

bilden östlich Eisenerz eine nach Westen überkippte Mulde und im Bereich des Mitterriegels eine Antiklinale.

Literatur zur Geologie des Erzberges

- ANGEL, F.: Lehrfahrt auf den steirischen Erzberg. Fortschr. d. Min., Kristallogr. u. Petrogr., 1939, 23. Bd.
- ANGEL, F.: Unser Erzberg. Mitt. d. Nat.-V. d. Steiermark, 1939, Bd. 75.
- FRITSCH, W.: Eine tektonische Analyse des steirischen Erzberges. B. H. M., Wien 1960, Heft 10.
- HABERFELNER, E.: Die Geologie des Eisenerzer Reichenstein und des Polster. Mitt. d. Abt. f. Bergbau. Geol. u. Pal. des Landesmuseums. „Joanneum“, Graz 1935, Heft 2.
- HISSLLEITNER, G.: Zur Geologie der Umgebung des steirischen Erzberges. Jb. d. Geol. B. A., Wien 1929, Bd. 79.
- HISSLLEITNER, G.: Geologie der erzführenden Grauwackenzone von Radmer bei Hieflau. Jb. d. Geol. B. A., Wien 1931, Bd. 81.
- KERN, A.: Zur geologischen Neuaufnahme des steirischen Erzberges 1925—1926. Berg- und Hüttenmännisches Jb. 1927, Heft 1 u. 2.
- KERN, A.: Eisenerzlagertstätten in Österreich. XIX. Congres Geologique International, Symposion sur les Gisements de Ferre du Monde, II. Bd., Algier 1952.
- PETRASCHECK, W. E.: Lagerstättenlehre. Wien, Springer-Verlag 1961.
- REDLICH, K., & PRECLIK, K.: Zur Tektonik und Lagerstättengnese des steirischen Erzberges. Jb. d. Geol. B. A., Wien 1930, Bd. 80.

Staurolith und Polymetamorphose im Umkreis der östlichen Hohen Tauern

Von CHRISTOF EXNER

(Manuskript eingegangen bei der Schriftleitung am 13. April 1966)

Summary

Staurolite is seldom found in the Penninic Zone of the Eastern Hohe Tauern. It is restricted to the central and southern parts of these mountains.

In the pre-Mesozoic basement of the Upper-Austroalpine Unit staurolite and its pseudomorphs occur frequently. In this paper pseudomorphs of white mica after staurolite are described from St. Nikolai, Lieser Valley, Carinthia.

The Upper-Austroalpine basement of this region shows a sill of garnet-oligoclase-aplite and lenses of phengite — microcline — albite — quartz — gneiss. Pebbles of gneiss are embedded in the Upper-Carboniferous conglomerate of the vicinity of Innerkrams. The mineral-assemblage in the pebbles is rather high-grade without much alpine epimetamorphism.

Staurolith ist bekanntlich ein Indexmineral für die Mesozone der Regionalmetamorphose. Im östlichen Tauernfenster kommt er selten vor, da hier meistens die alpidische Metamorphose zu schwach war und voralpidische Staurolithe kaum erhalten geblieben sein dürften. Hingegen findet sich voralpidischer Staurolith häufig als gesteinsbildender Gemengteil der altkristallinen Glimmerschiefer und Paragneise südlich der Hohen Tauern und wurde von uns in den letzten Jahren aus der Schober-, Sadnig-, Kreuzeckgruppe und vom Millstätter Seerücken beschrieben (CH. EXNER 1954, p. 30; 1961, p. 42; 1962, p. 79; 1964, p. 115).

Im Sommer 1965 fand ich Pseudomorphosen von Hellglimmer nach Staurolith unmittelbar östlich des Tauernfensters, im Altkristallin des Nockgebietes, und zwar bei St. Nikolai im Liesertal. Weiter östlich waren solche im Kremstal

(Kärnten) bereits von A. THURNER (1927, 1929) erkannt und geologisch kartiert worden.

Wir geben im folgenden eine Beschreibung des Vorkommens der Pseudomorphosen nach Staurolith bei St. Nikolai und schließen eine Betrachtung über mesometamorphe und epimetamorphe Mineralbestände im Altkristallin östlich des Tauernfensters, allerdings nur in wenigen Kilometern Entfernung östlich der Katschbergzone an. Indem wir deutlich hochtemperierte Mineralbestände (Plagioklasaplit in Glimmerschiefern. Paläozoische oder ältere Gneise als Geröllkomponenten im Oberkarbonkonglomerat) von im Altkristallin nicht seltenen Epigneisen (Phengit-Mikroklin-Albit-Quarz-Gneise) sondern, erhebt sich wiederum das Problem der Polymetamorphose im Altkristallin. Selbstverständlich können wir es noch nicht lösen, aber wollen zu seiner schärferen Präzisierung mit konkreten Beispielen beitragen.

Ferner bringen wir in Übersicht, was derzeit über Staurolith als gesteinsbildenden Gemengteil im östlich Tauernfenster bekannt ist.

Beschreibung der Pseudomorphosen von Hellglimmer nach Staurolith

Das Vorkommen befindet sich in 6 km Horizontaldistanz östlich der Katschbergzone, also in den basisnahen Teilen der altkristallinen oberostalpinen Scholle des Nockgebietes.

Das betreffende Gestein ist in großen frischen Aufschlüssen an einem Güterweg bei der Katschberg-Bundesstraße im Liesertal zu studieren und sehr bequem zugänglich. Es handelt sich um Granatglimmerschiefer mit den sofort auf den ersten Blick in die Augen springenden, ehemaligen Staurolithprismen, die zu Hellglimmeraggregaten umgewandelt sind. Der im Jahre 1961 erbaute Güterweg führt von St. Nikolai (1 km nördlich Kremsbrücke) nach Unterburgstallberg. Die betreffenden Aufschlüsse (10 m hohe Felsplatten unter Moräne) befinden sich bei den Wegkehren zwischen Seehöhe 1080 und 1130 m. Der Glimmerschiefer streicht um E—W und fällt 60° S. Die Hauptfaltenachse ist zugleich Lineation (vorherrschende Längsorientierung der ehemaligen Staurolithprismen und Elongation der Glimmer). Sie streicht N 70° bis 85° E und pendelt zwischen der Horizontalen und 10° westlicher Neigung.

Megaskopisch läßt das schwach gewellte, parallelschiefrige Gestein die auf fallenden, in s liegenden, bis 3,5 cm langen, sehr zahlreichen, grauen Prismen (Pseudomorphosen) und außerdem als weitere Hauptgemengteile Muskovit, Biotit, Granat und Quarz erkennen.

Die grauen Prismen zeigen keine Spaltflächen, sondern bestehen aus einem feinstkörnigen, megaskopisch nicht auflösbaren Aggregat. Sie weisen gedrungene Formen auf und sind eisblumenartig in allen Richtungen auf s verteilt. Doch bevorzugen sie deutlich eine Längsrichtung, die zugleich Achse der Kleinfalten des Gesteines und Richtung der Elongation der Glimmer ist. Jüngst hat sich besonders V. TROMMSDORF (1964 b) mit dem Wachstum frischer Staurolithporphyroblasten aus den Westalpen beschäftigt und ähnliche Bildungen teils durch Keimregelung, teils durch Wachstum des Stauroliths in s (beste Wegsamkeit) und in b (Richtung des besten Lösungstransportes) im Gefüge gedeutet.

Neben den Prismen finden sich in unserem Vorkommen auch rhombenförmige Umrisse mit Durchmesser 1,5 × 1,0 cm.

Durch postkristalline Deformation sind die grauen Prismen und rhombenförmigen Querschnitte teilweise verdrückt, ausgeschmiert und zerrissen. Bei An-

kratzen mit einer Stahlspitze ergeben die Prismen ein Pulver, das sich unter dem Mikroskop als Hellglimmer (zweiachsig, opt. negativ) erweist. Wo sich die grauen Prismen berühren oder kreuzen, kann nicht mehr mit Sicherheit erkannt werden, ob ursprünglich auch Durchkreuzungszwillinge vorhanden waren. Als zusätzlichen Gemengteil findet man mitunter auf *s* des Gesteines frische, schlanke Turmalinsäulchen als mechanisch unverletzte Neubildungen.

Unter dem Mikroskop (Dünnschliffe Se 1603, 1604, 1606, 1635) erscheinen die Hellglimmeraggregate als auffällige Formrelikte. Sie sind gegen das übrige Gesteinsgewebe deutlich abgegrenzt, besitzen leistenförmige, mitunter rechteckige Gestalt, liegen in *s* und sind häufig auch linsenförmig deformiert. Wo sie an Granatkristalle angrenzen, findet man sie meist verbogen oder gefaltet.

Die Pseudomorphosen (Formrelikte) bestehen im Schnitt eines Dünnschliffes jeweils aus mehreren hundert Hellglimmerschüppchen. Reste des ursprünglichen Mineral (Staurolith) fehlen. Die Hellglimmer bleiben als Individuen meist kleiner als 0,1 mm. Die größten Blättchen erreichen 0,4 mm. Sie bilden ein filziges Sperrgefüge ohne erkennbare Bevorzugung einer Richtung. In ihrer Gesamtheit zeigen die Hellglimmer in den Formrelikten einen schwach grünlich-grauen, mikroskopischen Farbton, welcher vermuten läßt, daß es sich um Phengit handelt. Der Farbton kontrastiert deutlich gegen die farblosen Hellglimmer und Quarze außerhalb der Pseudomorphosen. Eine röntgenographische Analyse des Hellglimmers der Pseudomorphosen wäre wünschenswert.

In untergeordnetem Maße beteiligen sich am Aufbau der Pseudomorphosen auch opake Substanz, Zirkon, Biotit und Chlorit.

Die opake, wohl hauptsächlich graphitische Substanz bildet innerhalb der Pseudomorphosen unverlegte Einschlufzüge parallel *s* des Gesteines. Es handelt sich um lagenförmig angeordneten, feinblättrigen bis feinstkörnigen Opazit, der von den Hellglimmerblättchen der Pseudomorphose eingeschlossen und umwachsen ist. Teilweise sind es auch größere (bis 5 mm), in *s* gelangte opake Körnchen. Offensichtlich ist das Gefüge der opaken Einschlüsse in den Pseudomorphosen älter als das Sperrgefüge der Hellglimmer. Auch in *s* gelangter Zirkon oder Monazit (0,03 mm) begleitet die opaken Einschlufzüge. Es ist anzunehmen, daß die opaken Einschlufzüge bereits im primären Mineral (Staurolith) vorhanden waren und somit Relikte darstellen.

Biotit (hellgelb bis rotbraun; hauptsächlich Kleinkornbiotit mit Durchmesser unter 0,1 mm, aber auch einige größere Blättchen) und Chlorit (hellgrün, schwach pleochroitisch, niedrige Interferenzfarben, Korngröße unter 0,4 mm) sind nur in untergeordnetem Maße in den Pseudomorphosen anzutreffen. Man findet sie besonders in den Randteilen und an den linsenförmigen Enden (heterokinetischen Höfen) der Pseudomorphosen.

Selten tritt Granat inmitten stark deformierter Hellglimmeraggregate auf. Die Bewegungsbilder um den Granat deuten auf mechanische Eintriftung und mechanische Vermengung mit den Hellglimmern der Pseudomorphosen nach Staurolith. Da diese Granatkristalle verhältnismäßig groß sind, scheint es wenig wahrscheinlich, daß sie bereits Einschlüsse im ursprünglichen Staurolith darstellten. Einschlüsse von Granat in Staurolith kommen in den Örtzaler Alpen vor (K. SCHMIDT 1965, p. 142—143).

Neben den Pseudomorphosen sind die übrigen Hauptgemengteile des Gesteines folgendermaßen beschaffen:

Granat (5 mm): Automorphe Umriss. Häufig skelettförmige Gestalten. Auch poikilitische Verwachsung mit Quarz und Biotit kommt vor. Verlegte und unverlegte Einschlüßzüge und Einschlüßwirbel bestehen aus opaker Substanz und Quarz. Mitunter ist die äußere Schale des Granates einschlußfrei. Beginnende randliche Umwandlung des Granats zu Chlorit wird nicht selten angetroffen. Wo Granat an die oben beschriebenen Pseudomorphosen nach Staurolith angrenzt, ist die Grenze im allgemeinen recht scharf.

Biotit (2,5 mm): Hellgelb bis rotbraun. Pleochroitische Höfe. Parallel verwachsen mit Muskowit. Parakristalline Deformation.

Muskowit (2 mm) ist parakristallin deformiert.

Quarz (1,8 mm) ist einschlußfrei. Er zeigt schwach verzahnte Korngrenzen und ist häufig in s gelängt.

Ferner: Chlorit, graphitische Substanz, Erz, Apatit, Zirkon oder Monazit. Nur sporadisch tritt Plagioklas auf (2 mm; unter 15% An). Vorwiegend handelt es sich um füllungs-freien, xenomorphen, in s gelängten Plag I, der offensichtlich eine Neubildung darstellt. Er geht optisch ungestört in Auslöschung, zeigt keine mechanische Quälung und umschließt Minerale des Grundgewebes (Biotit, Hellglimmer und Quarz). Daneben treten untergeordnet die Typen Plag III und II auf.

Das Gestein zeigt somit als älteste Strukturen reliktsche Einschlüßzüge in Granat und in den ehemaligen, heute zur Gänze pseudomorphosierten Staurolithen. Spätere Verformung hat Granat und Staurolith (bzw. seine Pseudomorphosen) postkristallin, jedoch die Glimmer parakristallin deformiert. In einem späten Stadium kristallisierten Chlorit und Albit (Plag I).

Daß es sich in unserem Vorkommen von St. Nikolai um Pseudomorphosen nach Staurolith handelt, obwohl Reste von Staurolith nicht gefunden wurden (nur Formrelikte!), läßt sich durch Vergleich mit der analogen Ausbildung sicherer pseudomorpher Übergänge an anderen Stellen der Ostalpen klarlegen.

Solche Übergänge von Staurolith zu analogen formreliktschen Hellglimmeraggregaten wurden von W. HAMMER (1906, p. 505) aus der Laasergruppe (mit helizitischen Strukturen von graphitischer Substanz und Magnetit und mit zusätzlicher Neubildung von Chloritoid), von F. ANGEL (1924, p. 221—222) aus der Gleinalpe (ebenfalls mit Einschlüßzügen von graphitischem Pigment und mit zusätzlicher Neubildung von Chlorit), von O. FRIEDRICH (1929) aus der Gradener Serie der Koralpe, von P. PAULITSCH (1960) aus dem Kartitscher Kristallin und von H. v. KAMP und N. WEISSENBACH (1961, p. 19 und Tafel I, Abb. 1) aus der Saualpe beschrieben. Die beiden zuletzt genannten Autoren zeigen, daß das alte, im Staurolith eingeschlossene graphitische si vom randlich neu wachsenden Hellglimmer übernommen und neuerdings eingeschlossen wird. W. FRITSCH und H. MEIXNER (1964, p. 91—93) unterscheiden in der Saualpe 2 Staurolithgenerationen. Die ältere Generation (Staurolith I) enthält ein feines, ebenschichtig angeordnetes, dunkles Pigment (Graphit?, Pyrit?, Rutil?) und unterliegt in manchen Bereichen, besonders in tektonisch hohen Lagen einer randlichen, spädeformativen Verglimmerung (Serizitisierung, z. T. mit Chloritoidbildung). Staurolith II hingegen sei nach diesen Autoren jünger und eine Neubildung, die durch frisches Korn mit nur wenig Pigment gekennzeichnet sei, wobei das Pigment außerdem gröber (sammelkristallisiert) ist und keine Färbekraft mehr besitzt.

Fertige Hellglimmerpseudomorphosen (Formrelikte) nach Staurolith werden von F. ANGEL (1924, q. 229) aus Stubalpe, Turrachgraben, Prebersee-graben, Einachgraben, von A. THURNER (1929, p. 155) aus dem Kremmgraben (Kärnten; mit Chloritoid als Neubildung) und von H. HOLZER (1960, p. A 42) aus den Tommerschiefern bei Waldbach, südlich des Semmering-Wechsel-Fensters genannt. Proben des zuletzt erwähnten Vorkommens, welche uns dankenswerter

Weise Herr Dr. H. HOLZER zur Verfügung stellte, sind unseren von St. Nikolai im Liesertal durchaus analog, nur etwas besser erhalten und weniger deformiert¹⁾).

Mineralogisch-chemische Analyse und Altersbestimmung des Hellglimmers der Pseudomorphosen nach Staurolith ergäben einen wichtigen geologischen Hinweis zur Aufgliederung der Polymetamorphose des Altkristallins und seien hiemit angeregt, zumal das frische, reichlich Material liefernde und leicht zugängliche Vorkommen von St. Nikolai dazu geeignet erscheint.

Polymetamorphose im Altkristallin

Die Formrelikte des Stauroliths sind nicht die einzigen, wohldefinierten Reste des älteren Starkwirkungsbereiches der Metamorphose im Altkristallin östlich der Katschbergzone. Sehr deutlich ist alter, hochtemperierter Mineralbestand in einzelnen Härtlingslagen (z. B. Aplitlagergang) und in den Geröllen des Oberkarbon-Konglomerates der Gurktaldecke erhalten. Es handelt sich um anorthitreicheren Plagioklas (bis ca. 30% An), Orthoklas (nicht oder kaum Mikroklin!), rotbraunen Biotit, farblosen Muskowit (absolutes Fehlen von Phengit) und Quarz mit charakteristischen Einschlußzügen von Hellglimmer und opaker Substanz (solche Einschlußzüge sind uns aus den epimetamorphen Serien bisher nicht bekannt).

Spätere Epimetamorphose (wahrscheinlich teils spätvariszisch, teils alpidisch) dürfte selektiv im Altkristallin gewirkt haben. Dazu gehört die Bildung der Hellglimmeraggregate auf Kosten des Stauroliths, das Sprossen von Albit, die Entstehung des Phengits auf Kosten des Muskowits und Biotits, die Triklinisierung der Orthoklase. Im allgemeinen ist es bei unserer gegenwärtigen mangelhaften Kenntnis noch gar nicht möglich, diese Vorgänge der Polymetamorphose erdgeschichtlich einzuzuzeitern. Es wäre im gegenwärtigen Stadium müßig, darüber zu diskutieren, wieviel von den epimetamorphen Mineralbeständen in den Gneisen und Glimmerschiefern der Nockmasse östlich der Katschbergzone variszisches und wieviel alpidisches Alter besitzen. Ich möchte nur glauben, daß die alpidische Epimetamorphose auch im Altkristallin selektiv recht gründlich wirkte.

Strukturell zeigen die geologischen Aufnahmen, an denen wir derzeit arbeiten, eine teilweise Angleichung der Strukturen des Altkristallins des Nockgebietes östlich der Katschbergzone an die darunter eintauchenden Tauern-Strukturen. Die Gesteine des Tauernfensters fallen mit 35° nach SE unter die altkristalline Schubmasse ein. Die Verhältnisse erinnern an die Sadniggruppe (siehe geologische Karte der Sonnblickgruppe), wo ebenfalls die Strukturen des aufliegenden Altkristallins denen der Tauern angeglichen sind.

Wir bringen im folgenden zwei Beispiele der selektiven Erhaltung des vortriadischen Starkwirkungsbereiches der Kristallisation, dessen Mineralbestand durch jüngere Umkristallisation (spätvariszische oder alpidische Retromorphose) nicht oder kaum erfaßt wurde. Anschließend wird auf die epimetamorphen Phengit-Mikroklin-Albit-Quarz-Gneise als Beispiel recht weit verbreiteter, epimetamorpher Gesteine im Altkristallin der Nockmasse hingewiesen.

¹⁾ Zusatz während der Drucklegung: H. WIESENER (1967, Joanneum, Mineralog. Mitteilungsblatt, p. 127) teilt mit, daß es ihm gelungen ist, noch erhaltenen Staurolith im Kerne einiger Pseudomorphosen der genannten Art im Bereiche des NE-Spornes der Alpen (Gebiet Strallegg—Wenigzell—Pöllau) aufzufinden.

A. Lagergang von granatreichem Plagioklasaplit

In den oben beschriebenen Granatglimmerschiefern mit Pseudomorphosen von Hellglimmer nach Staurolith ist konkordant ein 4,5 m mächtiger, sehr massiger Aplit-Lagergang eingeschaltet. Der Aufschluß befindet sich am selben Güterweg von St. Nikolai nach Unterburgstallberg in Seehöhe 1085 m. Der Gang streicht N 80° W und fällt 60° S. Seine Amplatzstellung erfolgte durch Intrusion. Man sieht, daß er stellenweise in die Staurolith-Granat-Glimmerschiefer eindrang und sie aufblätterte. Spätere Deformationen und Umkristallisationen (Pseudomorphosierung des Stauroliths, Albitbildung) haben sich auf die Schiefer beschränkt und sind dem massigen Aplit mehr oder weniger ausgewichen, in dem sich Oligoklas (26 bis 27% An) mit polysynthetischer Verzwilligung (Typus Plag III) erhielt.

Megaskopisch zeigt der granatreiche Plagioklasaplit eine farblose Feldspat-Quarz-Grundmasse und zahlreiche, bis 2 mm große, oberflächlich teilweise limonitisierte Granatkristalle.

Mikroskopisch (Se 1605) handelt es sich um ein granoblastisches Gefüge von Plagioklas, Quarz und Granat. Der Plagioklas (26 bis 27% An) ist als Plag III, II und I entwickelt und zeigt eine zarte, aus Hellglimmer-Mikrolithen bestehende Fülle. Quarz ist xenomorph und einschlußfrei. Granat besitzt Einschlüsse von Biotit, Quarz und Opazit. Er weist Skelettformen und randliche Umwandlung zu Chlorit auf.

Ferner: Hellglimmer (wenig; mitunter Einschlüsse opaker Substanz), Chlorit, opake Substanz, Orthit (randlich in Umwandlung zu Epidot begriffen), Zirkon und Apatit.

Es ist wegen der metamorphen Strukturen des mikroskopischen Bildes unwahrscheinlich, daß wir es mit einem alpidischen Gang (periadriatische Magmaprovinz) zu tun haben. Es dürfte sich eher um einen paläozoischen Lagergang handeln, der infolge seiner massigen Beschaffenheit selektiv von den jüngeren Bewegungen und epimetamorphen Umkristallisationen mehr verschont wurde als die angrenzenden Schiefer. Zum Vergleich sei erwähnt, daß massiger, kaum geschieferter Aplit (Dioritaplit) mit Plagioklas 23—27% An auch im oberostalpinen Altkristallin der Gleinalpe auftritt (F. ANGEL 1923, p. 68).

B. Gneisgerölle im Oberkarbon-Konglomerat der Gurktaldecke

Eine konservierende Wirkung übte das sehr harte, quarzreiche, vielfach in früheren Zeiten wegen seiner Härte zu Mühlsteinen verwendete Oberkarbon-Konglomerat des Gebietes um Innerkrams (Gurktaldecke) auf die in ihm eingeschlossenen Gerölle aus. Teils mit dem Stemmeisen, teils an angewitterten Proben mit freier Hand lassen sich die bis 20 cm großen Gerölle herausnehmen und im Dünnschliff untersuchen (Konglomerat als Lesesteine im Bachbett des Saueregg-Grabens und der Krams zwischen Mündung des Saueregg-Baches und Innerkrams). 13 Proben, die ich hier im Sommer 1965 sammelte, zeigen Mineralbestand des Starkwirkungsbereiches ohne oder nur mit sehr beschränkter Retro-morphose. Bei der nicht systematischen, sondern nur stichprobenmäßigen Aufsammlung beobachtete ich weitaus überwiegend im Konglomerat Geröllkomponenten aus Orthogneis (granatführender Biotit-Muskowit-Orthoklas-Plagioklas-Quarz-Gneis), in untergeordneter Menge Paragneis (granatführender Biotit-Muskowit-Plagioklas-Quarz-Gneis mit teilweiser Chloritisierung des Biotits), Quarzit, Lydit, Glimmerschiefer, Phyllit und Mineraldetritus von vorwiegend Quarz, Glimmer und Feldspaten.

Im Mikroskop beobachtete ich sehr auffälliges Vorherrschen von monoklinem Kalinatronfeldspat (keine Mikroklingitterung, Achsenwinkel $2V_x = 52-58^\circ$, Faser-, Ader- und Fleckenperthit; Karlsbader Zwillinge mit einspringender Zwillingnaht; meist glatt auslöschend; mitunter bei beginnender Triklinisierung flau undulös). Mikroklingitterung ist in dieser Serie der Geröllkomponenten und des Feldspatdetritus sehr selten und dann nur auf randliche Partien der großen Kalinatronfeldspate und auf einige kleine Grundgewebkörner beschränkt. Plagioklase zeigen 3 bis 24% Anorthitgehalt. Überwiegend ist Plag III entwickelt. Häufig sind die Plagioklase ungefüllt, oder zeigen nur spärliche Füllung mit Hellglimmer-Mikrolithen. Mitunter begegnet man aber prächtig gefüllten Plagioklasen (harmonisch verteilte Hellglimmermikrolithe). Der Biotit ist nicht nur im Paragneis, sondern auch im kieselsäure- und alkalireichen Orthogneis vorwiegend intensiv rotbraun gefärbt (Pleochroismus von hellgelb bis intensivst rotbraun bei normaler Schliffdicke) und steht damit in starkem Kontrast zu den alpidisch metamorphen, eisenarmen Biotiten z. B. des Tauernfensters. Er ist auch sehr reich an pleochroitischen Höfen um Zirkon oder Monazit. Reichlich vorhanden ist Muskowit. Hingegen fehlt Phengit. Der Quarz zeigt mitunter Einschlußzüge von Hellglimmer und opaker Substanz. Die Quarzitgerölle zeigen verzahnte und gelängte Quarzkörner. Böhmsche Lamellen sind häufig. Bläschenzüge folgen mitunter den Böhmschen Lamellen.

C. Phengit-Mikroclin-Albit-Quarz-Gneis

Im Gegensatz zu den beiden Beispielen A und B beobachten wir einen typisch epizonalen Mineralbestand in den gar nicht selten im Altkristallin des Nockgebietes auftretenden Phengit-Mikroclin-Albit-Quarz-Gneisen, die ähnlich beschaffen sind wie Gneise im Tauernfenster. Sie haben den Charakter von Orthogneisen (Mikroklinaugengneise, Granitgneise).

Ein solches Gestein steht am Güterweg in Unterburgstallberg, in Seehöhe 1200 m an:

Hauptgemengteile (Se 1636): Mikroclin (2,5 cm; Augen; Aderperthit, postkristallin deformiert), Plagioklas (4 bis 5 % An; Typ III und II; gefüllt mit Hellglimmer- und Klinozoisit-mikrolithen), Phengit (Pleochroismus von farblos bis hellgrün) und Quarz. Ferner: Biotit (hellgelb bis braun), Granat, Opazit, Apatit, Zirkon oder Monazit.

Analogen Charakter zeigt der Granitgneis mit „grünlichem Glimmer“ (A. THURNER 1927, p. 27), der auf THURNERS geologischer Karte die langgestreckte Linse zwischen der Mündung des Weissenbaches und der Kirche Innerkrams aufbaut und derzeit durch die Straßenerweiterungsbauten frisch aufgeschlossen ist (Dünnschliffe Se 1638, 1639, 1657). Auch der am unteren Ende des Saueregg-Grabens anstehende Granitgneis ist analog beschaffen (Se 1632).

Unter dem Mikroskop sieht man in diesen Proben hart gegitterten Mikroclin (teils Ader- und Fleckenperthit, teils perthitarm; häufig gelängt in s). Der Anorthitgehalt der Plagioklase beträgt bloß 1 bis 4%. Es handelt sich um leistenförmigen Plag III und II mit schwacher Füllung von Hellglimmermikrolithen. Der Phengit zeigt deutlichen Pleochroismus von farblos zu hellgrün. Quarz ist einschlußfrei und gelängt in s. Ferner: Biotit (hellgelb bis grünlich und bräunlich), Granat, Apatit und opake Substanz.

Die Einzeitung des epimetamorphen Mineralbestandes ist vorläufig noch unklar.

Staurolith im östlichen Tauernfenster

Staurolith wird nur selten in der penninischen Zone des östlichen Tauernfensters gefunden und ist dort auf tektonisch tiefe Position bzw. auf den südlichen Teil des Tauernfensters mit seiner stärkeren Metamorphose beschränkt. Die Glimmerschiefer, die Granat und Chloritoid führen, besitzen mitunter (selten) in den genannten Bereichen Staurolith an Stelle von Chloritoid. Staurolith und Chloritoid vertreten sich gegenseitig. Sie sind antipathetisch. Stratigraphisch werden die betreffenden Glimmerschiefer von mir als jungpaläozoisch sedimentiert aufgefaßt und die Staurolithe als alpidische Porphyroblasten gedeutet.

Ich selbst habe nur ein einziges Mal Staurolith in den östlichen Hohen Tauern gefunden, und zwar im Sommer 1956 im Kleinen Fleißtal, im Hangschutt bei Brücke 1788 der österreichischen Karte 1 : 25.000 (Blatt 154/3, Heiligenblut). Dieser Lesestein dürfte aus den Glimmerschiefern im Hangenden der Gneislamelle 1 stammen, welche im Kleinen Fleißtal die stärker metamorphe Fortsetzung der bekannten, bei Kolm Saigurn und im Gasteiner Naßfeld mächtig entwickelten Glimmerschiefer mit Porphyroblasten von Granat, Chloritoid und Chlorit darstellen. Auf der geologischen Karte der Sonnblickgruppe sind diese Schiefer mit ockergelber Farbe eingetragen. Das betreffende Gesteinsband zieht nördlich des Kleinfleiß-Baches in den Schwarzschiefern im Hangenden der Migmatite der Gneislamelle 1 am steilen Hang zwischen Gosim-Kopf und Kleinfleiß-Alm durch.

Im muskowitzreichen Glimmerschiefer sind 5 mm große Granatkristalle und 1 cm lange, gedrungene braune Staurolith-Prismen erkennbar.

Hauptgemengteile (Se 733): Granat, Staurolith, Muskowit, Biotit und Quarz.

Granat bildet Porphyroblasten, teils mit helizitischen Einschlüßzügen, teils mit zonaren Einschlüßringen von graphitischer Substanz. Auch siebförmige Quarzeinschlüsse sind im Granat vorhanden. Die randlichen Teile der Granatkristalle sind im allgemeinen einschlüßfrei.

Die Staurolithprismen liegen in s. Es handelt sich um Porphyroblasten mit Einschlüssen von graphitischer Substanz, Muskowit und Quarz. Der Staurolith zeigt bei normaler Schliffdicke kräftigen Pleochroismus von hellgelb zu intensiver, sattgelber Farbe. Praktisch (unter den Bedingungen des petrographischen Arbeitsmikroskopes) gerade Auslöschung. Starke Lichtbrechung. Gute Spaltbarkeit parallel der Prismenzone. Z in Längsrichtung des Minerals. Niedrige Doppelbrechung. Keine Zwillinge. Im Streupräparat dieselben Beobachtungen und starker Pleochroismus von hellgelb bis rotbraun. Daß es sich tatsächlich um Staurolith handelt, möchte ich heute mit Bestimmtheit aussagen, nachdem ich genügend Vergleiche mit sicheren Staurolithproben aus dem Altkristallin südlich der Tauern durchführen konnte. Auch ist nun die Unterscheidung gegenüber gleich großen, ähnlich gefärbten und daher für Verwechslungen bei kleinen Auslöschungswinkeln gefährlichen Epidot-Porphyroblasten gewisser Tauern-Glimmerschiefer eindeutig auf Grund der anderen Lichtbrechung und Spaltbarkeit kargestellt.

Ursprünglich hatte ich die Staurolithe dieser Probe richtig im Mikroskop bestimmt. Dann ließ ich mich vorübergehend durch Epidote genannter Art irritieren und so kam der falsche Text in den Erläuterungen zur geologischen Karte der Sonnblickgruppe zustande, den ich nunmehr folgendermaßen berichtigen muß: Die Probe Se 733 ist zu den Schiefen ins Hangende der Gneislamelle 1 einzureihen. Auf Seite 33, Zeile 16, 12 und 9 von unten, ist das Wort Epidot durch Staurolith zu ersetzen.

Die übrigen Gemengteile des Gesteines sind Muskowit (1,6 mm) und Biotit (1 mm; hellgelb bis dunkelbraun), Quarz (2,2 mm, schwach undulös). Ferner: Chlorit, graphitische Substanz, Turmalin, Ilmenit, Epidot und Apatit. Das Gestein ist parakristallin bezüglich der Glimmer deformiert.

Einen anderen und wahrscheinlich ähnlichen Fund haben F. ANGEL und R. STABER (1938 und 1952, p. 29) in den Granatglimmerschiefern der Ankogelmulde (Seebach-Schieferzone), und zwar am SE-Fuß des Nördlichen Schwarzhornes ge-

macht. Es handelt sich um braune, bis 1 cm große Staurolith-Porphyroblasten, die neben Granat auftreten.

Die übrigen Vorkommen von Staurolith, welche in der Literatur aus den östlichen Hohen Tauern genannt werden, sind die folgenden:

F. ANGEL (1926, p. 29—31) und F. ANGEL & R. STABER (1952, p. 29) erwähnen diaphthoritisierten Staurolith aus Granatphylliten. Es dürfte sich um spätalpidische Retromorphose der während der alpidischen Starkwirkungsphase der Metamorphose kristallisierten Staurolithe handeln. Sie befinden sich rund um die Lonza bei Mallnitz wiederum in den von mir stratigraphisch für jungpaläozoisch sedimentiert gehaltenen hellen Granat-Chloritoid-Chlorit-Schiefern. Leider fehlen nähere Beschreibungen aus neuerer Zeit, so daß ich mir derzeit kein anschauliches Bild davon machen kann, da ich selbst solche retromorphe Staurolithreste noch nicht auffand.

Zu analogen Schiefen gehören wohl die „Hellglimmerschiefer mit Granat und Staurolith in Diaphthorose ... über randlich schiefrigem Zentralgranit“ der Sonnblickgruppe im Profil vom „Sonnblickzentralgneis über den Stanziwurten nach Putschall“ (F. ANGEL 1928, p. 174).

In dankenswerter Weise teilt mir Herr Prof. H. LEITMEIER mit, daß der in seinem Buche erwähnte Staurolith auf der Stanziwurten bloß auf einen Literaturhinweis, wahrscheinlich auf das soeben genannte ANGELSche Zitat zurückgeht und nicht auf eine Originalbeobachtung LEITMEIERS. Siehe dazu auch Ch. EXNER 1964, p. 154.

Staurolith wird zusammen mit Disthen vom ? Radhausberg genannt (F. ANGEL & R. STABER 1952, p. 43). Wie schon das Fragezeichen im Originaltext erkennen läßt, dürfte der Fundort sehr unsicher sein.

Skeptisch möchte ich auch gegenüber der Angabe von A. HOTTINGER (1935, p. 268) bleiben, wonach sich ohne nähere Fundortangabe oder optische Beschreibung Staurolith im Glimmerschiefer des Verbandes der Modereckdecke finde. Wahrscheinlich handelt es sich um Verwechslung mit Turmalin oder Epidot.

Ich komme damit zur Auffassung, daß sich in den tektonisch hohen Bereichen des Penninikum des östlichen Tauernfensters überhaupt kein Staurolith findet.

Damit stimmt überein, daß auch in der Glocknergruppe kein Staurolith gefunden wurde, sondern nur an einer einzigen Stelle im Granatglimmerschiefer der Riffdecke eine fragliche Pseudomorphose, eventuell nach Staurolith (H. P. CORNELIUS & E. CLAR 1939, p. 93).

Nachprüfenswert wäre der Staurolith, der randlich in Chloritoid umgewandelt sei, vom Nordrande des westlichen Tauernfensters im Gerlostal (H. DIETEKER 1938, p. 60, 64 und 113).

Sicherer Staurolith ist im westlichen Tauernfenster aus den Greinerschiefern des Schlegeistales bekannt (V. TROMMSDORFF 1964, p. 4).

Die ältere Ansicht, wonach sich im Tauernfenster altkristalline Staurolithreste, vergleichbar den Hülschiefern der Gleinalpe und bei Radegund bei Graz, erhalten hätten (F. ANGEL 1926, p. 30) wurde schon von H. P. CORNELIUS & E. CLAR (1939, p. 93) angezweifelt.

Auf Grund obiger Beobachtungen und kritischer Sichtung der Literatur gelange ich zur Auffassung, daß Staurolith in den charakteristischen, wahrscheinlich jungpaläozoisch sedimentierten und alpidisch metamorphen Granatglimmerschiefern auftritt, wo diese in tektonisch tiefer oder stark südlicher Position in den Bereich der alpidischen Starkwirkung der Metamorphose (Mesozone) gelangten. Es ist richtig, daß es sich dabei vorläufig nur um „Spuren“ von alpidisch ge-

sproßtem Staurolith handelt (G. FRASL 1960, p. 197), weil bisher so wenig gefunden wurde.

Das Staurolithfeld der alpidischen Metamorphose in den Westalpen (P. BEARTH 1958, E. & C. R. NIGGLI 1965) hat also nur spurenweise in den tektonisch tiefsten Serien bzw. südlichen Serien des Penninikum des Tauernfensters sein Äquivalent. Der Hauptteil des Tauernfensters gehört dem alpidischen Chloritoidfeld an. Es dürfte allerdings innerhalb des Zeitraumes der Wirkung der alpidischen Metamorphose Interferenzen der beiden Metamorphosefelder geben. Jedenfalls sehen wir weiteren Funden von Staurolith in den Tauern mit Interesse entgegen.

Literatur

- ANGEL, F.: Petrographisch-geologische Studien im Gebiete der Gleinalpe (Steiermark). — *Jahrb. Geol. Bundesanstalt Wien*, 73, 1923.
- ANGEL, F.: Gesteine der Steiermark. — *Mitt. Naturw. Ver. Steiermark*, 60, 1924.
- ANGEL, F.: Gesteine der Lonza bei Mallnitz, Kärnten. — *Mitt. Naturw. Ver. Steiermark*, 62, 1926.
- ANGEL, F.: Gesteinskundliche und geologische Beiträge zur Kenntnis der Schoberggruppe in Osttirol. — *Verh. Geol. Bundesanstalt Wien*, 1928.
- ANGEL, F., & R. STABER: Gesteine und Gebirgsbau im Umkreis der Osnabrücker Hütte. — *Festschrift zur Fünfzigjahrfeier des Zweigvereins Osnabrück des Deutschen Alpenvereins*, 1938.
- ANGEL, F., & R. STABER †: Gesteinswelt und Bau der Hochalm-Ankogel-Gruppe. — *Wissenschaftliche Alpenvereinshefte*, 13, Innsbruck 1952.
- BEARTH, P.: Über einen Wechsel der Mineralfazies in der Wurzelzone des Penninikums. — *Schweiz. Min. Petr. Mitt.*, 38, 1958.
- DIETEKER, H.: Der Nordrand der Hohen Tauern zwischen Mayrhofen und Krimml (Gerlostal, Tirol). — *Promotionsarbeit. Geologisches Institut der Universität Zürich*, 1938.
- EXNER, CH.: Die Südost-Ecke des Tauernfensters bei Spittal an der Drau. — *Jahrb. Geol. Bundesanstalt Wien*, 97, 1954.
- EXNER, CH.: Der Granodiorit von Wöllatratten (Mölltal) und die hydrothermale Veränderung der diskordanten Ganggesteine der Kreuzeckgruppe. — *Carinthia II*, 151, 1961.
- EXNER, CH.: Die Perm-Trias-Mulde des Gödnachgrabens an der Störungslinie von Zwischenbergen (Kreuzeckgruppe, östlich Lienz). — *Verh. Geol. Bundesanstalt Wien*, 1962.
- EXNER, CH.: Erläuterungen zur geologischen Karte der Sonnblickgruppe 1:50.000. — *Geol. Bundesanstalt Wien*, 1964.
- FRASL, G.: Zum Stoffhaushalt im epi- bis mesozonalen Pennin der mittleren Hohen Tauern während der alpidischen Metamorphose. — *Geol. Rundschau*, 50 (1960), 1961.
- FRIEDRICH, O.: Der Staurolith von Dietenberg bei Ligist in Weststeiermark. — *Mitt. Naturwiss. Ver. Steiermark*, 64/65, 1929.
- FRI TSCH, W.: Das Kristallin von Mittelkärnten und die Gurktaler Decke. — *Veröff. Haus d. Natur Salzburg*, Heft 3, N. F. 16. Jg. d. Abt. II, 1965.
- FRI TSCH, W., & MEIXNER, H.: Ergänzungen zum Führungstext zur petrographischen Exkursion um den Plankogel bei Hüttenberg, Kärnten. — *Der Karinthin*, 51, 1964.
- HAMMER, W.: Geologische Beschreibung der Laasergruppe. — *Jahrb. Geol. Reichsanstalt Wien*, 56, 1906.
- HOLZER, H.: Bericht 1959 über geologische Aufnahmen auf Blatt Hartberg (136). — *Verh. Geol. Bundesanstalt Wien*, 1960.
- HOTTINGER, A.: Geologie der Gebirge zwischen der Sonnblick-Hocharn-Gruppe und dem Salzachtal in den östlichen Hohen Tauern. — *Eclogae Geol. Helvetiae*, 28, 1935.
- KAMP, H. v., & WEISSENBACH, N.: Die geologische Neuaufnahme des Saualpenkristallins (Kärnten) II. Das Gebiet zwischen Erzberg, Hohenwart und Gleyerkogel. — *Carinthia II*, 151, 1961.
- MEIXNER, H.: Die Minerale Kärntens I. — *Carinthia II*, 21. Sonderheft, 1957.
- NIGGLI, E., & NIGGLI, C. R.: Karten der Verbreitung einiger Mineralien der alpidischen Metamorphose in den Schweizer Alpen (Stilpnomelan, Alkali-Amphibol, Chloritoid, Staurolith, Disthen, Sillimanit). — *Eclogae Geol. Helvetiae*, 58, 1965.
- PAULITSCH, P.: Das Kristallin zwischen Tassenbach und Obertilliach, Osttirol, und seine Metamorphose. — *Verh. Geol. Bundesanstalt Wien*, 1960.

- SCHMIDT, K.: Zum Schlingenbau tiefer Gebirgsetagen. — *Krystalinikum*, 3, Prag, 1965.
- THURNER, A.: Geologie der Berge um Innerkrems bei Gmünd in Kärnten. — *Mitt. Naturw. Ver. Steiermark*, 63, 1927.
- THURNER, A.: Versuch einer Gliederung der kristallinen Paraschiefer an der Hand der kristallinen Gesteine von Innerkrems bei Gmünd in Kärnten. — *Centralblatt f. Mineralogie etc.*, Abt. A, 1929.
- TROMMSDORFF, V.: Untersuchungen an Interngefügen III. Beispiele aus der unteren Schieferhülle des Tauern-Westendes. — *Sitzungsber. Öster. Akad. Wiss. Wien, Abt. I, m.-n. Kl.*, 173, 1964 a.
- TROMMSDORFF, V.: Über ein Staurolithgefüge mit Internregelung. — *N. Jb. Miner. Mh.*, 1964 b.

Ein Beitrag zum Vergleich von Tonaliten und Granodioriten im mittelböhmischem Pluton und in den periadriatischen Intrusivmassen

Aus dem Mineralogischen Institut der Universität Kiel

mit 4 Photos

Von F. KARL

Summary

Through comparative studies of tonalites and granodiorites from the Hercynian Central Bohemian Pluton and from the Alpine Periadriatic intrusions the following distinctions were established: The rocks of the southeastern part of the Central Bohemian Pluton bordering against the Moldanubian must be regarded as in-situ-anatexites, which develop partial intrusions in the northwest against the Barrandian. On the other hand, the Periadriatic rocks consistently form high-level plutons without any anatectic-paligenetic roots exposed. Microscopically there are distinctions concerning the final stages of crystallization. In the Bohemian rocks microclines showing normal perthitic unmixing are dominant. Final endometasomatic crystallization resulting in muscovite — chlorite — zeolite — carbonate paragenesis is rare. In the Periadriatic igneous rocks *k*/feldspars exhibiting optical properties close to orthoclase and little perthite unmixing predominate. The final stages of pneumatolytic crystallization are commonly developed and consist of hornblende-epidote — biotite — *k* feldspar — oligoclase assemblages. The comparative studies undertaken so far are not in favor of a geological-petrographical correspondence of the Central Bohemian Pluton and the Periadriatic massifs.

Die Untersuchungen der tonalitischen Gesteine im Ostalpenhauptkamm (Hohe Tauern) und deren detaillierter petrographisch-geologischer Vergleich mit den periadriatischen Tonaliten und Graniten des Adamello- und Rieserferner Komplexes führten zu dem Ergebnis, daß neben gewichtigen tektonisch-geologischen Argumenten auch die petrographische Übereinstimmung (nach Abzug der Tauernkristallisation) für ein alpidisches Alter der Tonalit-Granite in den Hohen Tauern spricht (F. KARL 1959, F. KARL & G. MORTEANI 1960, G. MORTEANI 1962, F. KARL 1962, 1963 und 1964).

Die neueren petrographischen Untersuchungen des variskischen, mittelböhmischem Plutons zwischen stark metamorphem Moldanubikum im SE und schwach metamorphem Barrandium im NW zeigen einen granitischen Gesteinskomplex, an dem gleichfalls, und nicht unwesentlich, tonalitische bis granodioritische Gesteine ähnlicher Ausbildung wie in den periadriatischen Massen be-