth-Sandstein und Werfener Schichten vorliegende Pyrophyllit kann sich nur alpidisch neugebildet haben, und zwar am wahrscheinlichsten in Zusammenhang mit einer Metamorphose. W. v. Engelhardt (1973:320) begründet die Seltenheit von diagenetisch gebildetem Pyrophyllit damit, „daß der Kaolinit in großen Versenkungstiefen meist nicht mehr vorhanden ist. Das durch die diagenetischen Reaktionen in Chlorite oder Glimmer eingebaute Aluminium steht für eine Pyrophyllitbildung offenbar nicht mehr zur Verfügung“. Äußerst unwahrscheinlich ist auch klastisch in das Sediment gelangter Pyrophyllit, da dieser im sedimentären Bereich instabil ist.

Die von R. M. Carr & W. S. Fyfe (1960) beschriebene Reaktion



kennzeichnet nach H. G. F. Winkler (1967) den unteren Beginn seiner Grünschieferfazies. E. Althaus (1969:91) konnte die untere Stabilitätsgrenze von Pyrophyllit experimentell bei 2000 bar und $390 \pm 10^\circ \text{ C}$ feststellen, nach A. B. Thompson (1970:456) wird das Gleichgewicht für die vorhin angeführte Reaktion bei 2000 bar und $345 \pm 10^\circ \text{ C}$ erreicht. Diese unterschiedlichen Werte für die Reaktion $1 \text{ Kaolinit} + 2 \text{ Quarz} \rightleftharpoons 1 \text{ Pyrophyllit} + 1 \text{ Wasser}$ sind eventuell auf verschiedenes Ausgangsmaterial (besonders Pyrophyllit) zurückzuführen (P. E. Rosenberg, 1974). Die Untersuchungen M. Freys (1970:278) von obertriassischen Quartenschiefern in den nördlichen Glarner Alpen (Schweiz) haben gezeigt, daß dort Pyrophyllit — abweichend von den Ergebnissen der experimentellen Untersuchungen über die untere Pyrophyllit-Stabilität — schon bei Temperaturen von etwa 200° C stabil ist. In den liassischen Schwarzschiefern dürfte die Pyrophyllit-Stabilität durch den großen CH_4 -Anteil der Gasphase erniedrigt worden sein (M. Frey, 1974: briefliche Mitteilung). Da in den hier erwähnten pelitischen bis psammitischen Gesteinen der Grauwackenzone und Nörd-

lichen Kalkalpen (karbonatfrei bis -arm) kein hoher CO_2 -Partialdruck zu erwarten ist und nur fallweise Spuren von kohligter Substanz auftreten, die somit keine weiteren wesentlichen die Gasphase zusammensetzenden Komponenten bedingen, bedeutet dies, daß wahrscheinlich $P_{\text{H}_2\text{O}}$ gleich P_{tot} ist. Hier am Südrand der Nördlichen Kalkalpen könnte ein bei Annahme einer ursprünglich 6000—8000 m mächtigen Überlagerung entsprechender Druck von 2000 bar tatsächlich realisiert worden sein. Ebenso könnten entsprechend den experimentellen Untersuchungen der oben erwähnten Autoren Temperaturen zwischen 350 und 400° C erreicht worden sein, die in den Al-reichen und K-armen Tonen und Tonschiefern im Bereich der Werfener Schichten die Bildung von Pyrophyllit ermöglichten.

Die Teilparagenesen Quarz-Chlorit-Pyrophyllit bzw. Quarz-Chloritoid-Pyrophyllit sowie Quarz-Chlorit-Chloritoid könnten darauf hindeuten, daß Chloritoid und Pyrophyllit entsprechend der Reaktion

Chlorit + Pyrophyllit \rightleftharpoons Chloritoid + Quarz + Wasser (E-An Zen, 1960:163) miteinander verbunden sind. Diese Reaktion würde bereits am Nordrand der Grauwackenzone ablaufen. Um allerdings Einblick in den genauen Ablauf dieser Reaktion und ihrer Verbreitung zu gewinnen, sind noch detaillierte Untersuchungen vonnöten.

Es kann zusammengefaßt werden, daß über eine epizonale Umwandlung der nördlichsten Gesteine der Grauwackenzone hinausgehend auch noch anchizonale Metamorphose zumindest den Permoskyth-Sandstein und die Werfener Schichten am Kalkalpensüdrand zwischen Salzach und Saalach erfaßt hat. Die Untersuchungen werden vom Verfasser fortgeführt.

Herrn Prof. Dr. G. Frasl, Herrn Dr. V. Höck und Herrn Dr. M. Frey gilt mein Dank für zahlreiche Anregungen, Diskussionen und kritische Durchsicht meines Manuskriptes. Herrn Prof. Dr. G. Frasl danke ich überdies für die Überlassung von Probenmaterial aus der violetten Serie. Dem „Fonds zur Förderung der wissenschaftlichen Forschung in Österreich“ sei für die finanzielle Unterstützung gedankt.

Literatur

Althaus, E., 1969: Das System Al_2O_3 — SiO_2 — H_2O . Experimentelle Untersuchungen für die Petrogenese der metamorphen Gesteine. I. Apparative und experimentelle Grundlagen; die Stabilitätsbedingungen der hydroxylhaltigen Aluminiumsilikate. — N. Jb. Min., Abh., 111, 74—110, Stuttgart.

Bauer, K. F. & Loacker, H. & Mostler, H., 1969: Geologisch-tektonische Übersicht des Unterpinzgaues, Salzburg. — Veröff. Univ. Innsbr. 13, Alpenkundl. Stud. VI, 30 S., 5 Abb., 2 Tab., 1 geol. Kt. 1:50.000, Innsbruck.

Carr, R. M. & Fyfe, W. S., 1960: Synthesis fields on some aluminium silicates. — Geochim. et Cosmochim. Acta, 21, 99—109, Oxford.

Chatterjee, N. D., 1973: Low-Temperature Compatibility Relations of the Assemblage Quartz-Paragonite and the Thermodynamic Status of the Phase Rectonite. — *Contr. Mineral. and Petrol.*, **42**, 259—271, 4 Fig., Berlin.

Engelhardt, W. v., 1973: Die Bildung von Sedimenten und Sedimentgesteinen. — *Sediment-Petrologie von W. v. Engelhardt, H. Füchtbauer, G. Müller. Teil III.* 378 S., 133 Abb., 55 Tab., Stuttgart (Schweizerbart).

Frasl, G., 1958: Zur Seriengliederung der Schieferhülle in den mittleren Hohen Tauern. — *Jb. GBA*, **101**, 323—472, 1 Taf., 4 Abb., Wien.

Frey, M., 1970: The step from diagenesis to metamorphism in pelitic rocks during Alpine orogenesis. — *Sediment.*, **15**, 261—279, 10 Fig., 1 Tab., Amsterdam.

Gabl, G., 1964: Geologische Untersuchungen in der westlichen Fortsetzung der Mitterberger Kupfererzlagerstätte. — *Arch. f. Lagerstättenf. i. d. Ostalp.*, **2**, 2—31, 8 Abb., 1 geol. Kt. 1:50.000, Leoben.

Haditsch, J. G. & Mostler, H., 1967: Die Bleiglanz-Zinkblende-Lagerstätte Thumersbach bei Zell am See (Nördliche Grauwackenzone, Salzburg). — *Arch. f. Lagerstättenf. i. d. Ostalp.*, **5**, 170—191, 8 Abb., 4 Taf., Leoben.

Höck, V., 1974 a: Coexisting Phengite, Paragonite and Margarite in Metasediments of the Mittlere Hohe Tauern, Austria. — *Contr. Mineral. and Petrol.*, **43**, 261—273, 7 Fig., 1 Tab., Berlin.

Höck, V., 1974 b: Zur Metamorphose mesozoischer Metasedimente in den mittleren Hohen Tauern (Österreich). — *SMPM*, **54**, 567—593, 10 Fig., 5 Tab., Zürich.

Hoschek, G., 1967: Untersuchungen zum Stabilitätsbereich von Chloritoid und Staurolith. — *Contr. Mineral. and Petrol.*, **14**, 123—162, 16 Abb., 4 Tab., Berlin.

Meixner, H., 1961: Chrom-Pyrophyllit aus der Cu-Lagerstätte von Mühlbach/Hochkönig (Salzburg) und Betrachtungen zur Entstehung von Al-Silikaten bei der Vererzung und bei späterer Verwitterung in einigen Vorkommen der Ostalpen. — *Chemie d. Erde*, **21**, 1—4, Jena.

Rosenberg, P. E., 1974: Pyrophyllite Solid Solutions in the System $Al_2O_3-SiO_2-H_2O$. — *Amer. Mineralogist*, **59**, 254—260, 2 Fig., Washington.

Schramm, J.-M., 1973: Magnesitkomponenten in der Basalbrekzie (? Unter-Rotliegend) östlich Saalfelden (Salzburg). — *Veröff. Univ. Innsbr.*, **86**, Festschrift Heißel, 281—288, 3 Abb., Innsbruck.

Schramm, J.-M., 1974: Geologische Untersuchungen im Raume Saalfelden—Filzensattel—Dienten (Grauwackenzone/Nördliche Kalkalpen, Salzburg). — *Diss. phil. Fak.*, 100 S., 22 Abb., 3 Beil., 6 Tab., Innsbruck.

Thompson, A. B., 1970: A note on the kaolinite-pyrophyllite equilibrium. — *Am. Journ. Sci.*, **268**, 454—458, New Haven.

Weber, L. & Pausweg, F. & Medwenitsch, W., 1973: Zur Mitterberger Kupfervererzung (Mühlbach/Hochkönig, Salzburg). Zweiter Diskussionsbeitrag. — *Mitt. Geol. Ges. Wien*, **65**, Jg. 1972, 137—158, 2 Beil., 3 Phot., Wien.

Winkler, H. G. F., 1967: Die Genese der metamorphen Gesteine. — 2. Aufl., 237 S., 53 Fig., 12 Tab., Berlin (Springer).

Zen, E.-An., 1960: Metamorphism of Lower Paleozoic rocks in the vicinity of the Taconic range in West-Central Vermont. — *Amer. Mineralogist*, **45**, 129—175, Washington.

Zen, E.-An., 1961: Mineralogy and petrology of the system $Al_2O_3-SiO_2-H_2O$ in some pyrophyllite deposits of North Carolina. — *Amer. Mineralogist*, **46**, 52—66, 3 Fig., 1 Tab., Washington.