

Carinthia II	180./100. Jahrgang	S. 385–404	Klagenfurt 1990
--------------	--------------------	------------	-----------------

Chloritoid im Umkreis der östlichen Hohen Tauern

Von Christof EXNER

Mit 2 Abbildungen

Kurzfassung: Es wird das Auftreten des Minerals Chloritoid in Gesteinen verschiedener geologischer Position in den östlichen Hohen Tauern und deren Umgebung beschrieben. Beziehungen zur Deformation der Gesteine werden analysiert. Blastese und postkristalline Deformation des Chloritoids sowie seine Verdrängung durch Chlorit, Opazit, Hellglimmer und Quarz sind den jeweiligen geologischen Bedingungen angepaßt. Paragenese des Chloritoids mit Disthen und Granat, jedoch polymetamorphe Altersunterschiede gegenüber den Gefügegenossen: Staurolith, Biotit und Stilpnomelan werden hervorgehoben.

Abstract: The occurrence of chloritoid is described in some rocks of different geological position in the eastern Hohe Tauern and their surroundings. The relation to the deformation of the rocks is analyzed. Blastesis of chloritoid, post-crystalline deformation and replacement by chlorite, opacite, white mica and quartz are connected with the respective geological conditions. We find here paragenesis of chloritoid with kyanite and garnet, but difference of the age of crystallization relative to staurolite, biotite and stilpnomelane in chloritoid-bearing rocks.

EINLEITUNG

Wenn der Geologe in den Alpen das nur wenige mm große stahlschwarze, den Schichtsilikaten nahestehende Fe(Mg)Al-Silikat Chloritoid auf den Schieferflächen entdeckt, betrachtet er es meist überrascht, nimmt eine diesbezügliche Gesteinsprobe mit und denkt über die geologische Position dieses nicht allzu häufigen Gesteinsgemengteiles nach.

Es vermittelt ihm zweierlei Auskunft: Erstens stellt es ein typisches Mineral der metamorphen Epizone (Grünschieferfazies) dar und ist in den meisten Fällen des hier zu behandelnden Teilgebietes der Alpen während der alpidischen Gesteinsmetamorphose (Kreide und Tertiär) gewachsen.

Zweitens erfordert seine Bildung ein spezielles chemisches Milieu mit großem Fe:Mg-Verhältnis, relativ hohem Al-Gehalt und mit niedrigen K- und Na-Werten in der betreffenden silikatischen Muttersubstanz (Edukt).

Als solche kommen Fe-reiche Tone, unreine Quarzsande und seltene Mergel als sedimentäre Ausgangsgesteine in Betracht, die dann im Zuge der Epimetamorphose den Chloritoid im betreffenden metamorphen

Schiefer (Phyllit, Glimmerschiefer, unreinen Quarzit und kalkarme Lagen in Kalkphyllit und Kalkglimmerschiefer) liefern. Das entsprechende chemische Milieu kann aber erst während der Gebirgsbildung durch sogenannte metamorphe Differentiation örtlich durch Stoffwanderung an intensiven tektonischen Bewegungszonen mit der Bildung von Phylloniten entstanden sein. Das sind phyllitähnliche Gesteine, die z. B. aus zerscheren Gneisen im Zuge des Zerfalles der Feldspate und Anreicherung von Hellglimmer und Quarz hervorgehen. Schließlich gibt es noch die regressive (rückschreitende) Gesteinsmetamorphose, deren klassisches Beispiel die Bildung des Chloritoids auf Kosten eines älteren Stauroliths darstellt. In der Ostalpinen Decke von der Silvretta bis zum Alpenstrand findet man besonders in Granatglimmerschiefern die Hellglimmerpseudomorphosen nach Staurolith, in denen die dem Staurolith chemisch verwandten winzigen Chloritoide vorkommen. Diese sind zumeist während der alpidischen Gebirgsbildung sekundär epimetamorph aus den voralpidischen (variszischen oder älteren) mesometamorphen Staurolithen (Amphibolitfazies) im Zuge regressiver Metamorphose hervorgegangen.

Die Tatsache, daß das Mineral Chloritoid nur in Metamorphiten (metamorphen Schiefern) vorkommt und auch in diesen nicht allzu häufig ist, sondern an charakteristische geologische Zonen (Streifen) gebunden auftritt, und schließlich, daß seine geologische Genese variiert, machen dieses Mineral in erdgeschichtlicher Hinsicht interessant. Darum hat man in den Ostalpen in den letzten Jahren bereits mit geologisch-petrographischen Übersichtsdarstellungen der Vorkommen des Chloritoids als gesteinsbildender Gemengteil begonnen: Zunächst vortastend und recht unvollständig für den Gesamttraum der Ostalpen (CADAJ, 1973), dann sehr präzise und geologisch wichtige Ergebnisse bringend für die Ostalpine Decke im östlichen Kärnten (KLEINSCHMIDT, 1979) und schließlich in einem skizzenhaften Ansatz auch für das gesamte Tauernfenster (HÖCK, 1980).

Mit den folgenden Ausführungen bemühe ich mich, auf Grund eigener feldgeologischer und Literatur-Kenntnis die geologischen Streifen, in denen Chloritoid im westlichen Kärnten und in den angrenzenden salzburgischen Gebieten auftritt, zu markieren und ihre Charakteristika herauszuarbeiten. Es mag dies eine wünschenswerte Grundlage für Petrologen und auch ein Baustein zur Weiterarbeit für Geologen in diesem schönen Gebirge darstellen. Es handelt sich um die Hohen Tauern östlich der Großglockner-Hochalpenstraße und angrenzende Regionen im Salzach- und Ennstal, Radstädter, Schladminger Tauern und Nockgebiet.

GEOLOGISCHE POSITION, AUSBILDUNG UND MINERALASSOZIATION

Abb. 1 zeigt Fundpunkte des Chloritoids in Gesteinen verschiedener geologischer Position, welche im folgenden Text, geordnet nach den

Ziffern 1 bis 11, skizziert werden. Als begleitende Hilfsmittel können diverse geologische Karten (z. B. Sonnblickgruppe, Umgebung von Gastein, Hafnergruppe, Mittlerer Lungau, Nordrahmenzone zwischen Gastein und Großarlal usw.) herangezogen werden.

Für jede der 11 Positionen werden nach Möglichkeit charakteristische Ausbildungsformen des Chloritoids, interessante Begleitminerale, eventuelle genetische Interpretationen, Literaturhinweise und Vergleiche mit Nachbargebieten mitgeteilt. Aus der großen Zahl bekannter Fundorte werden nur einige Beispiele gebracht. Das Kriterium der Auswahl dieser Beispiele sind interessante Ausbildungen, in der Literatur vorliegende, möglichst vollständige Petrographie der betreffenden Gesteinsprobe und exakte Fundortangabe. Auch die Pioniere unserer Wissenschaft werden nicht vergessen. Die Abkürzung „Se“ bedeutet Dünnschliffsammlung EXNER.

Position 1: Transgressives Sediment-Dach im Norden über dem Zentralgneis.

Die betreffenden chloritoidführenden Gesteine treten im Liegenden der Angental-Silbereck-Marmore auf. Es handelt sich um Serizit-Quarz-

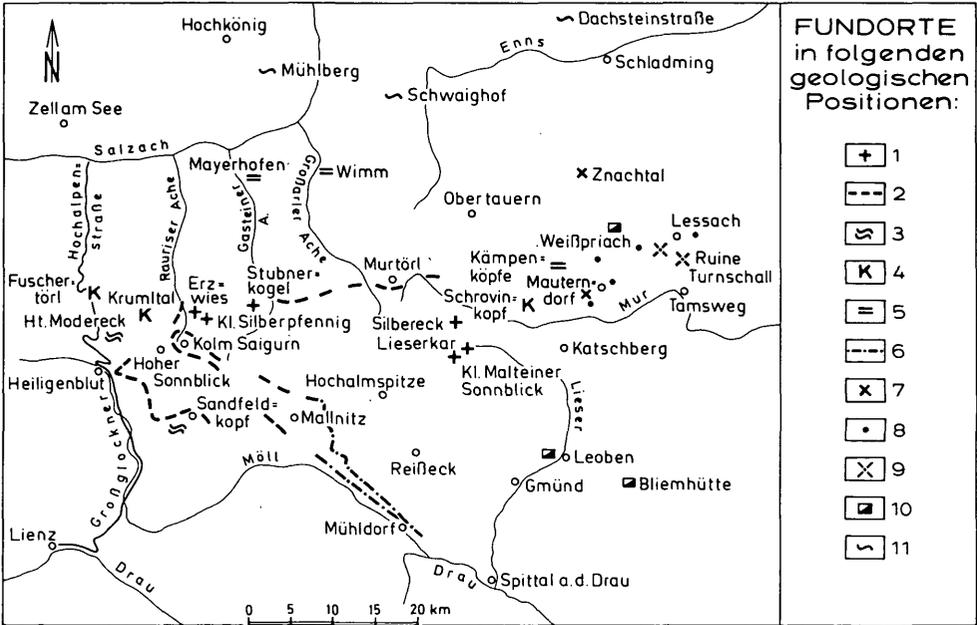


Abb. 1: Kartenskizze einiger Chloritoid-Fundpunkte mit geologischer Zuordnung. Die Positionen 1 bis 11 sind im Text erläutert.

Schiefer („Weißschiefer“) mit bis 5 mm großen Chloritoid- und bis 30 mm langen Disthenblasten. Berührungsparagenese von Chloritoid mit Disthen ist vorhanden (Beispiele Se 1143 und 1162). Absolut fehlen Biotit und Feldspat. An einer Stelle finden sich in diesem Weißschiefer bei fehlendem Disthen jedoch 15 mm große Granatblasten in Berührungsparagenese mit Chloritoid (Se 1692) und mit Einschlüssen von Chloritoid.

Querchloritoide mit Einschlusszügen von Opazit und Quarz besitzen einschlußfreien Randsaum parallel (001). Siehe Abb. 2, Figur 1! Spätdeformation des Gesteines hat den Chloritoid gequält (gekrümmte Spaltrisse und gekrümmte polysynthetische Zwillingslamellen) und zu Bruchstücken zerrissen (Figur 2).

Genetisch ist der Weißschiefer als alpidischer Phyllonit nach Granitgneis am Reibungsteppich längs der sedimentären Transgressionsfläche der permo-triadischen Schichten (Basis der Angertalmarmor-Silbereck-Serie) über dem variszischen Granit aufzufassen. Eventuell könnten auch permische lateritische Böden als Edukt mitwirken. Dies ist besonders für den magnetitreichen Chloritoid-Serizit-Quarzschiefer (Se 1247) wahrscheinlich.

Zum Vergleich: In den mittleren Hohen Tauern macht FUCHS (1958, p. 209, 223) auf das Vorkommen von Chloritoid an phyllitischer Bewegungszone aufmerksam.

Fundpunkte

Serizit-Quarz-Schiefer mit 4 mm großem Chloritoid und 15 mm langem Disthen. Kleine Silberfennig-S-Flanke bei Gastein. EXNER, 1957, Tafel VI, Fig. 2, Signatur 1 b. MALECKI, 1972, p. 33, Abb. 8.

Serizit-Quarz-Schiefer mit 3 mm großem Chloritoid und 30 mm langem Disthen. Erzwives bei Gastein, NW P. 2531. EXNER, 1957, Tafel VI, Fig. 2, Signatur 3 a.

Chloritoidphyllit. Zwischen Angertalmarmor. Stubnerkogel-WNW-Flanke bei Gastein. EXNER, 1957, Tafel VI, Fig. 3, Signatur 2 a.

Magnetitführender Serizit-Quarz-Schiefer mit 3 mm großem Chloritoid. „Magnetitscharte“ am Silbereck-NE-Grat, 125 m NE P. 2786, Hafnergruppe. EXNER, 1982, p. 104 und Tafel 3, Signaturen 17 c und e. Se 1247.

Serizit-Quarz-Schiefer mit 5 mm großem Chloritoid und 30 mm langem Disthen. E-Flanke des Lieserkares in SH. 2280 m, am Fuße der Felswand, Hafnergruppe. EXNER, 1982, p. 99–100. Se 1143 und 1162.

Serizit-Quarz-Schiefer mit 7 mm großem Chloritoid und 15 mm großem Granat. Basis der erosiven Deck-Kappe des Silbereckmarmors am ESE-Grat des Kleinen Malteiner Sonnblicks in SH. 2740 m, Hafnergruppe. EXNER, 1982, p. 100. Se 1164 und 1692.

Serizit-Quarz-Schiefer mit 8 mm großem Chloritoid. 100 m W des vorgenannten Fundpunktes, Basis der genannten erosiven Deck-Kappe, jedoch im Abhang zum Melnikkar, 520 m ESE Kleiner Malteiner Sonnblick, Hafnergruppe. Nach ANGEL & WEBER, 1971, gab es hier neben 6 cm großen Chloritoidtafeln („handtellerergroßen“, RAMDOHR & STRUNZ, 1978, p. 684) auch Stauroolith, welchen ich nicht wiederfinden konnte. Eventuell liegen Druckfehler vor. EXNER, 1982, p. 100. Se 878 und 885.

Position 2: Heller („mineralreicher“) Glimmerschiefer der basalen Schieferhülle in der Mallnitzer Mulde, längs des N-Randes der Hochalm-Ankogel-Gruppe (Gastein bis Murtörl) und längs des W-Randes der Sonnblick-Granitgneis-Walze.

Das Edukt ist ein wahrscheinlich jungpaläozoisches tonig-sandiges Schichtglied, das heute in Form alpidischer tektonischer Schuppen und Decken, nicht weit entfernt vom Zentralgneis vorliegt. Es sind Hellglimmer-Quarz-Schiefer mit 4 mm großen Blasten von Chloritoid, Granat und Chlorit.

Charakteristisch ist wiederum das Fehlen von Biotit. Der Chloritoid tritt in Berührungsparagenese mit Granat auf und wird zusätzlich auch von Granat umschlossen. Chloritoid führt nur feine Opaziteinschlüsse; Granat hingegen auch große sammelkristallisierte Opazite. Beides spricht dafür, daß die Kristallisation des Granates örtlich die des Chloritoides zeitlich überdauert hat. Beispiele: Se 918 und 932. Abb. 2, Figur 4!

Späte regressive Metamorphose wirkt an der SW-Flanke der Sonnblick-Granitgneis-Walze im Einzugsgebiet des Mölltales kräftig. Dort kommt es zu postkristalliner Deformation des Chloritoids. Es bilden sich auch Pseudomorphosen von Hellglimmer, Chlorit und Opazit nach Chloritoid. Siehe Abb. 2, Figur 3!

Die besondere lithostratigraphische Position des Gesteines im Naßfeld bei Gastein wurde von STARK, 1912 (p. 197: „Lichter Glimmerschiefer“), der Chloritoidgehalt und die Verbreitung N und S der Sonnblickwalze von WINKLER-HERMADEN, 1926 (p. 277: „Heller glänzender granat- und chloritoidreicher Glimmerschiefer“), erkannt. Auf meiner geologischen Karte der Sonnblickgruppe ist er als weithin verfolgbarer „Heller Glimmerschiefer“ eingetragen, wobei allerdings auch einige petrographisch abweichende Typen zu dieser Kartensignatur zugerechnet wurden.

Zum Vergleich: In den mittleren Hohen Tauern machten schon CORNELIUS & CLAR, 1939 (p. 53, 108, 146), auf Einschlüsse von Chloritoid in Granat in hellen Glimmerschiefern aufmerksam. Diese Beobachtung, daß die Kristallisation des Chloritoids örtlich von der des Granats zeitlich überdauert wird, deutet FRANK, 1965 (p. 70), genetisch als Hinweis auf Temperaturzunahme bei progressiver Metamorphose.

Fundpunkte

In der Mallnitzer Mulde:

Serizit-Quarz-Schiefer mit großen Blasten von Chloritoid, Granat und Chlorit. Bei P. 1656, NW Kolm Saigurn. EXNER, 1964, p. 47. Se 918.

Derselbe mit 4 mm großen Chloritoidblasten. Am Touristensteig von Kolm Saigurn zum Niedersachsenhaus. EXNER, 1964, p. 49. Se 932.

Derselbe. Umgebung von Kolm Saigurn. MALECKI, 1972, p. 101–106.

Derselbe. S-Rand der Grieswiesalm, SH. 1950 m, bei Kolm Saigurn. ALBER, 1976, p. 98–99.

Hellglimmer-Quarz-Schiefer mit Granat, Chloritoid und Chlorit. Mallnitzer Tauern, Schlucht N Mauternitzkogel. EXNER, 1964, Tafel 5, Figur 6. Und SW Winklerpalfen bei Mallnitz.

Längs des N-Randes der Hochalm-Ankogelgruppe:

Heller Glimmerschiefer mit Chloritoid und Granat innerhalb der basalen Schieferserie zwischen Gastein- und Großarlal, in Nachbarschaft der Flugkopfdecke und beim Seebauer. Zukünftige petrographische Detailuntersuchungen sind hier wünschenswert. EXNER, 1959, Tafel VII, Signatur 2 der Figuren 2, 4 und 5.

Serizit-Chlorit-Quarz-Schiefer mit 0,8 mm großen Chloritoidblasten in der Nähe von Granatglimmerschiefer beim Murtörl. THALMANN, 1963, p. 136 und Tafel 9, Figur 3. N-Seite des Murtales, N Rotschopfalm. PREY, 1938, p. 63.

Längs des W-Randes der Sonnblick-Granitgneis-Walze:

Granat-Albit-Chlorit-Chloritoid-Hellglimmer-Quarz-Schiefer am Sandfeldkopf über dem Sonnblick-Granitgneis. PREY, 1937 (p. 108–110), und EXNER, 1964 (p. 61).

Derselbe im Kleinen und Großen Fleißtal über der Gneislamelle 2. PREY, 1937, p. 110–112.

Abb. 2: Schematische Skizze einiger bemerkenswerter Mikrostrukturen an Chloritoid. Abkürzungen: agg = wirrschuppiges Aggregat aus winzigem Hellglimmer, bio = Biotit, cl = Chlorit, ctd = Chloritoid, gt = Granat, op = Opazit (hauptsächlich opakes Erz), qz = Quarz, spm = Stilpnomelan, st = Staurolith, wm = Hellglimmer, 1 = ältere, 2 = jüngere Mineralgeneration.

Figur 1: Chloritoidblast mit verlegten Einschlußzügen und mit einschlußfreiem Randsaum parallel zu den Endflächen (001). Weißschiefer, 520 m ESE Kleiner Malteiner Sonnblick, Hafnergruppe. Se 885.

Figur 2: Postkristallin gequälter und zerrissener Chloritoid. Verbiegung der Flächen (001). Weißschiefer, Kleiner Malteiner Sonnblick – ESE – Grat in SH. 2740 m, Hafnergruppe. Se 1692.

Figur 3: Bildung einer Pseudomorphose von Chlorit, Opazit 2 und Hellglimmer nach Chloritoid. Vom ursprünglich 4 mm großen Chloritoidblast ist noch ein Rest mit verlegten Einschlußzügen von winzigem Opazit 1 vorhanden. Hellglimmer-Chlorit-Chloritoid-Quarz-Schiefer, Stellkopf-N-Flanke, Sonnblickgruppe. Se 744.

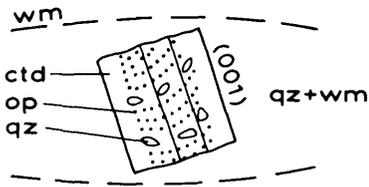
Figur 4: Chloritoid enthält Einschlußzüge von Opazit 1. Dann erfolgt externe Sammelkristallisation der opazitischen Substanz zu Opazit 2. Später kristallisiert Granat. Zum Schluß gibt es hysterogenen Chlorit auf Kosten von Chloritoid und Granat. Analyse von W. FRANK und Ch. EXNER im Jahre 1960. Hellglimmer-Quarz-Schiefer mit großen Blasten von Chloritoid, Granat und Chlorit. Am Touristensteig von Kolm Saigurn zum Niedersachsenhaus, Sonnblickgruppe. Se 932.

Figur 5: Stilpnomelan füllt Klüftchen im Chloritoid und ist daher jünger als dieser. Chloritoid-Hellglimmer-Opazit-Quarz-Schiefer. N Wimm im Großarlal. Nordrahmenzone der Hohen Tauern. Se 2751.

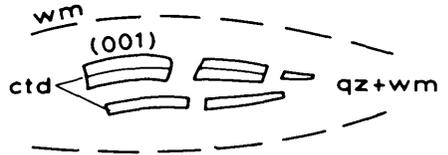
Figur 6: Pseudomorphose von Hellglimmeraggregat, Chloritoid und Opazit 2 nach Staurolith. Die Chloritoidleisten folgen hauptsächlich Absonderungsflächen des einstigen großen Staurolith-Individuums. Dessen Teilerste enthalten schwach verlegtes si von Opazit 1.

Staurolith-Granat-Biotit-Hellglimmer-Chloritoid-Chlorit-Quarz-Schiefer des Nock-Kristallins. Geschiebe aus Kiesgrube in spätglazialem Terrassen-sediment, 800 m NE Pfarrkirche Gmünd/Liesertal. Se 2164.

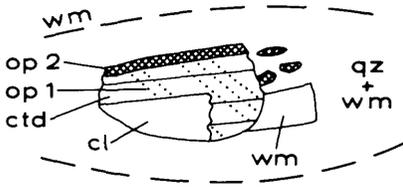
①



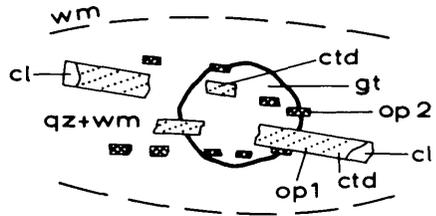
②



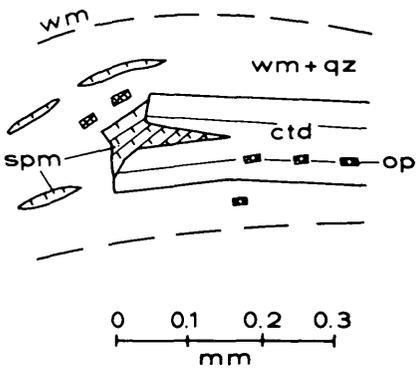
③



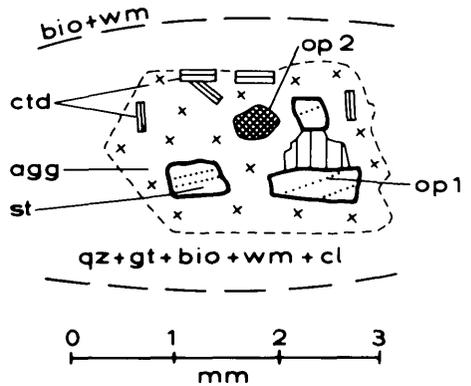
④



⑤



⑥



In tektonisch höherer Position, nämlich unter Gneislamelle 3, fehlt dem Gestein der Granat. Der Chloritoid ist postkristallin deformiert und pseudomorphosiert. Es handelt sich um Helliglimmer-Chlorit-Chloritoid-Quarz-Schiefer an der Stellkopf-N-Flanke (Se 744, EXNER, 1964, p. 65); ferner S Bogenitzscharte ebenfalls mit postkristalliner Deformation des Chloritoids (PREY, 1937, p. 113–115) und in der Melenwand.

Im N der Sonnblickgruppe tritt unter der Gneislamelle 4 bei der Mündung des Krumltales Helliglimmer-Chloritoid-Chlorit-Quarzschiefer mit Opazit, Epidot, Turmalin und Apatit auf. KREUSS, 1985, p. 15–16 und Beilage 1.

Position 3: Schwarzschiefer der Bündnerschiefer im Hangenden der Gneislamelle 4 der Sonnblickgruppe.

Es handelt sich nach den Beobachtungen von PREY um nur dm-dicke Chloritoidschiefer mit teils sandsteinartiger Beschaffenheit und teils in Nachbarschaft von Quarziten innerhalb des Schichtstoßes des schwach kalkhaltigen Schwarzschiefers. Das chloritoidführende Gestein enthält Kalzit, jedoch fehlen Biotit und Granat.

Zum Vergleich: Auch in benachbarten kalkführenden Bündnerschiefern der Glocknergruppe (Brennkogelserie) beobachteten CORNELIUS & CLAR, 1939 (p. 131), in dunklem Chloritoid-Knötchenschiefer das Zusammenkommen von Kalzit und Chloritoid. Auch dort handelt es sich nur um cm- bis dm-dicke Lagen im Phyllit.

Fundpunkte

Helliglimmer-Chlorit-Chloritoid-graphitische Substanz-Quarz-Schiefer N Stellkopf (W Rote Wand). PREY, 1937, p. 140–142.

Derselbe. Hinteres Modereck-W-Grat. CLAR, 1932 (p. 155 und Abb. 1), und PREY, 1937 (p. 142).

Position 4: Chloritoidschiefer und Quarzit als metamorpher Keuper in der „Trias“ der Seidlwinklserie.

Sie sind aus Fe-hältigen Tonschiefern und Quarzsanden hervorgegangen. In der Fortsetzung des „Keupers“ am Fuscher Törl wurde die betreffende Gesteinslage von ALBER, 1976, auch in den östlichen Hohen Tauern, und zwar im Krumltal bei der Rohmoser Alm, zwischen karbonatischer „Trias“ und „Juraquarzit“ der Seidlwinklserie gefunden. Als fraglicher Keuper werden „lichte Chloritoidschiefer“ in streichender Fortsetzung der Seidlwinkltrias in der Schrovinserie des Schrovinkopfes im Zederhaustal von BECHTOLD et al., 1982 (p. 22), gedeutet. Dort kommt Chloritoid auch in schwarzem Phyllit vor.

Zum Vergleich: Die Quartenschiefer (Keuper) der W-Alpen werden alpidisch metamorph zu den Chloritoidblastenschiefern am NE-Rand des Gotthardmassivs. Sie sind durch die klassische Beschreibung von P. NIGGLI, 1912, berühmt geworden. In den mittleren Hohen Tauern dürften ihnen stratigraphisch die lichten Chloritoidphyllite („Quartenschiefer“) und der Chloritoidquarzit („Keuperquarzit“) der Seidlwinkl-, „Trias“ ent-

sprechen, welche z. B. am Fuscher Törl unmittelbar im Felsanschnitt der Großglockner-Hochalpenstraße aufgeschlossen sind (HOTTINGER, 1931, p. 171; FRANK, 1969, p. 97).

Fundpunkt

Grüner Serizit-Chlorit-Quarz-Schiefer mit Chloritoidblasten, wechsellagernd mit farblosem Quarzit. SH. 1850 bis 1900 m, W Rohrmoser Alm, Krumltal. ALBER, 1976, p. 119.

Position 5: Chloritoidschiefer in der Nordrahmenzone der Hohen Tauern treten S der Klammkalke des Gastein- und Großarltales sowie S der Radstädter Trias (Kämpenköpfe bei Mauterndorf) auf.

Die häufig rosettenförmig angeordneten, 5 mm großen Chloritoid-Querblasten mit unverlegten und verlegten Einschlußzügen aus Opazit bilden in großer Menge spätkinematische Blasten in Hellglimmer-Quarzschiefer, hellem Quarzit, Hämatitquarzit und Schwarzschiefer. Von STARK, 1907 (p. 491), im Großarlal aufgefunden, wurden diese Gesteine von PEER & ZIMMER, 1980 (p. 451–453), im Gastein-Großarl-Gebiet und von EXNER, 1989 (p. 20), bei Mauterndorf untersucht. Den Gesteinen dürfte stratigraphisch ein post-triadisches Alter zukommen. Besonders auffallend sind der Reichtum an opaken Erzkörnchen und das Zurücktreten von Chlorit in den betreffenden Chloritoidquarziten.

Interessant ist das Zusammenvorkommen von Chloritoid und Stilpnomelan in einer Probe von Chloritoid-Hellglimmer-Opazit-Quarz-Schiefer (Se 2751) aus dem Großarlal N Wimm (Güterweg 125 m südlich des Buchstabens „o“ von „Promau“ der alten österreichischen Karte 1:25.000, Blatt 125/4). Hier berühren sich zwar Chloritoid und Stilpnomelan, doch bilden sie keine Paragenese. Die Struktur des Gesteines deutet darauf hin, daß die winzigen gequälten Stilpnomelane, welche die großen unverletzten Chloritoidtafeln teils konform umschmiegen oder teils diskordant an diesen abstoßen, jünger sind. Nach der postkinematischen Sprossung der hier 2 mm großen Chloritoidtafeln (mit unverlegten Opaziteinschlußzügen) erfolgte die hystero gene Bildung von Stilpnomelan. Den Beweis für solches Verhalten liefert Stilpnomelan, welcher Klüftchen im großen Chloritoid ausfüllt. Abb. 2, Figur 5!

Zum Vergleich: In den mittleren Hohen Tauern werden Chloritoidphyllite aus der Matreier Zone im engeren Sinne (im S der Hohen Tauern) und aus dem Fuscher Phyllit der Nordrahmenzone beschrieben (CORNELIUS & CLAR, 1939, p. 212–214, 249). In dieser sammelte ich ebenfalls Chloritoid-Hellglimmer-Opazit-Quarz-Schiefer, wobei hystero gener Stilpnomelan bemerkenswert ist (Se 2750, Fundort in SH. 1480 m, Lesestein bei Plattalm S Niedernsill). Aus dem Gerlosgebiet in den westlichen Hohen

Tauern ist die Fortsetzung der Chloritoidphyllite bekannt (KARL, 1951, p. 228, 240; POPP, 1984, p. 243–244).

Fundpunkte

Hellglimmer-Chloritoid-Quarz-Schiefer mit etwas Albit und Kalzit. Gasteintal. SH. 1220 m, N Mayerhofen. PEER, 1978, p. 69.

Hellglimmer-Chloritoid-Quarzit. Großarlal. SH. 945 m, Straße von Wimm nach Hölling. ZIMMER, 1978, p. 118.

Chloritoid-Hämatit-Hellglimmer-Plagioklas-Quarz-Schiefer. Großarlal. SH. 940 m, Straße N Wimm. ZIMMER, 1978, p. 117.

Chloritoid-Hämatit-Magnetit-Leukoxen-Hellglimmer-Quarzit. Großarlal. 50 m N Lahnbachbrücke in SH. 1150 m. ZIMMER, 1978, p. 118–119.

Chloritoid-Hellglimmer-opakes Erz-Quarzit, Accessoria: Turmalin, Titanit, Apatit. Radstädter Tauern. SH. 2125 m. Südlicher Wandfuß des Kämpenköpfe-NE-Grates. Se 3015. Beschrieben als „Kämpenquarzit“ (EXNER, 1989, p. 20).

Position 6: Chloritoidschiefer am SW-Rand der Hochalm-Reißeck-Gneise im unteren Mallnitz- und Mölltal.

Die Schieferhülle ist hier auf engen Raum mit Gneislamellen (Ausläufer des Sonnblick-Granitgneises und anderer Lamellen) zusammengedrückt und sekundär steilgestellt. Die alpidische Gesteinsmetamorphose einschließlich der Chloritoid-Sprossung dürfte sich teilweise vor und teilweise nach der engen Zusammenpressung der Schieferpakete abgespielt haben. So finden sich die „mineralreichen Glimmerschiefer“ mit 2 mm langen Staurolithprismen im Mittelteil des Schieferstoßes (EXNER, 1984, p. 356–357), während sich die schwächer metamorphen Hellglimmer-Quarz-Granat-Schiefer im Innenteil (EXNER, 1949, Abb. 3, Signatur 2) längs des Randes der Hochalm-Reißeck-Gneise und im Außenteil am Rande zur Sonnblickgranitgneis-Lamelle (EXNER, 1984, p. 355: „Chloritoidphyllit“) einstellen.

Da Deckentransport (Glocknerserie, überschoben auf basale Schieferhülle) und erst nachträgliche komplizierte steile Verfaltung und extreme Einingung hier feldgeologisch nachgewiesen sind (EXNER, 1984, p. 365–366), ist es gut möglich, daß die mineralreichen Glimmerschiefer mit Oligoklas, Granat, Biotit und Staurolith eine „transportierte Metamorphose“ aufweisen. Das heißt, daß ihre metamorphe Kristallisation teilweise in einem paläogeographisch südlicher gelegenen Bereich des penninischen Raumes erfolgte. Erst später hat sie der tektonische Transport in die heutige Lage gebracht.

In der Innen-, Mittel- und Außenzonen der Position 6 tritt Chloritoid auf und wurde von CLIFF et al., 1971 (p. 174), und DROOP, 1981 (p. 247–248), studiert. Stratigraphisch wiederzuerkennen sind die paläozoischen hellen Glimmerschiefer (Position 2), die mit Granat und Chloritoid aus der Mallnitzer Mulde hereinstreichen, wobei auch wiederum Einschlüsse von Chloritoid in Granat beobachtet wurden. Und es sind auch die

chloritoidführenden Schwarzschiefer im Bündnerschiefer (Position 3) hier in der Fortsetzung der Glocknerserie erkennbar.

Im zuletzt genannten Gestein erweisen sich 0,3 mm lange Blättchen von Stilpnomelan als hysterogene Bildungen, die in Klüftchen der älteren, 1,8 mm großen Chloritoidblasten gewachsen sind (Se 3050).

Aus dem Schiefer des Labigen Köpfels bildet DROOP (1981, Fig. 4 c), parallel s orientierten Biotit ab, der von Querchloritoid berührt wird. Er interpretiert diese Beobachtung als im Gleichgewicht befindliche Berührungsparagenese von Biotit und Chloritoid. Kann dieser auch jünger sein als Biotit?

Winzige Staurolithe sind nach DROOP (1981, Fig. 4 a und b, p. 244–246, 253, 262) jünger als Chloritoid (Zwenbergertal und Gatternergalm ober Penk). Wurden die betreffenden winzigen, beinahe farblosen „Staurolithe“ mit „Kniezwilling“ ebenfalls mit der Elektronenmikrosonde identifiziert? Die optische Bestimmung so kleiner farbloser Staurolithe ist bekanntlich schwierig. Kniezwilling für Staurolith ist untypisch, jedoch den häufigen herzförmigen Zwillingsschnitten der Epidotreihe eventuell zuteilbar.

Fundpunkte

Granat-Chloritoid-Chlorit-Hellglimmer-Quarz-Schiefer. Lage im Bündnerschiefer. SH. 1400 m, Burgstallstraße (Privatstraße der Österr. Draukraftwerke), N Mühldorf. EXNER, 1984, p. 355. Se 3050.

Zahlreiche ungenaue Fundortangaben in DROOP, 1981, Tabelle 1 und 2.

Position 7: Chloritoid-Quarzit im Basement der Radstädter und Schladminger Tauern.

Es handelt sich um Quarzite, die als Phyllonite nach Gneis zu deuten sind. Die Sprossung des Chloritoids erfolgte bei regressiver Metamorphose im Zuge der alpidischen Deformation des Gneises.

Fundpunkte

Hellglimmer-Chlorit-Quarzit mit 2,5 mm großen Chloritoidblasten. Accessoria: Opazit, Rutil, Apatit und Epidot; ferner Stilpnomelan in Form von 0,1 mm langen und 0,01 mm dicken Blättchen, die jünger sind als Chloritoid. Lage in diaphthoritischem Paragneis der Großbeck-Gneislamelle, Radstädter Tauern. SH. 1455 m, am Unteren Güterweg des Trogwaldes bei Mauterndorf. EXNER, 1989, p. 38. Se 2920.

Hellglimmer-Chloritoid-Chlorit-Quarzit. Accessoria: Turmalin, Apatit, Zirkon und Opazit. Schladminger Gneisdecke. SH. 1760 m, Znachtal, 200 m NE Greimeisteralm. SCHEDL, 1981, p. 59–61.

Position 8: Altpaläozoischer Phyllit der Radstädter Tauern (Fanningphyllit) und Phyllonit der Lessacher Zone im Lungau.

Die Chloritoidvorkommen in diesen Gesteinen wurden von ZEZULA, 1976, entdeckt, eingehend beschrieben und in einer Karte (l. c., Beilage 4) in Übersicht gebracht. Die Kristallisation des Chloritoids erfolgte einer-

seits in progressiv metamorphem Phyllit (Fanning- und Trogwaldphyllit bei Mauterndorf), andernteils regressiv metamorph in phyllonisiertem Glimmerschiefer, der teilweise Biotitrelikte aufweist (Phyllonitzone von Lessach). In beiden Fällen erlitten die Chloritoiden im Zuge sehr später destruktiver Beanspruchung postkristalline Deformationen. In besonders intensiv postkristallin deformierten Gesteinsproben beobachtete ZEZULA den Zerfall des Chloritoids mit Bildung von Pseudomorphosen von Chlorit, Quarz und Opazit nach Chloritoid.

Fundpunkte

In altpaläozoischem Fanningphyllit der Radstädter Tauern:

Chloritoid-führender Hellglimmer-Chlorit-Opazit-Quarzschiefer mit Quarzgeröllen. Pseudomorphosen von Chlorit, Quarz und Opazit nach Chloritoid. Accessoria: Apatit, Zirkon, Turmalin und Titanit. Lage in Fanningphyllit. SH. 1240 m, Schlucht S Jakl bei Mauterndorf. ZEZULA, 1976, p. 141.

Hellglimmer-Chlorit-Opazit-Quarz-Phyllit mit 2 mm großen, postkinematisch gesproßten Chloritoidblasten. Accessoria: Rutil und Apatit. Lage in Fanningphyllit in Nachbarschaft eines Grünschiefers. SH. 1845 m, Güterweg E Veitlhütte bei Mauterndorf. EXNER, 1989, p. 59. Se 3139.

In Phyllonit der Lessacher Zone:

Chloritoid-führender Glimmerschiefer-Phyllonit. Gemengteile: Chloritoid (s-parallele Verwachsungen mit Hellglimmer, häufig postkristallin verbogen und gequält), Hellglimmer, Chlorit (sekundär nach Biotit mit erhaltenen Biotitresten), Quarz und Opazit. Unterer Golzgraben bei Lessach (N Tamsweg). ZEZULA, 1976, p. 3.

Postkristallin deformierter Chloritoid-Biotit-Hellglimmer-Quarz-Schiefer. Gemengteile: Albit, Biotit (seltene Reste vorhanden, fast vollständig chloritisiert), Hellglimmer, Chlorit, Chloritoid (0,75 mm lang, s-parallel eingeregelt) und Quarz. SH. ca. 1400 m, Graben in W-Flanke des Zankwarner Berges (N Mariapfarr). ZEZULA, 1976, p. 106.

Position 9: Chloritoid-führender phyllonitischer Granat-Zweigliimmerschiefer des Lungauer Beckens, S der Lessacher Phyllonitzone.

Es handelt sich um die Granatglimmerschiefer bei Tamsweg, welche zu denen des Nockgebietes weiterstreichen. Die Chloritoid-führenden Gesteine wurden von ZEZULA (1976, Beilage 4) und HEINRICH (1976, Beilage 7) aufgefunden. In den betreffenden Glimmerschiefern ist reichlich Biotit vorhanden, der teils in s eingeregelt, teils als Querbiotit vorkommt. Chloritoid wird bis 3 mm groß, bildet Blasten, die aber ihrerseits örtlich postkristallin deformiert und zu Pseudomorphosen von Hellglimmer plus Chlorit nach Chloritoid umgewandelt sind.

Eine abweichende geologische Interpretation liefert HEJL (1983, p. 67–68; 1984, p. 313). Er meint, daß das betreffende Gestein des Straßenaufschlusses SE Burgruine Turnschall im Lessachtal N Tamsweg kein Phyllonit nach Granatglimmerschiefer, sondern ein echter, progressiv metamorpher Phyllit sei, in dem sich Biotit und Chloritoid im chemischen Gleichgewicht befänden. Er beobachtete eine Parallelverwachsung von

Biotit mit Chloritoid (HEJL, 1983, Abb. 39), welche er als Berührungsparagenese deutet. Kann es sich statt Biotit um Stilpnomelan handeln? Auf Grund eigener Geländebegehung vor etlichen Jahren möchte ich der geologischen Interpretation von ZEZULA und HEINRICH zustimmen, daß die gesamte Gesteinsserie an der Straße im Lessachtal bei der Burgruine Turnschall als phyllonitischer (regressiv metamorpher) Granatglimmerschiefer anzusprechen ist. Chloritoid sollte somit jünger als Biotit sein.

Zum Vergleich: Im Nock-Kristallin SE Tamsweg beobachtete FRIMMEL (1987, p. 17, 41, 46) Chloritoid in Granatglimmerschiefer und in Glimmerschiefer des Ackerkrystallins sowie in Glimmerschiefer der Komponenten des oberkarbonen Paaler Konglomerates.

Fundpunkte

Phyllonitischer Granat-Biotit-Hellglimmer-Chlorit-Chloritoid-Quarz-Schiefer. Der reichlich vorhandene Biotit ist teils in *s* eingeregelt, verbogen, mit Hellglimmer verwachsen, chloritisiert, teils bildet er große Querblasten. Der Chloritoid ist mit Quarz und Hellglimmer poikilitisch verwachsen. Accessoria: Turmalin und Opazit. SH. 1300 m, Graben E P. 1083 im Lessachtal (N Tamsweg). HEINRICH, 1976, p. 30 und Abb. 8; 1977, p. 307.

Chloritoid-führender Granatglimmerschiefer-Diaphthorit. Hauptgemengteile: Granat, Biotit, Hellglimmer, Chlorit, Chloritoid und Quarz. Der Biotit tritt in großen Blasten auf und zeigt Chloritisierung. Der Chloritoid bildet bis ca. 3 mm große Blasten. Er ist randlich oft in Chlorit umgewandelt. Es treten Pseudomorphosen von Serizit und Chlorit nach Chloritoid auf. Accessoria: Turmalin, Titanit, Erz, sekundäres Karbonat und Eisenhydroxide. Straße am E-Ufer des Lessachbaches (bei „Markierungsnummer 36“), nahe Burgruine Turnschall (N Tamsweg). ZEZULA, 1976, p. 18–19, Abb. 5.

Chloritoid-führender Zweiglimmerschiefer. Dieser biotitreichen Probe fehlt Granat. Hauptgemengteile sind: Biotit, Hellglimmer, Chlorit, Chloritoid und Quarz. Biotit (teilweise chloritisiert) ist zusammen mit Hellglimmer und Chlorit in *s* eingeschlichtet. Häufig sind Querbiotite. Auch der Chloritoid ist teils in *s* eingeregelt und weist Anzeichen randlicher Chloritisierung auf. Andererseits gibt es auch Chloritoid-Querblasten. Accessoria: Turmalin, Erz, Zirkon und Eisenhydroxide. SH. ca. 1340 m, Karrenweg von Vordergöriach NNW Tamsweg zur Bachbaueralm. ZEZULA, 1976, p. 44.

Position 10: Chloritoid in Pseudomorphosen nach Staurolith im Glimmerschiefer der Ostalpinen Decke der Radstädter, Schladminger Tauern und des Nockgebietes.

Bezüglich der Assoziation von Staurolithpseudomorphosen und Chloritoid erfolgten in Glimmerschiefern des Nockgebietes Beobachtungen von BECKE (1916, p. 223), von THURNER (1927, p. 30; 1929, p. 155, 157), BREWER (teste HAWKESWORTH, 1974, p. 34), EXNER (1980, p. 178–179) und SCHIMANA (1986, p. 86); in Glimmerschiefern des Radstädter Deckensystems und der Schladminger Gneisdecke Beobachtungen von EXNER (1968, A 23; 1980, p. 179; 1989, p. 55–85).

Der Chloritoid ist in den Staurolithpseudomorphosen-führenden Glimmerschiefern des Nockgebietes und der Radstädter/Schladminger Tauern eher selten. Man beobachtet ihn meist nur in solchen Gesteinen, welche noch Körperreste und nicht nur Formreste des primären Stauroliths ent-

halten. Er siedelt in diesen Gesteinsproben teils innerhalb der Hellglimmeraggregate (Pseudomorphosen nach Staurolith), teils in deren Nachbarschaft. Bei Zunahme der Intensität der regressiven Metamorphose verschwindet mit den letzten Körperresten von Staurolith auch bald der aus ihm hervorgegangene Chloritoid. Es bleiben dann nur noch Chloritoidfreie Hellglimmeraggregate teils mit Erhaltung der ursprünglichen Staurolithform, teils als unregelmäßig begrenzte Körper übrig. Das allmähliche Verschwinden des sekundär nach Staurolith entstandenen Chloritoides mit Zunahme postkristalliner Deformation und regressiver Metamorphose konnte im Weißpriachtal im Grenzgebiet von Radstädter und Schladminger Tauern auch feldgeologisch verfolgt werden (EXNER, 1989, p. 56). Wo Glimmerschiefer biotitreich sind, erweist sich der Chloritoid eindeutig jünger als Biotit. Mit freiem Auge ist in diesen Gesteinen der Chloritoid nicht sichtbar. Mitunter folgt er Absonderungsflächen des Mutter-Stauroliths (Abb. 2, Figur 6).

Fundpunkte

Chloritoid-führender grobschuppiger Staurolith-Granat-Biotit-Chlorit-Hellglimmer-Opazit-Quarz-Schiefer. Accessoria: Titanit, Apatit und Zirkon. Die ursprünglich 2 cm großen Staurolithe sind zu 3,5 mm langen Einzelresten korrodiert, die in den Pseudomorphosen (Hellglimmer-Chlorit-Aggregate) schwimmen, denen sich 0,3 mm große Chloritoidblättchen zugesellen. Granat hat 1 cm, Biotit 2,5 mm Durchmesser. Liesertal, 600 m W Kirche Leoben, an der Straße vom Tal nach Pleßnitz. EXNER, 1980, p. 177–178. Se 2269 und 2270.

Chloritoid in Hellglimmerpseudomorphose nach Staurolith. Leobengraben. Bei Bliemhütte. SCHIMANA, 1986, Abb. 36.

Chloritoid-führender grobschuppiger Staurolith-Granat-Hellglimmer-Chlorit-Quarz-Schiefer. Accessoria: Opazit, Turmalin, Epidot und Feldspat. Die 0,26 mm großen Chloritoides beschränken sich auf die Pseudomorphosen nach den 3 cm langen und 6 mm breiten Staurolithen, von denen körperliche Reste erhalten sind. Schladminger Gneisdecke. Mündungsfels der Wildbachschlucht, 600 m N Forsthaus Grankler (Lesestein aus dem Bachschuttkegel). Weißpriachtal. EXNER, 1989, p. 77–78. Se 3140.

Position 11: Chloritoidphyllit in der Nördlichen Grauwackenzone des Salzach- und Ennstales, N der östlichen Tauern.

Hier ist der Chloritoid schon seit 100 Jahren bekannt. Zahlreiche Beobachtungen hat TRAUTH, 1925 (p. 132–134), mitgeteilt sowie die ältere diesbezügliche Literatur zusammengestellt. Neuere Beobachtungen bestätigen postkinematische Blastese des Chloritoids (BECHTOLD et al., 1981, Abb. 28) mit unverlegten Einschlußzügen graphitischer Substanz (GABL, 1964, p. 17, 26) und auch mit Sanduhrstruktur (WEBER et al., 1973, p. 143; übrigens bereits von WEINSCHENK hier beobachtet, teste CHUDOBA, 1932, Abb. 271) in Phyllit; ferner Vorkommen des Chloritoids in wahrscheinlich zum Porphyroid gehörendem Serizitschiefer (BAUER et al., 1969, p. 16, Abb. 4), in dolomitischem Kalkphyllit (BECHTOLD et al.,

1981, p. 344–346, Abb. 25) sowie im permischen Sockel der Nördlichen Kalkalpen (BECHTOLD et al., 1981, Abb. 4; ERKAN, 1987, p. 156).

Zum Vergleich: Vorkommen von Chloritoid in der Nördlichen Grauwackenzone von Tirol bis ins Mürztal. Darüber ist eine reichhaltige Literatur vorhanden. Wir nennen nur die Arbeiten von SCHRAMM, 1977 und 1980.

Fundpunkte

Gesteinsbeschreibungen und Lokalitäten siehe: BECHTOLD et al., 1981! Z. B. Schwaighof bei Wagrain (l.c., p. 344–346).

DISKUSSION UND AUSBLICK

Die obigen Ausführungen bringen nur feldgeologische und mikroskopische Beobachtungen. Es fehlen noch eingehende mineral- und gesteinschemische Untersuchungen, welche eine petrologische Synthese liefern könnten. Ein solcher Zukunftspetrologe wird sich gerne des vorgebrachten geologischen Erfahrungsmaterials bedienen.

Will man aber vorläufig am Wege dahin eine Rast einschalten und diskutieren, was sich heute schon sagen läßt, so ist zunächst der große Unterschied im Kristallisationsverhalten des Chloritoids bezüglich seines Auftretens im penninischen Tauernfenster im Gegensatz zur Kristallinmasse der Ostalpinen Decke hervorzuheben. In den fluidhältigen sandigen Tongesteinsabkömmlingen und Phylloniten des Penninikums konnte der Chloritoid unter den epimetamorphen Bedingungen der tertiären Tauernmetamorphose prächtig sprossen, andere Gefügegenossen einschließen (unverlegtes und verlegtes *si*), spätkinematische Querblasten und Rosetten bilden. Er wurde nur lokal (z. B. im Bereich Mölltal) von noch später wirkenden Gesteinsdeformationen gequält, zerrissen und zu Hellglimmer-Chlorit-Opazit-Aggregaten pseudomorphosiert.

Ganz anders wirkte das verhältnismäßig „trockene“ Milieu der voralpidischen amphibolitfaziellen Kristallinmasse der Ostalpinen Decke (Radstädter/Schladminger Tauern und Nockgebiet). Alpidisch vollzieht sich hier eine träge reagierende regressive Metamorphose. Teilweise bleiben Relikte des voralpidischen metamorphen Starkwirkungsbereiches (z. B. Staurolith, Granat, Biotit) erhalten, und der alpidisch neugesproßte Chloritoid tritt nur selten und in winzigen Schüppchen auf. Paläozoische Phyllitonen in den Radstädter Tauern (Fanning-Trogwald-Phyllit bei Mauterndorf) und die Phyllonitzone von Lessach bei Tamsweg nähern sich den Verhältnissen der Tauernkristallisation, zeigen aber örtlich besonders intensive späte postkristalline Deformation des Chloritoids mit analogen Pseudomorphosen nach Chloritoid (wie oben) längs der tektonischen Störungen im Lungauer Becken. Das Alter der Kristallisationen in der Nördlichen Grauwackenzone wurde erst unlängst aus berufener petrolo-

gischer Sicht diskutiert (KRALIK et al., 1987), so daß es sich erübrigt, hier darauf einzugehen.

Lithostratigraphisch erweisen sich im Penninikum der östlichen Tauern als chloritoidreich die wahrscheinlich jungpaläozoischen Hellen Glimmerschiefer (Abb. 1: Position 2), die Weißschiefer-Phyllonite (Position 1, eventuell Fe-reicher permischer Verwitterungshorizont analog dem der Externmassive der Westalpen), der metamorphe „Keuper“ (Position 4, Edukt: Fe-Reicher Ton und Sand), manche dünne Lagen in den posttriasischen Bündnerschiefern (Position 3) und die wahrscheinlich oberjurassisch-kretazischen Hämatitquarzite und Chloritoid-Hellglimmer-opakes Erz-Quarzschiefer (Kämpenquarzit) der Tauern-Nordrahmenzone (Position 5, Edukt: Hornstein, eventuell Radiolarit mit Nachbarschaft zu basischem Vulkanismus, ZIMMER, 1978, EXNER, 1989).

Als **spät- und postkinematische Blasten** führen die Chloritoide verlegte und unverlegte Einschlußzüge der übrigen gesteinsbildenden Minerale, besonders von Opazit, Quarz und Hellglimmer. Interessant ist, daß solche Chloritoidblasten örtlich auch einen **einschlußfreien Randsaum** aufweisen (Abb. 2, Figur 1). Das ist ein Analogon zu den in den Tauerngesteinen bekannten einschlußfreien Randsäumen um Albit, Granat, Glimmer u. a. Die genetische Bedeutung ist noch unklar. Eine Erklärungsmöglichkeit wäre: Abnahme der Kristallisationsgeschwindigkeit des betreffenden Blasten vor dem endgültigen Stopp der Kristallisation und daher vollständige Verdrängung präexistierender Relikte (Einschlüsse) im Randsaum. Eine andere, eventuell weniger wahrscheinliche Möglichkeit: Temperaturerhöhung während der Endphase der Kristallisation des Blasten und daher vollständige Verdrängung der Relikte im Randsaum.

Sanduhrform der Einschlüsse in Chloritoidblasten wurde im vorliegenden Untersuchungsgebiet nur in der Nördlichen Grauwackenzone angetroffen. FUCHS (1958, p. 209) kennt sie aber auch in den mittleren Hohen Tauern.

An mehreren Stellen der östlichen Hohen Tauern und ihrer Umgebung wurde **postkristalline Deformation** des Chloritoids mit Verbiegung (Quälung) der Spaltrisse (001) und der Zwillingslamellen beobachtet. Auch das Zerreißen großer Chloritoide in kleine Bruchstücke ist zu sehen (Abb. 2, Figur 2).

In intensiven tektonischen Bewegungszonen (SW-Rand der Sonnblickwalze und Störungen im Lungau) treten **Pseudomorphosen nach Chloritoid** auf. Dabei wird dieser von Chlorit und Opazit, zusätzlich auch von Quarz und Hellglimmer verdrängt und ersetzt (Figur 3). Damit stimmt auch das Verschwinden des Chloritoids in den kräftig postkristallin deformierten Pseudomorphosen nach Staurolith in der tektonischen Position 10 überein.

Lehrbuchmäßig sind **Chloritoid und Stilpnomelan** miteinander unverträglich (H. G. WINKLER, 1974, p. 205; MATTHES, 1987, p. 350). In der

Nordrahmenzone der Hohen Tauern und im regressiv metamorphen Paragneis der Radstädter Tauern (Positionen 5 und 7) gibt es jedoch jüngeren Stilpnomelan, der älteren Chloritoid berührt oder in dessen Spalten eindringt (Abb. 2, Figur 5). Hier liegt keine echte Berührungsparagenese, also kein mineralfazielles Gleichgewicht, vor. Somit steht die Beobachtung in keinem Widerspruch zu obigen Lehrbüchern. Es zeigt sich wiederum an diesem Beispiel die bekannte Tatsache, daß in den alpidisch schwach metamorphen Gesteinen die Reaktionsfähigkeit während der Abkühlung bei der Gesteinsmetamorphose gering war. So gibt es Ungleichgewichte (Relikte und hystero gene Bildungen der Polymetamorphose neben den typomorphen kritischen Hauptmineralien), und die theoretischen mineralfaziellen Phasenkombinationen sind nur selten uneingeschränkt verwirklicht.

So kommen auch **Chloritoid** und **Biotit** mitsammen vor (Positionen 6, 8, 9 und 10), obwohl sie das nach den Lehrbüchern nicht dürfen. Man hat einen für die Metamorphoselehre ganz speziellen Ausnahmezustand hier zu erkennen geglaubt (chemisches Gleichgewicht zwischen Chloritoid und Biotit). DROOP (1981, Figur 10 und 13) konstruiert sogar eine autochthone, progressiv metamorphe Chloritoid-Biotit-Zone im Mölltal, wo ich eher transportierte Polymetamorphose regressiver Natur (Chloritoid jünger als Biotit) vermute.

Abschließend möchte ich auf ein persönliches Erlebnis aufmerksam machen: Als ich als junger Universitätsdozent vor 40 Jahren begeistert für ESKOLA's Gleichgewichtsdiagramme der Mineralfazieslehre Herrn Professor SANDER in Innsbruck besuchte, antwortete mir dieser auf meine diesbezüglichen Begeisterungskundgebungen: „Ja, alles gut und schön. In den Alpen finden wir hauptsächlich Ungleichgewichte!“

LITERATUR

- ALBER, J. (1976): Seriengliederung, Metamorphose und Tektonik des Hocharngbietes (Rauristal, Salzburg). – Diss. Phil. Fak. Univ. Wien, Wien, 229 Seiten.
- ANGEL, F., und A. WEBER (1971): Vom Sismondin und seinen Muttergesteinen aus dem obersten Melnikkar, Hochalm-Ankogelgruppe (Kärnten). – Der Karinthin, Klagenfurt, 64:208–219.
- BAUER, F. K., et al. (1969): Geologisch-tektonische Übersicht des Unterpinzgaues, Salzburg. – Veröff. Univ. Innsbruck, Innsbruck, 13:1–30.
- BECHTOLD, D., et al. (1981): Zur Metamorphose der Grauwackenzone in Salzburg/Österreich. Ein Exkursionsführer. – Geol. Paläont. Mitt., Innsbruck, 10:305–353.
- (1982): Suche und Beurteilung von Dekorgesteinen (Plattenquarzit und Plattengneis) im Bundesland Salzburg. – Arch. f. Lagerst.forsch. Geol. B.-A., Wien, 1:19–28.
- BECKE, F. (1916): Fortschritte auf dem Gebiete der Metamorphose. – Fortschr. der Mineralogie etc., Jena, 5:210–264.
- CADAJ, W. (1973): Genese und Paragenese der Minerale Chloritoid und Staurolith in den Ostalpen. – Tschermaks Min. Petr. Mitt., Wien, 19:110–123.

- CHUDOBA, K. (1932): Mikroskopische Charakteristik der gesteinsbildenden Mineralien. – Freiburg im Breisgau (Herder), 213 Seiten.
- CLAR, E. (1932): Modereckdecke oder Rote Wandgneisdecke? – Verh. Geol. B.-A., Wien, Jg. 1932:153–157.
- CLIFF, R. A., et al. (1971): Structural, Metamorphic and Geochronological Studies in the Reisseck and Southern Ankogel Groups, the Eastern Alps. – Jb. Geol. B.-A., Wien, 114:121–272.
- CORNELIUS, H. P., und E. CLAR (1939): Geologie des Großglocknergebietes (1. Teil). – Abhandl. Geol. B.-A., Wien, 25:1–306.
- DROOP, G. T. R. (1981): Alpine Metamorphism of Pelitic Schists in the South-East Tauern Window, Austria. – Schweiz. Min. Petr. Mitt., Zürich, 61:237–273.
- ERKAN, E. (1987): Dachstein-Mautstraße, Exkursionsführer. – In: Arbeitstagung Geol. B.-A., 1987, Blatt 127 Schladming, Wien, 154–156.
- EXNER, Ch. (1949): Mallnitzer Rollfalte und Stirnfront des Sonnblick-Gneiskernes. – Jb. Geol. B.-A., Wien, 93:57–81.
- (1957): Erläuterungen zur geologischen Karte der Umgebung von Gastein 1:50.000 (Ausgabe 1956). – Geol. B.-A., Wien, 168 Seiten.
- (1964): Erläuterungen zur geologischen Karte der Sonnblickgruppe 1:50.000. – Geol. B.-A., Wien, 170 Seiten.
- (1968): Aufnahmen 1967 auf den Blättern Muhr (156) und Tamsweg (157). Verh. Geol. B.-A., Wien, Jg. 1968:A 21–23.
- (1980): Das Kristallin östlich der Katschbergzone. – Mitt. österr. geol. Ges., Wien, 71/72:167–189.
- (1982): Geologie der zentralen Hafnergruppe (Hohe Tauern). – Jb. Geol. B.-A., Wien, 125:51–154.
- (1984): Der Südrand des Tauernfensters bei Spittal an der Drau. – Jb. Geol. B.-A., Wien, 127:349–367.
- (1989): Geologie des mittleren Lungaus. – Jb. Geol. B.-A., Wien, 132:7–103.
- FRANK, W. (1965): Zur Geologie des Guggernbachtals (= Lützelstubbachtal, mittlere Hohe Tauern). – Diss. Phil. Fak. Univ. Wien, Wien, 189 Seiten.
- (1969): Geologie der Glocknergruppe. – Wiss. Alpenvereinshefte, München, 21:95–111.
- FRIMMEL, H. (1987): Strukturgeologische, geochemische und geochronologische Untersuchungen zur Entwicklungsgeschichte des NW-Randes der Gurktaler Decke (Oberostalpin). – Diss. Formal- u. Naturwiss. Fak. Univ. Wien, Wien, 199 Seiten.
- FUCHS, G. (1958): Beitrag zur Kenntnis der Geologie des Gebietes Granatspitze – Großvenediger (Hohe Tauern). – Jb. Geol. B.-A., Wien, 101:201–248.
- GABL, G. † (1964): Geologische Untersuchungen in der westlichen Fortsetzung der Mitterberger Kupfererzlagstätte. – Archiv Lagerst. Ostalpen, Leoben, 2:2–31.
- HAWKESWORTH, C. J. (1974): Geochemical studies in and around the south east corner of the Tauern Window. – Theses Doctor Phil., Univ. Oxford, Oxford, 181 Seiten.
- HEINRICH, M. (1976): Zur Geologie des Jungtertiärbeckens von Tamsweg mit kristalliner Umrahmung. – Diss. Phil. Fak. Univ. Wien, Wien, 191 Seiten.
- (1977): Derselbe Titel. – Jb. Geol. B.-A., Wien, 120:295–341.
- HEJL, E. (1983): Geochronologische und petrologische Beiträge zur Gesteinsmetamorphose der Schladminger Tauern. – Diss. Formal- u. Naturwiss. Fak. Univ. Wien, Wien, 125 Seiten.
- (1984): Derselbe Titel. – Mitt. Ges. Geol. Bergbaustud. Österr., Wien, 30/31:289–318.
- HÖCK, V. (1980): Distribution map of minerals of the Alpine metamorphism in the penninic Tauern window, Austria. – Mitt. österr. geol. Ges., Wien, 71/72:119–127.

- HOTTINGER, A. (1931): Über geologische Untersuchungen in den zentralen Hohen Tauern. – *Ecolgae Geol. Helvetiae*, Basel, 24:167–190.
- KARL, F. (1951): Die Fortsetzung der Tuxer Grauwackenzone im Gerlostal (Tirol). – *Tschermaks Min. Petr. Mitt.*, Wien, 2:198–246.
- KLEINSCHMIDT, G. (1979): Die Verteilung von Chloritoid in den südlichen Muralpen (Gurktaler Alpen, Saualpe, Koralpe) und ihre geologische Bedeutung. – *Clausth. Geol. Abh.*, Clausthal/Zellerfeld, 30:74–94.
- KRALIK, M., et al. (1987): Low grade and very low grade metamorphism in the Northern Calcareous Alps and in the Greywacke zone. – In: FLÜGEL, H. W., und P. FAUPL (Hrsg.): *Geodynamics of the Eastern Alps*, Wien (Deuticke), 164–178.
- KREUSS, O. (1985): Geologisch-Petrographische Untersuchung zur Bestimmung des Herkunftsbereiches des Bergsturzmaterials der sogenannten „Plattengneis“-Steinbrüche des Rauristales. – Unveröff. Vorarbeit, Inst. f. Geologie, Univ. Wien, 46 Seiten.
- MALECKI, G. (1972): Zur Geologie des Silberpennig-Gebietes, Hohe Tauern (Salzburg). – *Diss. Phil. Fak. Univ. Wien*, Wien, 201 Seiten.
- MATTHES, S. (1987): *Mineralogie*. 2. Auflage. – Berlin (Springer), 444 Seiten.
- NIGGLI, P. (1912): Die Chloritoidschiefer und die sedimentäre Zone am Nordostrande des Gotthardmassivs. – *Beitr. geol. Karte Schweiz*, Bern, 36:1–94.
- PEER, H. (1978): Geologie der Nordrahmenzone der Hohen Tauern zwischen Gasteiner Ache und Schuhflicker. – *Diss. Formal- u. Naturwiss. Fak. Univ. Wien*, Wien, 146 Seiten.
- PEER, H., und W. ZIMMER (1980): Geologie der Nordrahmenzone der Hohen Tauern (Gasteiner Ache bis Saukarkopf – Großarlal). – *Jb. Geol. B.-A.*, Wien, 123:411–466.
- POPP, F. (1984): Stratigraphische und tektonische Untersuchungen in der Schieferhülle der Hohen Tauern im Gerlostal (Tirol). – *Mitt. Ges. Geol. Bergbaustud. Österr.*, Wien, 30/31:235–268.
- PREY, S. (1937): Geologische und petrographische Untersuchungen zur Klärung der Frage des Auftretens der Dent Blanche-Decke in der Sonnblickgruppe, Hohe Tauern. I. Petrographischer Teil. – *Diss. Phil. Fak. Univ. Wien*, Wien, 279 Seiten.
- (1938): *Aufnahmebericht über das Blatt St. Michael (5151)*. – *Verh. Geol. B.-A.*, Wien, Jg. 1938:63–64.
- RAMDOHR, P., und H. STRUNZ (1978): *Klockmanns Lehrbuch der Mineralogie*, 16. Aufl. – Stuttgart (Enke), 876 Seiten.
- SCHEDL, A. (1981): Geologische, geochemische und lagerstättenkundliche Untersuchungen im ostalpinen Altkristallin der Schladminger Tauern. – *Diss. Formal- u. Naturwiss. Fak. Univ. Wien*, Wien, 209 Seiten.
- SCHIMANA, R. (1986): Geologische Entwicklung des Kristallins in der Umgebung von Radenthein (Nockgebiet, Kärnten). – *Diss. Formal- u. Naturwiss. Fak. Univ. Wien*, Wien, 172 Seiten.
- SCHRAMM, J. M. (1977): Über die Verbreitung epi- und anchimetamorpher Sedimentgesteine in der Grauwackenzone und in den Nördlichen Kalkalpen (Österreich) – ein Zwischenbericht. – *Geol. Paläont. Mitt. Innsbruck*, Innsbruck, 7:3–20.
- (1980): Bemerkungen zum Metamorphosegeschehen in klastischen Sedimentgesteinen im Salzburger Abschnitt der Grauwackenzone und der Nördlichen Kalkalpen. – *Mitt. österr. geol. Ges.*, Wien, 71/72:379–384.
- STARK, M. (1907): Grünschiefer etc. aus dem Groß-Arl- und Gasteintal. Vortrag. – *Tschermaks Min. Petr. Mitt.*, Wien, 26:487–491.
- (1912): Vorläufiger Bericht über geologische Aufnahmen im östlichen Sonnblickgebiet und über die Beziehungen der Schieferhüllen des Zentralgneises. – *Sitzber. Akad. Wiss.*, Wien, math.-naturwiss. Kl., Abt. I, Wien, 121:195–226.

- THALMANN, F. (1963): Geologische Neuaufnahme des Kammzuges zwischen Mur- und Zederhaustal (Bereich der peripheren Tauernschieferhülle – Pennin). – Mitt. Ges. Geol. Bergbaustud. Wien, Wien, 13:121–188.
- THURNER, A. (1927): Geologie der Berge um Innerkrems bei Gmünd in Kärnten. – Mitt. Naturw. Ver. Steiermark, Graz, 63:26–44.
- (1929): Versuch einer Gliederung der kristallinen Paraschiefer an der Hand der kristallinen Gesteine von Innerkrems bei Gmünd in Kärnten. – Centralbl. f. Mineralogie etc., Abt. A, Stuttgart, Jg. 1929:151–166.
- TRAUTH, F. (1925): Geologie der Nördlichen Radstädter Tauern und ihres Vorlandes, 1. Teil. – Denkschr. Akad. Wiss. Wien, math.-naturwiss. Kl., Wien, 100:101–212.
- WEBER, L., et al. (1973): Zur Mitterberger Kupfervererzung (Mühlbach/Hochkönig, Salzburg). Zweiter Diskussionsbeitrag. – Mitt. Geol. Ges. Wien, Wien, 65:137–158.
- WINKLER-HERMADEN, A. (1926): Geologische Probleme in den östlichen Tauern. 1. Teil. – Jb. Geol. B.-A., Wien, 76:245–322.
- WINKLER, H. G. (1974): Petrogenesis of Metamorphic Rocks, 3. Auflage. – Berlin (Springer), 320 Seiten.
- ZEZULA, G. (1976): Die Lessacher Phyllonitzone am Südrand der Schladminger Tauern (Lungau, Salzburg). – Diss. Phil. Fak. Univ. Wien, Wien, 194 Seiten.
- ZIMMER, W. (1978): Geologie der Nordrahmenzone der Hohen Tauern bei Großarl. – Diss. Formal- u. Naturw. Fak. Univ. Wien, Wien, 179 Seiten.

Anschrift des Verfassers: Univ.-Prof. Dr. Christof EXNER, Institut für Geologie der Universität Wien, Universitätsstraße 7, A-1010 Wien.