

# Andalusit-Granat-Staurolith-Glimmerschiefer im Gailtalkristallin (Kärnten)

Von RUDOLF PHILIPPITSCH, GERHARD MALECKI & HERBERT HEINZ\*)

Mit 3 Abbildungen

Unserem verehrten Lehrer, Herrn Univ.-Prof. Dr. CHRISTOF EXNER,  
zum 70. Geburtstag

Österreich  
Gailtaler Alpen  
Gailtalkristallin  
Andalusit/Disthen  
Petrogenese

Österreichische Karte 1 : 50.000  
Blatt 198

### Zusammenfassung

Petrologisch/petrographische Untersuchungen an Andalusit-Granat-Staurolithglimmerschiefern im tiefsten Anteil des Gailtalkristallins zeigten, daß der für die Bildung der Aluminosilikate Andalusit und Disthen notwendige chemische Stoffbestand aus dem Muttergestein selbst beziehbar ist. Die Bildung der andalusitführenden Granat-Staurolithglimmerschiefer erfolgte wahrscheinlich unter Drucken um 5 kb und einer Temperatur von etwa 530°C. Ein eventueller Wärmefluß, herrührend von plutonischer Tätigkeit (Periadriatika), wird, für das metamorphe Geschehen bedeutsam, nicht zur Gänze ausgeschlossen.

### Summary

Petrological/petrographic studies on Andalusite-Garnet-Staurolithe-Mica schists within the "Gailtal crystalline-complex" have been carried out. The chemical environment necessary for the growth of Andalusite and Cyanite can be assumed as already existing within the primary rock association. Pressure and temperature could be estimated with  $\approx 5$  kb and  $\approx 530^\circ\text{C}$ . Possible influences on the metamorphic event from periadriatic plutones are not generally generally.

## 1. Einleitung

Im Zuge einer Exkursion wurde im Sommer 1984 der Jeniggraben (knapp nördlich der Ortschaft Jenig im Gailtal, etwa 15 km westlich von Hermagor) näher untersucht (Abb. 1; vgl. auch HERITSCH & PAULITSCH, 1958). Aufgeschlossen ist dort ein etwa 200 m mächtiges Gesteinspaket, vorwiegend bestehend aus Granat-Staurolithglimmerschiefern (mit unterschiedlich starker – bis auch ganz fehlender – Andalusitführung) sowie Glimmerquarziten. Eingeschaltet sind untergeordnet auch Hornblende-Granat-Quarzite und Amphibolite, allerdings nur in dezimeterdicken Lagen. Die Gesteine fallen generell mittelsteil bis steil ( $50^\circ$ – $70^\circ$ ) nach Norden ein und werden im Westen und Süden von der jüngeren Bedeckung des Gailtales verhüllt. Die an die

Granat-Staurolithglimmerschiefer gebundene Andalusitführung ist noch in streichender Fortsetzung über etwa einen Kilometer Länge bis zum Ausgang des Zedlbachgrabens zu verfolgen.

Andalusit kann in zwei Ausbildungsformen beobachtet werden:

- gesteinsbildend als unregelmäßig, lappig begrenzte und zum Teil poikiloblastisch entwickelte Individuen in Al-reichen Glimmerschiefern (Gneisen) und Granat-Staurolithglimmerschiefern und
- als idiomorph entwickelte Makrokristalle bis Dezimetergröße sowohl randlich als auch innerhalb von Quarzknuern, welche die Glimmerschiefer durchsetzen. Hierzu gehört auch das zusätzliche Auftreten von Disthenkriställchen.

Die besten Aufschlüsse bietet der Grabenausgang nördlich von Jenig.

## 2. Petrologie/Petrographie

### 2.1. Granat-Staurolithglimmerschiefer

Das Gestein ist straff geschiefert, dunkelgrau und zeigt im Millimeterbereich neben fast reinen Quarzlagen

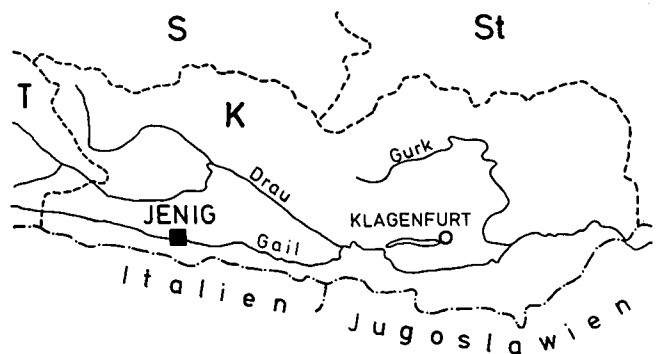














Abb. 1: Lage des untersuchten Gebietes in Kärnten.

\*) Anschrift der Verfasser: Dr. RUDOLF PHILIPPITSCH, A-9620 Jadersdorf; Dr. GERHARD MALECKI, Dr. HERBERT HEINZ, Geologische Bundesanstalt, Rasumofskygasse 23, A-1031 Wien.

LEGENDE :

-  Rutschungsnische
-  verrutschtes Material
-  Hangschutt
-  rezentes Bachsediment, Bachschutt
-  Wildbach- u. Murenschutt
-  Andalusit-Granat - Staurolith - Glimmerschiefer
-  wie oben, mit Quarzmobilisaten
-  Glimmerquarzit
-  Granat-Hornblende - Quarzit
-  andalusitführende Quarzknauern
-  grobkörniger biotit- und granat = führender Glimmerschiefer (±Andalusit)
-  Wildbachverbauung

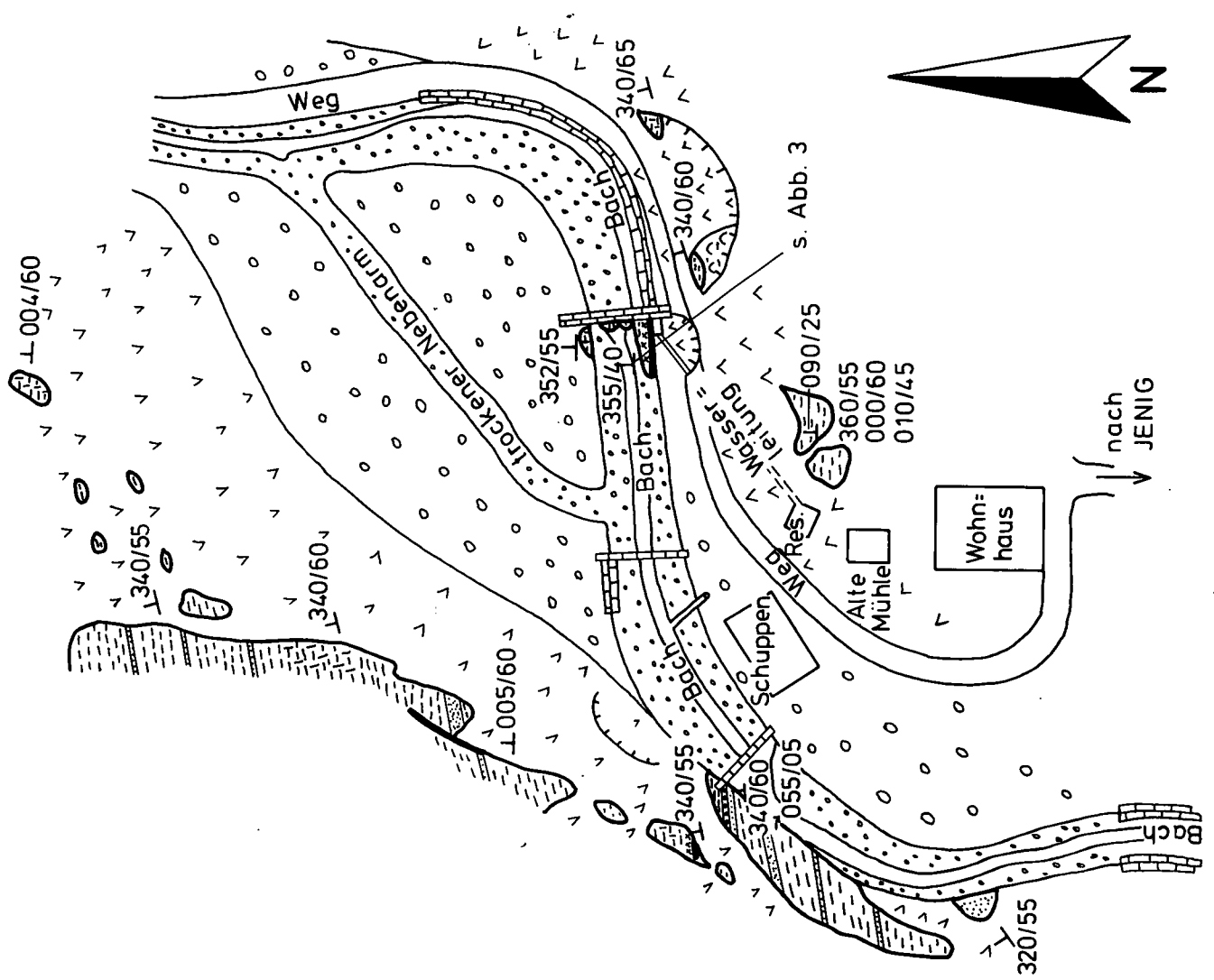
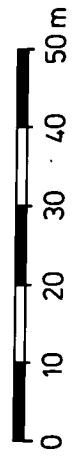


Abb. 2: Geologische Kartenskizze des Jeniggraben-Ausganges mit Probenahmepunkten.

auch Quarz ( $\pm$ Plagioklas) / Hellglimmerzüge und vorwiegend aus Biotit und Hellglimmer bestehende Bahnen. Die porphyroblastisch entwickelten Minerale wie Staurolith und Granat sind, ebenso wie die quergestellten Glimmer, über das Gefüge gewachsen. Die Bildung dieser Mineralphasen ist somit postdeformativ bezüglich der Hauptschieferungsflächen ( $s_2$ ) erfolgt.

#### **Mikroskopischer Befund:**

Granat erreicht eine maximale Korngröße von 1 mm, ist idiomorph bis hypidiomorph ausgebildet und neigt zur Haufwerksbildung. Gelegentlich kommt es an Rissen oder Sprüngen zu leichter Chloritisierung, sonst sind die Granate eher frisch. Als Einschlüsse kommen Turmalin und Ilmenit vor; sie sind durchwegs in die Hauptschieferungsrichtung geregelt ( $s_i = s_a$ ).

Staurolith ist deutlich pleochroitisch (hellgelb bis ockergelb). Die bis zu 2,8 mm großen, z. T. verzwilligten Porphyroblasten, die immer poikiloblastisch ausgebildet sind, führen zahlreiche Einschlüsse von Quarz, Ilmenit und (untergeordnet) Turmalin (auch hier ist  $s_i = s_a$ ). Lagenweise ist feinverteilter Graphitstaub zu beobachten. Entlang der Ränder und an Spalttrissen sind mitunter leichte Chloritisierungs- und Serizitisierungserscheinungen bemerkbar.

Biotit als dominierender Gemengteil ist maximal 3,6 mm groß und hellgelb bis rehbraun pleochroitisch. Neben den in der Hauptsache in die vorherrschende Schieferungsrichtung ( $s_2$ ) eingeregelt Individuen treten auch Querbiotite auf, die manchmal stark geknickt bzw gewellt sind. Einschlüsse: Quarz, Granat, Turmalin und Zirkon.

Hellglimmer ist sowohl grobblättrig als auch feinschuppig entwickelt; auch er bildet mitunter quergestellte Blättchen; die Korngröße der grobblättrigen Individuen ist etwa gleich jener des Biotits.

Quarz löscht stark undulös aus; die Körner sind miteinander innig verzahnt, dabei läßt sich aber auch rekristallisiertes Kleinkornpflaster feststellen.

Plagioklas tritt deutlich gegenüber Quarz zurück; er zeigt Verzwilligung nach dem Albitgesetz. Gut erkennbar ist er an den feinschuppigen Serizitaggregaten, die ihn unter parallelen Nicols getrübt erscheinen lassen.

Akzessorien: Turmalin, Zirkon; seltener: Apatit  
Erz: Ilmenit; seltener: Pyrit und Eisenhydroxide.

Durch Kornvergrößerung, das Zurücktreten von Granat gegenüber Staurolith und das vermehrte Auftreten von Chloritschuppen bzw. -aggregaten, die möglicherweise auch primärer Natur sein können, entstehen weitere Varietäten dieser Granat-Staurolithglimmerschiefer.

## **2.2.**

### **Andalusit-Staurolith-Granatglimmerschiefer (Gneis)**

Wesentlichste Unterschiede zu den in 2.1. beschriebenen Typen sind: noch gröbere Körnigkeit, starke Biotit- und Erz-(Ilmenit-) Führung, Zurücktreten von Staurolith; der Plagioklasanteil ist deutlich höher als der Quarzanteil (Gneis!); Andalusitführung.

#### **Mikroskopischer Befund**

Andalusit kommt in Form lappiger, unregelmäßig begrenzter Individuen (1–2 mm Größe) innerhalb des

Grundgewebes vor und zeigt nur selten Tendenz zur Ausbildung deutlicher Kristallflächen; er ist leicht fleckig rosafarben und führt gelegentlich kleine Biotittäfelchen.

Staurolith erreicht nur mehr Korngrößen bis zu 0,5 mm und tritt, wie erwähnt, stark zurück. Die idiomorphen Kristalle sind stark poikiloblastisch entwickelt.

Granat (<1,5 mm) ist idiomorph und wird sehr häufig von Biotit ummantelt. Dieser (4–5 mm) ist oft leicht chloritisiert und gelb- bis rehbraun pleochroitisch.

Chlorit ist zumeist sekundär nach Biotit entstanden. Daneben sind vereinzelt Individuen zu beobachten, die durchaus primär gesproßt sein könnten.

Hellglimmer ist fast immer mit Biotit verwachsen.

Plagioklas schließlich stellt lagenweise die dominierende felsische Phase dar. Er ist vorwiegend nach dem Albitgesetz verzwilligt. Die Individuen sind oftmals mit Hellglimmermikrolithen gefüllt.

Quarz löscht undulös aus; die Individuen sind intensiv miteinander verzahnt.

Die Ilmenit-Leisten können eine Größe von über 1 mm erreichen und sind im allgemeinen ins s geschichtet. Durch sein bereits erwähntes stärkeres Auftreten muß der Ilmenit bereits zu den Nebengemengteilen gezählt werden.

Akzessorien: Turmalin; seltener: Zirkon und Epidot.

## **2.3. Disthenführende**

### **Andalusit( $\pm$ Quarz, $\pm$ Plagioklas)-Knauern innerhalb der Granat-Staurolith-Glimmerschiefer**

In den unter 2.2. beschriebenen Gesteinen finden sich Kornhaufwerke von bis zu 2 cm großen Andalusitblasten, die unter dem Mikroskop eine mehr oder weniger starke, fleckig verteilte Rosafärbung zeigen. Der Andalusit ist eigentlich arm an Einschlüssen, nur gelegentlich sind Erzleistchen (Ilmenit), chloritisierter Biotit und Hellglimmer beobachtbar. Auch idiomorphe Staurolithe konnten als Einschlüsse beobachtet werden; in diesen Fällen sind die Staurolithe nur schwach poikiloblastisch entwickelt. Formrelikte nach Staurolith kommen äußerst selten als Einschlüsse vor; sie stellen nunmehr filzige Aggregate von Hellglimmer und Chloriten dar. Der Andalusit ist recht frisch und nur schwach serizitisiert. Neben den zentimetergroßen Andalusiten existieren auch idiomorphe bis hypidiomorphe Kristalle kleinerer Korngröße in grob kristallisierten Hellglimmerblättern.

Von besonderer Bedeutung sind die mit freiem Auge nicht mehr erkennbaren Disthenkriställchen (maximal 0,3 mm groß), die entlang von Korngrenzen und Spalttrissen auf die Andalusitblasten aufgewachsen sind, also keine Pseudomorphosen nach Andalusit darstellen. Diese Disthene sind stets idiomorph, besitzen einen leicht grau bis bläulichen Farbton und zeigen bei gegebenen Schnitten die für sie typische Spaltbarkeit.

Die Zwischenräume bzw. Zwickelfüllungen innerhalb der Andalusite bestehen aus Hellglimmer und sekundär gebildetem Chlorit (nach Biotit, unter Ausscheidung von Erzpartikelchen), wenig Quarz und aus Plagioklas. An Akzessorien sind Ilmenit und Rutil (Sagenitgitter) zu erwähnen. An den Grenzen der Knauern zum umgebenden Andalusit-Staurolith-Granatglimmerschiefer (Gneis) treten rekristallisierte Plagioklas- und Quarzkörner auf.

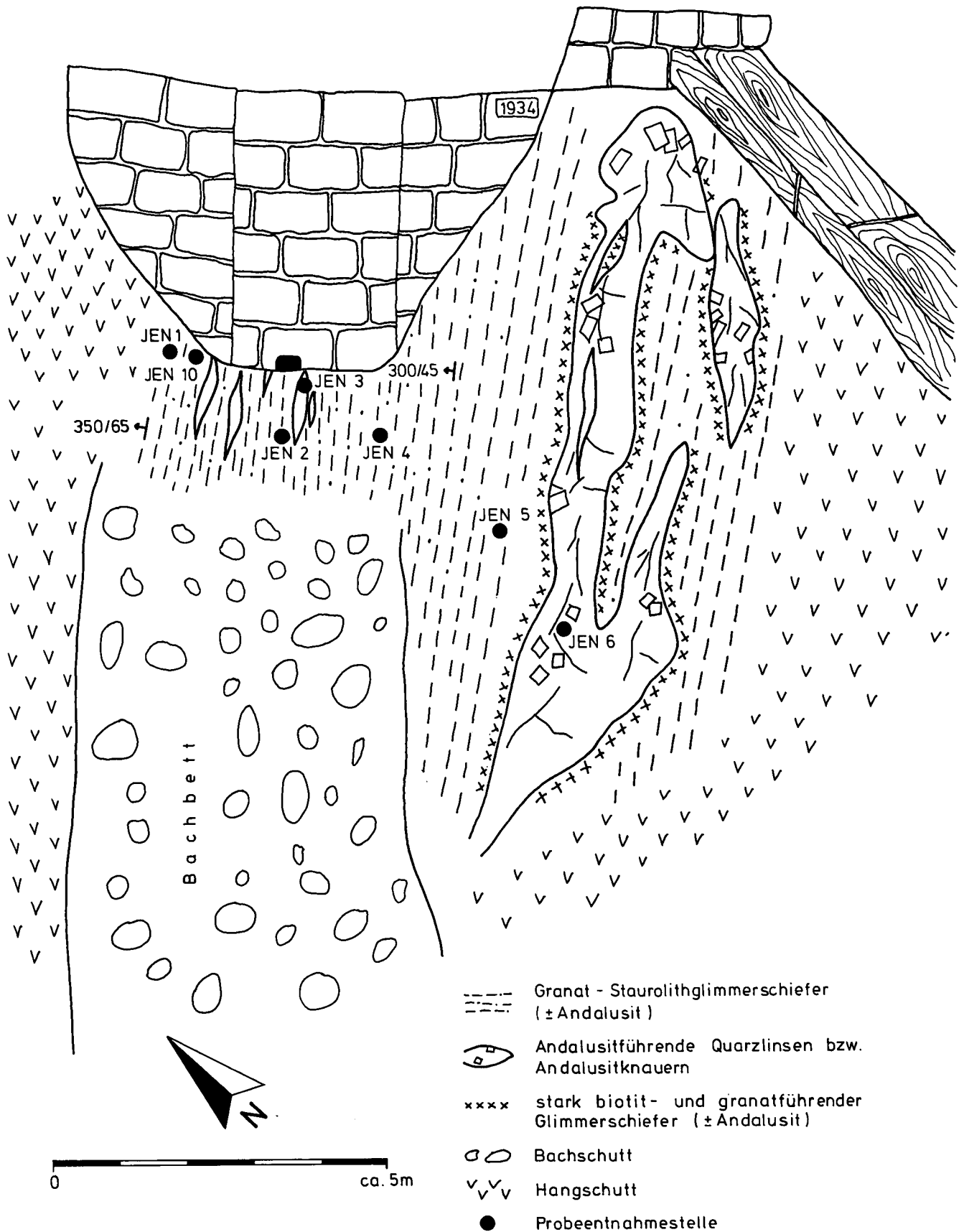


Abb. 3: Detailprofil aus Abb. 2.

## 2.4. Andalusitführende Quarzlinse(n) (+ Plagioklas)

Am Ostrand des Ausgangs des Jeniggrabens (Abb. 2, 3) ist die mächtigste Quarzmobilisatlage aufgeschlossen (vgl. Kapitel 1). Die einem Pegmatoid ähnelnde Linse ist wohl zum Teil unregelmäßig geformt, liegt aber generell in der Schichtfläche. Sowohl an den Rändern als auch im Kernbereich führt sie bis zu 10 cm große Andalusitsäulen. Die stark rosa gefärbten Kristalle sind sehr frisch, können aber mitunter von einer sekundären, dünnen Hellglimmerhaut ummantelt sein; die Säulen sind durchwegs regellos gewachsen.

Das Nebengestein (Gimmerschiefer ± Staurolith ± Andalusit) ist an den Grenzen zur Quarzlinse an Biotit, Granat und z. T. an Staurolith stark angereichert und an Quarz und Hellglimmer sehr verarmt (Stoffaustausch, Si-Al-Mobilisationen).

Die rotbraun gefärbten Granate haben speziell im Randbereich die größte Korngröße. Die größten Quarzkörner (ca. 7 mm) löschen stark undulös aus, zum Teil ist auch Böhm'sche Streifung festgestellt worden. Alle Quarzindividuen sind miteinander kompliziert verzahnt. An den Korngrenzen ist auch manchmal rekristallisiertes Kleinkornhaufwerk zu beobachten.

Die hypidiomorphen bis idiomorphen Andalusite zeigen wieder die typischen fleckig verteilten Rosafärbungen; ihre Ränder können von einem schmalen Hellglimmersaum umgeben sein. Daneben kommt aber auch idiomorpher Andalusit in Form von Kleinhaufwerk in das Quarzpflaster eingebettet vor. Die großen Blasten zeigen nur schwache Tendenz zu poikiloblastischer Ausbildung. An Einschlüssen ist dann Quarz und etwas Erz (Ilmenit) zu beobachten.

Akzessorisch: Turmalin; Ilmenit.

## 2.5. Granat-Andalusit-Staurolith-Glimmerschiefer

Die Probe stammt aus dem südlichsten aufgeschlossenen Bereich des Gesteinsverbandes. Speziell hier ist die Wechsellagerung der Glimmerschiefer mit Glimmerquarziten, Hornblende-Granatquarziten und Amphiboliten aufgeschlossen. Die Mächtigkeiten dieser Einschaltungen liegen zwischen 0,2 und 1,8 Meter. Ein ähnliches lithologisches Bild ist auch in der streichenden Fortsetzung am Ausgang des Zedlbachgrabens zu beobachten.

### Mikroskopischer Befund

Der regellos über das Gefüge gewachsene Staurolith ist idiomorph, stark poikiloblastisch entwickelt und erreicht maximale Korngrößen von 1,5 cm. An Einschlüssen führt er reichlich Ilmenit, Quarz, Plagioklas und Biotit. Häufig sind auch Verzwillingungen beobachtbar. Die mit dem Andalusit in Kontakt stehenden Individuen zeigen keinerlei Reaktionssäume.

Die bis zu 1 cm großen, unregelmäßig begrenzten Andalusit-Aggregate zeigen oft starke Tendenz zu poikiloblastischer Ausbildung. Größere Individuen führen zahlreiche Einschlüsse von Ilmenit, Hellglimmer, Biotit und Quarz. Neben Staurolith ummantelt Andalusit z. T. auch idiomorphen Granat. Mit Hellglimmer und Biotit kann er innig verwachsen sein, bzw. dringt er buchtartig in die Glimmerminerale ein. Seltener sind auch kleinere, xenomorphe Andalusitindividuen inner-

halb von Hellglimmerblättchen zu beobachten. Demzufolge könnte also die Bildung von Andalusit auf Kosten der Glimmerminerale, vornehmlich des Hellglimmers, zurückzuführen sein. An Sprüngen und Rissen kann es auch zu leichter Serizitisierung kommen.

Granat ist idiomorph ausgebildet und zeigt nur ab und zu schwache Chloritisierung; seine Korngröße liegt in der Größenordnung von 2 mm.

Die Glimmer, Hellglimmer und Biotit, können Größen bis zu mehreren Millimetern erreichen. Die Querbiotite sind geknickt und teilweise chloritisiert.

Chlorit tritt stellenweise grobschuppig entwickelt auf, wobei nicht mehr unterschieden werden kann, ob es sich nur um primäre Phasen oder aber um sekundäre Bildungen (nach Biotit) handelt.

Zwischen den Glimmerbahnen liegen millimetermächtige Quarz-linsen. Die Quarzindividuen sind untereinander verzahnt und löschen undulös aus. Im Randbereich der Linsen sind die Quarze rekristallisiert und bilden ein polygonales Pflastergefüge. Die an die Glimmerbahnen gebundenen Quarze sind ins s gelangt. Zwischen den Quarzen findet sich oft Chlorit, häufig sekundär nach Biotit.

Lagenweise ist auch Plagioklas (oft nach dem Al-bitgesetz verzwillingt) ziemlich stark vertreten. Die Individuen sind allerdings mehr oder weniger stark serizitisiert.

Akzessorien: Turmalin, Zirkon, Apatit.

## 3. Überlegungen zur Genese und Metamorphose

Im Hinblick auf die ursprünglich sedimentäre Zusammensetzung der nunmehr metamorph vorliegenden Gesteinseinheit sollten für die mineralreichen Glimmerschiefer und zum Teil auch Paragneise zum überwiegenden Teil toniges Material mit wechselnden Anteilen von sandigen und teils feldspatführenden Sedimenten als Ausgangsgestein in Betracht gezogen werden. Ein entsprechend umgekehrtes Verhältnis zwischen tonigem und sandigem Ausgangsmaterial ist für die mit den Glimmerschiefern in Wechsellagerung liegenden quarzischen Gesteinspartien anzunehmen. Wesentlich schwieriger ist es hingegen, auf den primären Stoffbestand der geringmächtigen Amphiboliteinschaltungen zu schließen. Da weder Mineral- noch Gefügerelikte zu beobachten sind, kann das Edukt sowohl mergelig sedimentärer als auch magmatischer Natur (basischer Vulkanismus) gewesen sein. Ebenso möglich sind tuffogen beeinflusste mergelige Sedimente.

Der mehr oder weniger deutlich ausgeprägte interne stoffliche Lagenbau (mm bis cm) der Al-reichen Glimmerschiefer, der durch mengenmäßig verschiedene Anteile von Staurolith, Granat, Andalusit, Muskovit, Biotit, Quarz, Plagioklas, Ilmenit und Akzessorien (vor allem Turmalin) gekennzeichnet ist, sollte zumindest teilweise auf bereits primäre sedimentäre Stoffunterschiede zurückgeführt werden.

Auffallend ist daneben noch, daß besonders die innerhalb der Al-reichen Glimmerschiefer durch Sammelkristallisation bzw. durch Mobilisation hervorgegangenen Andalusit-führenden Quarzknuern in Hinblick auf die chemische Zusammensetzung (vor allem das Aluminium betreffend) starke Gebundenheit an das Mutterge-

stein zeigen. Die Alumosilikate, speziell Andalusit und Disthen, treten nur in Knauern innerhalb eben sehr aluminiumreicher Gesteinshorizonte auf (z. B. Granat-, Staurolith-, Andalusitglimmerschiefer, Granat-Staurolithglimmerschiefer). Demzufolge ist es wohl sehr naheliegend, daß der zur Bildung von Andalusit und Disthen notwendige chemische Stoffbestand aus der unmittelbaren Umgebung (Muttergestein) bezogen wurde. Für die Bildung solcher Knauern und deren Mineralassoziationen sind somit die Transportmechanismen von größter Bedeutung. Die nach Kristallisation des Andalusites erfolgte leichte Verglimmerung kann durch eine lokal erhöhte Wasserfugazität und Kaliaktivität randlich und längs der Korngrenzen durchaus plausibel erklärt werden.

Was nun die Metamorphose betrifft, muß vorausgeschickt werden, daß die folgenden Überlegungen ausschließlich auf Dünnschliffbeobachtungen beruhen. Die chemische Zusammensetzung der einzelnen Mineralphasen, die unter anderem für relativ genaue Abschätzung von Druck- und Temperaturverhältnissen herangezogen werden könnten und daneben auch verlässliche Aussagen über die möglicherweise in den Gesteinen vorhandenen unterschiedlichen Mineralgenerationen ermöglichen, wurde im Rahmen dieser Arbeit nicht berücksichtigt. Da jedoch aufgrund der an ähnlichen Gesteinstypen experimentell durchgeführten Bestimmung und Festlegung der Stabilitätsgrenzen der einzelnen Mineralphasen Literaturdaten zur Verfügung stehen, ist es dennoch möglich, eine annähernd genaue Einstufung der Druck- und Temperaturverhältnisse vorzunehmen. Das dafür notwendige Datenmaterial wurde im wesentlichen aus HOSCHEK, 1969, recit. in WINKLER, 1976, entnommen.

Der sich aus der Mineralparagenese  $\text{Stau} + \text{Ga} + \text{Bi} + \text{Mu} + \text{Qz} + \text{And} (\pm \text{Dis}) + \text{Plag} \pm \text{Akz}$  zusammengesetzte Gesteinsverband kann zum einen durch das Auftreten von Staurolith bereits dem Bereich der mittelgradigen Metamorphosestufe und zum anderen durch seine ganz spezifischen Mineralphasen der (Almandin)-medium grade-Zone zugeordnet werden (AFM-Diagramm, WINKLER, 1976, S. 222).

Folgende sehr wahrscheinliche Reaktion könnte zur Bildung von Staurolith geführt haben:  $\text{Chl} + \text{Mu} = \text{Stau} + \text{Bi} + \text{Qu} + \text{H}_2\text{O}$ , wobei das erste Auftreten Druck- und Temperaturbedingungen von  $P = >1,5 \text{ kb}$  und  $T = \text{ca. } 500^\circ\text{C}$  erfordert.

Für die Bildung von almandinreichem Granat gibt WINKLER folgende Reaktionen an:

1.  $\text{Chl} + \text{Mu} + \text{Qz} = \text{Ga} + \text{Bi} + \text{H}_2\text{O}$
2.  $\text{Chl} + \text{Bi} + \text{Qz} = \text{Ga} + \text{Bi} + \text{H}_2\text{O}$
3.  $\text{Chl} + \text{Mu} + \text{Ep} = \text{Ga} + \text{Bi} + \text{H}_2\text{O}$
4.  $\text{Chtd} + \text{Chl} + \text{Qz} = \text{Ga} + \text{H}_2\text{O}$
5.  $\text{Fe-Chl} + \text{Mu} + \text{Qz} = \text{Ga} + \text{Bi} + \text{Al}_2\text{SiO}_5 + \text{H}_2\text{O}$

Durch das zusätzliche Auftreten der Mineralphasen Andalusit und Disthen, besteht nunmehr die Möglichkeit, die P-T-Verhältnisse recht genau zu erfassen. Im P-T-Diagramm schneidet das Stabilitätsfeld des Stauroliths die univariante Kurve von Andalusit und Disthen bei ca. 5 kb und  $520-560^\circ\text{C}$ . Somit könnte die Bildung der andalusitführenden Ga-Staurolithglimmerschiefer unter Drucken  $<5 \text{ kb}$  und einer Temperatur von rd.  $530^\circ\text{C}$  stattgefunden haben.

Inwieweit letztlich der mögliche Wärmefluß eines eventuell darunterliegenden periadriatischen Plutons (z. B. Granit, Granodiorit oder Tonalit) das metamorphe Geschehen beeinflusst haben könnte, ist nicht festzustellen. Es sollte aber diese Möglichkeit dennoch nicht ganz ausgeschlossen werden. Jedenfalls erfordert die zur Bildung von Andalusit notwendige Substanz in derartig Al-reichen Gesteinen sicherlich nicht unbedingt zugeführtes Fremdmaterial (z. B. granitische Restlösungen).

#### Dank

Die Verfasser danken Herrn Prof. Dr. W. RICHTER für anregende Diskussionen und Hilfe sowie Herrn Prof. Dr. H. MAURITSCH (Montanuniversität Leoben, Institut für Geophysik) für die Bereitstellung eines Handbohrgerätes zur Ziehung frischer Gesteinsproben.

#### Literatur

- HERITSCH, H. & PAULITSCH, P.: Erläuterungen zur Karte des Kristallins zwischen Birnbaum und Pressegger See, Gailtal. – Jb. Geol. B.-A., **101**, 191–200, Wien 1958.
- HOSCHEK, G.: The Stability of Staurolith and Chloritoid and their significance in metamorphism of pelitic rocks. – Contr. Mineral. Petrol., **22**, 208–232, Heidelberg 1969.
- WINKLER, H. G. F.: Petrogenesis of Metamorphic Rocks. – 4th edition, New York – Heidelberg – Berlin (Springer) 1976.

Manuskript bei der Schriftleitung eingelangt am 12. November 1985.