

Die geologische Neuaufnahme des Saualpenkristallins (Kärnten)^{1, 2}

II. Das Gebiet zwischen Erzberg, Hohenwart und Geyerkogel

Von H. von K a m p und N. W e i ß e n b a c h

Bei der geologischen Neuaufnahme der Saualpe, die in Zusammenarbeit mit W. FRITSCH, H. MEIXNER, A. PILGER und R. SCHÖNENBERG erfolgt, kam es zuerst darauf an, verfolgbare und wiedererkennbare Kartiereinheiten im Gelände festzulegen. Dies erfolgte nach dem Prinzip der Leitschichtenpartien unter Leitung von A. PILGER und R. SCHÖNENBERG. Den beiden Verfassern oblag die Bearbeitung der Saualpe zwischen Erzberg, Hohenwart und Geyerkogel, unmittelbar an die Kartierung des Gebietes um Hüttenberg durch E. CLAR 1953 anschließend. In Abb. 1 ist die Lage des Arbeitsgebietes innerhalb der Saualpe dargestellt. Der westliche Bereich, Gebiet 1, wurde von N. WEISSENBACH, der östliche, Gebiet 2, von H. von KAMP kartiert. Die petrographische Bearbeitung und Gliederung erfolgte vorwiegend durch N. WEISSENBACH.

Im folgenden wird zuerst eine kurze makroskopische Beschreibung und Gliederung der Kartiereinheiten gegeben. Die Lage des Teilprofils in der Gesamtschichtfolge der Saualpe ist aus Tabelle 1, S. 11, und Abb. 6 bei W. FRITSCH, H. MEIXNER, A. PILGER und R. SCHÖNENBERG 1960 zu sehen. Danach werden die Ergebnisse der mikroskopischen Bearbeitung kurz dargestellt. Nach einigen Bemerkungen zur Tektonik werden die Zusammenhänge zwischen den mikroskopischen Befunden und der Geländearbeit erläutert.

Die Verfasser möchten es nicht versäumen, allen, die die Arbeit unterstützt haben, vielmals zu danken, besonders ihren verehrten Lehrern Prof. Dr. A. PILGER, Dr. R. SCHÖNENBERG und Doz. Dr. F. KARL. Ihr Dank gebührt ferner den Herren von der Österreichischen Alpine Montangesellschaft Dozent Dr. H. MEIXNER und Dr. W. FRITSCH, Herrn Prof. Dr. F. KAHLER vom Landesmuseum für Kärnten und der Deutschen Forschungsgemeinschaft.

A. Gliederung und Beschreibung der Kartiereinheiten

Innerhalb des Kartiergebietes sind mehrere Großserien vorhanden, die sich teilweise noch weiter untergliedern lassen. Die Grenzen sind in der geologischen Karte (Anlage 1) nur bei den gesteinsmäßig deut-

¹ Aus einer Arbeitsgemeinschaft unter Führung der Herren W. FRITSCH, H. MEIXNER, A. PILGER und R. SCHÖNENBERG.

² I. Teil siehe Carinthia II, 150, 1960, 7—28.

lich trennbaren Serien, auf den Profilen Abb. 4 und in Abb. 3 jedoch vollständig eingezeichnet. Die Gliederung erfolgt vom Hangenden zum Liegenden.

I. Die Hüttenberger Serie

Innerhalb des Kartiergebietes gliedert sich die Hüttenberger Serie in Granat-Glimmerschiefer, Staurolith-Granat-Glimmerschiefer, Marmore und Biotit-Plagioklas-Glimmerschiefer.

1. Staurolith-Granat-Glimmerschiefer

Es überwiegen sehr feinkörnige, dunkle Gesteine mit selten plattiger, meist flaseriger Paralleltexur. In der schiefergrauen Grundmasse, deren Einzelkomponenten kaum mit bloßem Auge erkennbar sind, liegen bis cm-große, rotviolette Granatporphyroblasten und schwarze, kurzprismatische Staurolithkristalle, sowie, lokal angereichert, s-parallele Linsen und Lagen von hellem Quarz. Die Einsprenglinge sind in sehr unterschiedlicher Menge und Größe verteilt und zonenweise angereichert. Entsprechend schwankt die Ausbildung der Gesteine zwischen feinkörnigen, mehr plattigen (mit wenig Einsprenglingen) und mehr grobkörnigen, flaserigen Typen. Auf den seidig-grau schimmernenden s-Flächen erzeugen die Einsprenglinge eine unruhige, knotige Oberfläche; außerdem ist häufig eine absätzende Lineation bis Feinfältelung sichtbar. Die Staurolith-Granat-Glimmerschiefer sind gewöhnlichen Granat-Glimmerschiefern eingelagert, die im Gebiet südwestlich des Erzberges fast ausschließlich vertreten sind. Weit verbreitet sind ferner Biotit-Glimmerschiefer, denen wiederum geringmächtige, quarzitishe Glimmerschiefer bis Glimmerquarzite eingelagert sind.

2. Kalkmarmore

Im Liegenden der Granat-Glimmerschiefer und Staurolith-Granat-Glimmerschiefer treten am Löllinger Erzberg und in der Nähe des Sauofenkogels Marmore auf (Knappenberger Marmor). Sie sind fast immer deutlich geschiefert und teilweise durch dunkles Pigment gebändert. Neben feinkristallinen Varietäten kommen auch grobkörnige, mit Korngrößen bis zu mehreren mm vor. Glimmermarmore und Dolomitmarmore sind nur in untergeordnetem Maße vertreten. Der Übergang zu den Glimmerschiefern im Hangenden und Liegenden erfolgt sehr rasch. Karbonatführende Glimmerschiefer und Kalksilikatbänder als Randgesteine haben nur geringe Verbreitung. Die Mächtigkeit des Knappenberger Marmors beträgt am Löllinger Erzberg ca. 400 m, am Sauofenkogel maximal 75 m.

3. Biotit-Plagioklas-Glimmerschiefer und -Schiefergneise

Das Liegende der Marmore baut sich im wesentlichen aus biotitreichen Granat-Glimmerschiefern und Biotit-Plagioklas-Glimmerschiefern auf. Es überwiegen feinkörnige, schwarzgraue Gesteine. Plattige

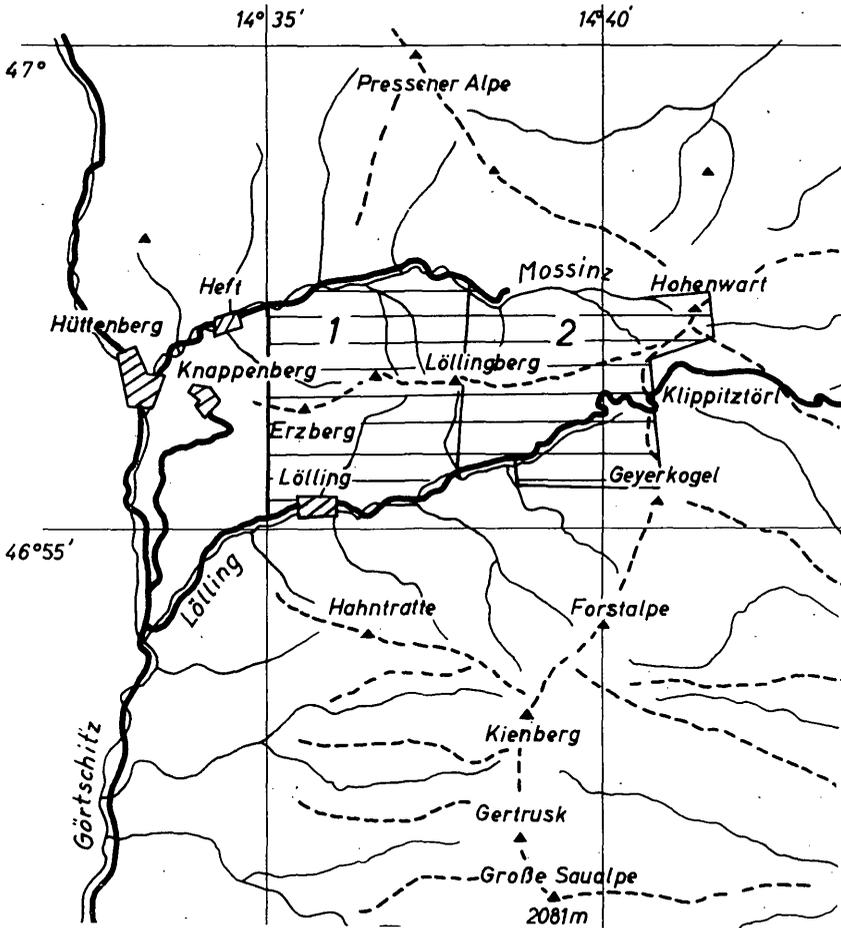


Abb. 1. Lageskizze der Aufnahmebereiche im Saualpenraum.

- 1: Kartierung N. WEISSENBACH,
- 2: Kartierung H. von KAMP.

Typen herrschen vor. Auf den s-Flächen ist fast nur Biotit zu erkennen, der bei etwas angewitterten Stücken einen charakteristischen, grünlichen, bronzeartigen Glanz zeigt. Durch die scharf parallel B und s geregelten Glimmer wird eine deutliche Lineation abgebildet. Der lokal hohe Gehalt an Plagioklas ist meist nur am Querbruch erkennbar, äußert sich aber auch in der besonders tiefen Verwitterung solcher Zonen. Neben den gneisartigen, feldspatreichen Typen gibt es alle Übergänge zu hellen, plagioklasführenden Granat-Glimmerschiefern und zu dunklen, quarzreichen Glimmerschiefern, die von geringmächtigen Quarziten begleitet werden. Weiterhin sind bis mehrere m-mäch-

tige Marmorlinsen und -bänke eingeschaltet, deren Randbereiche häufig reich an Kalk- und Kalk-Eisensilikaten sind. In verschiedener Menge und Gruppierung bilden diese eine Vielzahl von Gesteinstypen, auch dunkle Amphibolite und helle Diopsid-Tremolit-Felse. In der braun verfärbten Grundmasse bröselig verwitternder Stücke sind meist hellroter Granat, grüne Hornblende und Epidot zu erkennen. Derartige Bildungen sind auch für die gesamte Serie der Injizierten Glimmerschiefer typisch.

II. Serie der Injizierten Glimmerschiefer

Von den Biotit-Plagioklas-Glimmerschiefern bestehen alle Übergänge zu den verschiedenen Hauptgliedern der Serie der Injizierten Glimmerschiefer. Da eine Kartierung der einzelnen Varietäten nicht möglich war und die plagioklasreichen Glimmerschiefer den größten Teil der Serie aufbauen, wird hier auf eine Beschreibung der untergeordneten Gesteine verzichtet.

1. Plagioklasreiche Granat-Glimmerschiefer

Es überwiegen gut geschichtete, ziemlich grobkörnige, graue Granat-Glimmerschiefer mit mehreren mm-großen Muskowitporphyroblasten auf den s-Flächen. Oft ist eine Trennung in glimmerreiche und quarzreiche Lagen möglich. Wenn auch die relativ grobkörnigen Typen überwiegen, so finden sich auch feinkörnige, mit geringem Quarz- und Feldspatgehalt, die sich im Handstück nicht von den Granat-Glimmerschiefern der Hüttenberger Serie unterscheiden. Ebenso lassen sich besonders grobkörnige, quarz- und feldspatreiche Typen von Schiefergneisen der tieferen Serien höchstens unter dem Mikroskop trennen.

2. Pegmatite

Bezeichnend für die gesamte Serie der Injizierten Glimmerschiefer sind Pegmatite, die auch noch in den unteren Teilen der Hüttenberger Serie vorkommen. Dort bilden sie in der Zone der Biotit-Plagioklas-Glimmerschiefer im Liegenden der Marmore s-parallele, bis 30 m mächtige und über 1 km durchstreichende, flözartige Züge. In der Serie der Injizierten Glimmerschiefer treten die großen Pegmatitkörper zugunsten einer Vielzahl kleinerer zurück. Typisch sind B und s-parallele Lagen, die in den eigentlichen Injizierten Glimmerschiefern auch „lit par lit“ verteilt sind. Die injizierten Zonen und die kleinen Pegmatitkörper sind sowohl horizontal als auch vertikal sehr unterschiedlich innerhalb der Schichtpakete verteilt. Abb. 2 zeigt die Erscheinungsform derartiger Injektionen im Gelände.

Die Pegmatite sind von wenigen Ausnahmen abgesehen stets B und meist auch parallel s eingeregelt. Die Ausbildung des makroskopischen Gefüges ist von der Mächtigkeit und der Lage innerhalb der Serien abhängig. Während die flözartigen Vorkommen in den Biotit-

Plagioklas-Glimmerschiefern eine schwache Paralleltextur und meist sehr grobes Korn mit dm-großen Plagioklasen und Muskowiten zeigen, sind die Körper in der Serie der Injizierten Glimmerschiefer stärker eingeregelt und besitzen ein feinkörniges bis aplitgneisartiges Gefüge.

3. Einlagerungen

Amphibolite bilden s-parallele Einlagerungen von geringer Ausdehnung. Sie sind meist plattig und feinkörnig entwickelt, wobei die schwarzgrünen Hornblendestengelchen stets deutlich parallel B eingeregelt sind. In den unteren Teilen der Serie sind ferner Zoisit-Hornblende-Biotit-Glimmerschiefer leitend. Häufig sind darin die scharf parallel B geregelten Zoisitstengel auf den s-Flächen makroskopisch zu erkennen. Charakteristisch für die ganze Serie sind ferner Zonen mit Turmalinanreicherungen in den Glimmerschiefern und Schiefergneisen.

Die durchschnittliche Mächtigkeit der Serie der Injizierten Glimmerschiefer beträgt etwa 300 m.

III. Serie der Disthenflaser-Gneise

1. Disthenflaser-Gneise

Schiefergneise, die durch einen grau-violetten Farbton, plattige Textur des oft sehr feinkörnigen Grundgewebes, augige Ausbildung der



Abb. 2. Pegmatitinjektionen in Glimmerschiefer, Blickrichtung \perp ac. — Felsaufschluß „Spitzofen“ nördlich vom Sauofenkogel oberhalb der Hesperasträße.

Feldspäte und das Auftreten von Disthenfasern gekennzeichnet sind, bauen das Liegende der Injizierten Glimmerschiefer auf. Körnigkeit, Textur und Mineralbestand variieren in weiten Grenzen. Es finden sich alle Übergänge von hellen, feldspatreichen zu dunklen, fast feldspatfreien, quarzitischen Gesteinen. Bereiche mit mehreren cm-großen Feldspatäugen wechseln mit feinkörnigen, plattigen Partien. Ersterer ähneln den „Hirschegger Gneisen“, letztere den „Stainzer Platten-gneisen“ der Koralpe. Auf den s-Flächen sind auffallend blauschwarze, rostigbraun verwitternde Biotitaggregate, einige größere Muskowite und rundliche Feldspäte meist homogen verteilt, zonenweise aber auch streifig angeordnet. Die Linearen sind meist sehr fein und nur auf den s-Flächen mit Feldspatstreifen deutlich erkennbar. Es treten mehrere Richtungen auf, die sich z. T. rechtwinklig kreuzen. Die charakteristischen Wülste und Fasern von stumpfglänzenden, mausgrauen, dichten Disthenaggregaten sind meist mikroskopisch klein und im Handstück nur schwer erkennbar. Lokal treten auch bis faustgroße Knauern auf, die noch manchmal die Kristallform und die rechteckigen Querschnitte ehemaliger Andalusite zeigen.

Den Disthenfaser-Gneisen sind vielfach helle, muskowitzreiche Schiefergneise eingelagert. Sie gleichen im Handstück den Schiefergneisen der Eklogitserie und gehen meist kontinuierlich in Disthenfaser-Gneise über.

2. Kalksilikatgesteine

Charakteristisch für die ganze Serie der Disthenfaser-Gneise sind harte, dunkle, rostigbraun verwitternde Kalksilikatfelse, die im Gelände dunklen, dichten Biotitquarziten sehr ähnlich sein können. Unter dem Mikroskop erweisen sie sich meist als zoisitreiche Biotit-Bytownitfelse. Die dunkle Färbung wird durch reichliche Beimengungen von Graphit, Magnetkies und Pyrit hervorgerufen. Sie sind teils massig, teils plattig entwickelt und treten in scharf begrenzten, selbständigen Körpern, in geringmächtigen Lagen und an den Rändern von silikatreichen Marmoren auf. Die Vorkommen der Biotit-Bytownitfelse beginnen in den tiefsten Teilen der Serie der Injizierten Glimmerschiefer und reichen bis in die oberen Teile der Eklogitserie.

3. Einlagerungen

Vereinzelte finden sich geringmächtige Marmorlinsen und Pegmatite. Bei den Pegmatiteinschlüssen sind zwei Gruppen zu unterscheiden: a) treten Anreicherungen von Quarz und Feldspat im Verband mit grobkörnigen Schiefergneisen auf. In diesen Zonen sind auch die großen und nur geringfügig deformierten Paramorphosen von Disthen nach Andalusit erhalten. b) von derartigen engbegrenzten Pegmatoiden, die sich in ihrem qualitativen Mineralbestand nicht von den Schiefergneisen der Umgebung unterscheiden, sind die mächtigeren, intrusiven Pegmatite zu trennen. Diese gleichen in Mineralgehalt und

Gefüge den Pegmatiten in der Serie der Injizierten Glimmerschiefer.
Die Mächtigkeit der Disthenflaser-Gneisserie beträgt etwa 250 m.

IV. Die Eklogitserie

1. Schiefergneise

In der Eklogitserie überwiegen muskowitzreiche Schiefergneise, die teils zu Glimmerschiefern, teils zu Glimmerquarziten tendieren. Untergeordnet treten noch biotitreiche Schiefergneise und Disthenflaser-Gneise hinzu. Die Schiefergneise sind gewöhnlich helle, grobkörnige Gesteine. Auf den s-Flächen fallen besonders die z. T. mehrere mm-großen, ebenflächigen Muskowite auf. Im Querbruch zeigt sich meist eine ziemlich homogene Verteilung der Komponenten. Die Glimmer sind nur zum Teil parallel s und B geregelt. Dadurch sind die Linearen auf den s-Flächen meist schwer erkennbar. Es finden sich jedoch alle Übergänge von gutgeregelten Typen, die häufig eine Trennung in glimmer- und quarz-feldspatreiche Lagen erkennen lassen, zu fast masigen, makroskopisch unregelmäßigen Gesteinen. In letzteren kommen bisweilen mm-große, braune Staurolithstengel und graublau Disthenkristalle vor. In den muskowitzreichen Schiefergneisen treten bei gleichbleibenden Texturmerkmalen Zonen mit Biotitvormacht auf. Fließende Übergänge und schlechte Aufschlußverhältnisse ließen eine Abtrennung im Gelände nicht zu. Die biotitreichen Schiefergneise sind auch mit Disthenflaser-Gneisen vergesellschaftet, die sich von den Vorkommen in der hangenden Serie kaum unterscheiden.

2. Eklogite

Die für die Serie namengebenden Eklogite sind am Gesamtbestand nur mit wenigen Prozenten beteiligt. Sie bilden meist massige, aber auch gebänderte, lagige Körper. Granat, Omphazit und Hornblende sind stets makroskopisch erkennbar. Die linsenförmigen Körper erreichen eine Mächtigkeit von maximal 50 m und eine Ausdehnung im Streichen von höchstens 400 m. Die kleineren Körper zeigen rundliche, laibartige Formen. Die gebänderten Typen lassen gelegentlich eine linsige Verzahnung mit den Schiefergneisen erkennen.

3. Einlagerungen

Im obersten Teil der Eklogitserie läßt sich eine etwa 200 m mächtige Übergangszone ausscheiden, in der sowohl Gesteine der Disthenflaser-Gneisserie als auch der Eklogitserie vorkommen. Darin finden sich gelegentlich Wechsellagerungen im dm-Bereich von Biotit-Bytownitfelsen mit muskowitzreichen Schiefergneisen, z. B. in der Nähe des Sägewerks Heft ($y = 95\ 850$, $x = 202\ 840$), oder Wechsellagerungen von Biotit-Bytownitfelsen mit eklogitähnlichen Gesteinen ($y = 98\ 450$, $x = 202\ 870$). Kleine Marmorlinsen und geringmächtige Pegmatite sind weitaus seltener als in den übrigen Serien.

Die Mächtigkeit der Eklogitserie beträgt etwa 500 bis 700 m.

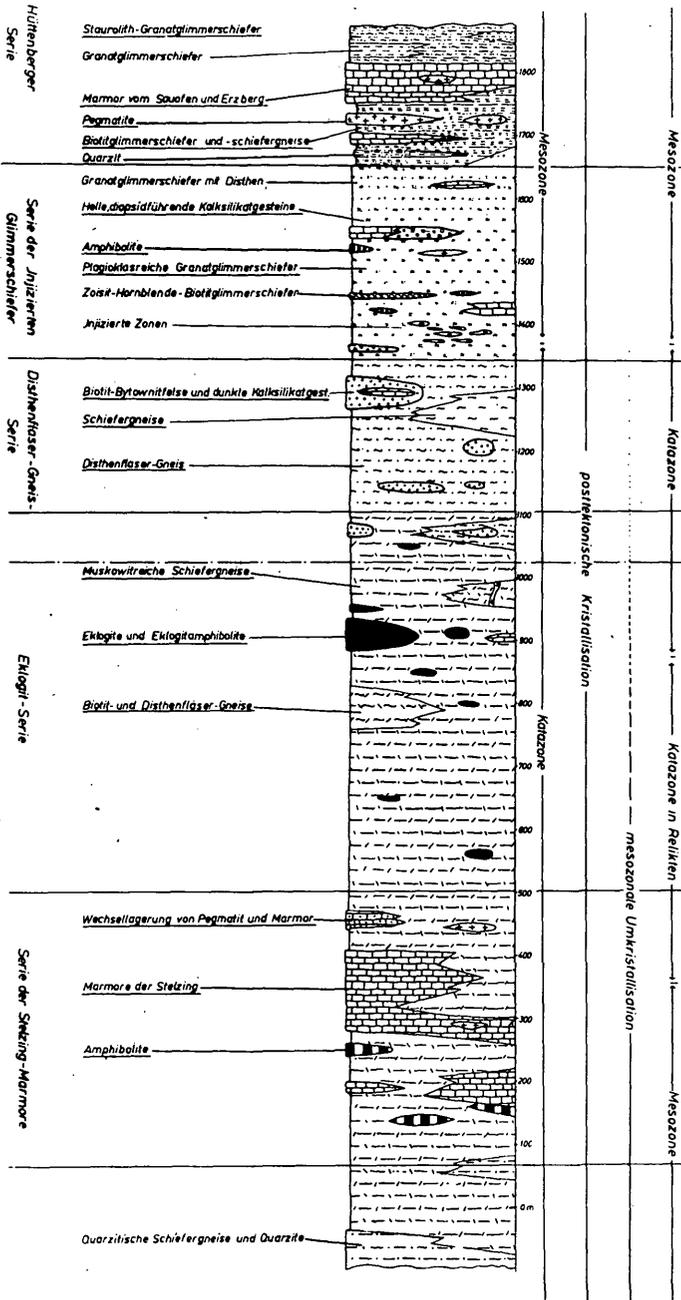


Abb. 3. Idealprofil der Schichtfolge zwischen Hüttenberger Erzberg und Geyerkogel (weitere Erläuterungen auf S. 38).

V. Serie der Stelzing-Marmore

Die linsen- und walzenförmigen Marmorkörper sind in Schiefergneise eingelagert, die sich nicht von denen der Eklogitserie unterscheiden lassen. Sie können örtlich die Marmore gänzlich vertreten. Auch in den Marmoren selbst finden sich unregelmäßig verteilt, s-parallele Einlagerungen von Schiefergneisen und Pegmatiten. Im Gegensatz zu den Marmoren der Hüttenberger Serie sind die Marmore der Stelzing bedeutend grobkristalliner entwickelt und heller gefärbt. Bändermarmore sind selten.

Im Grenzbereich Marmor- zur Eklogitserie liegen kleine Vorkommen mit Marmor und Pegmatit in Wechsellagerung. Im Liegenden der Marmore treten Plagioklas-Biotit-Amphibolite auf. Sie bilden meist einige m-mächtige Linsen und s-parallele Flöze.

Die Mächtigkeit der Serie beträgt etwa 400 m, darin erreichen die Marmorlinsen eine maximale Mächtigkeit von 150 m und eine streichende Länge von ca. 1000 m.

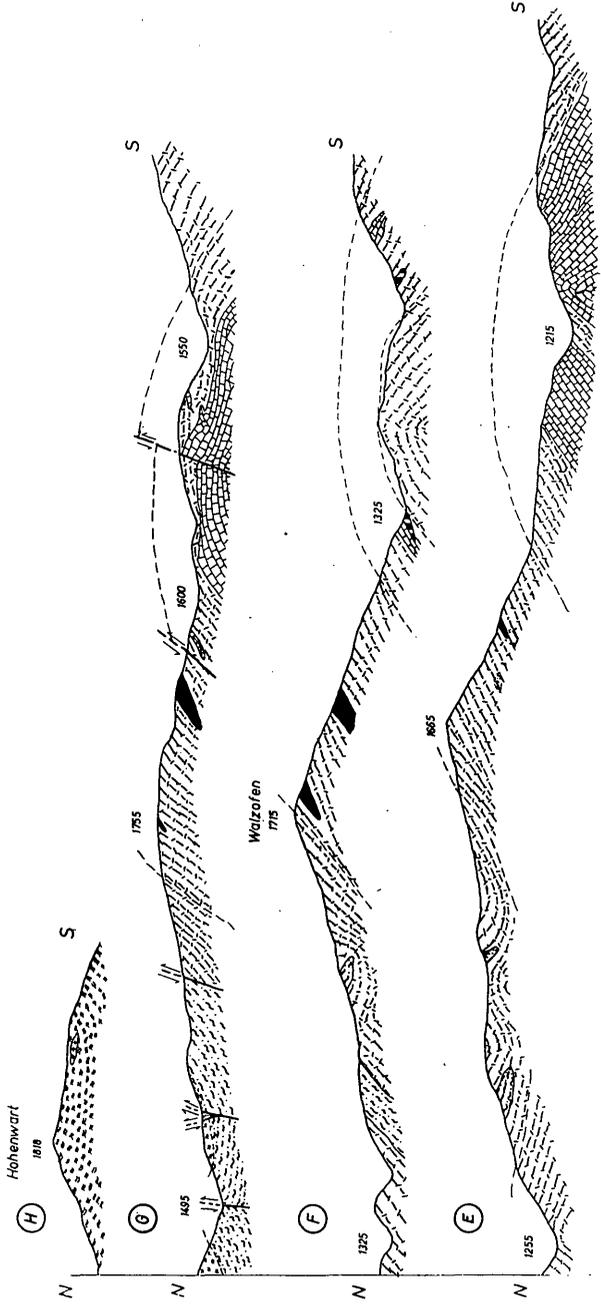
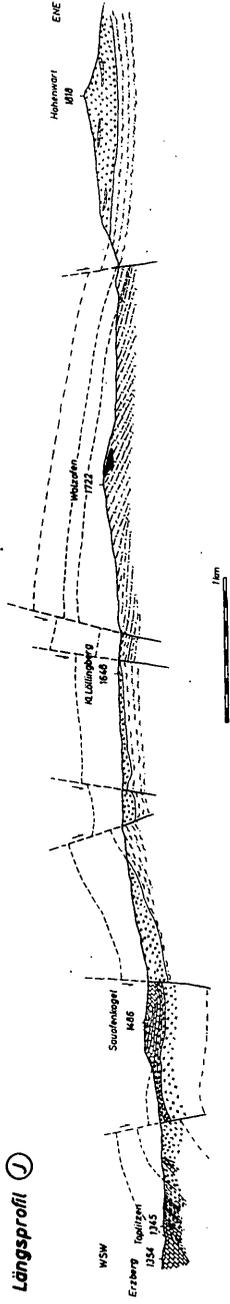
VI. Quarzitserie

Im Liegenden der Stelzing-Marmore, unterhalb der amphibolitreichen Zone, tauchen im Kern des Stelzinggewölbes nochmals Schiefergneise auf. Der Großteil dieser Gesteine ähnelt sehr den muskowitzreichen Schiefergneisen der Eklogitserie und der Marmorserie. Typisch sind jedoch Einlagerungen plattiger Glimmerquarzite und quarzitischer Schiefergneise.

VII. Zur räumlichen Verbreitung der Serien

In Abb. 3 ist die im Kartiergebiet aufgeschlossene Schichtfolge mit ihren mittleren Mächtigkeiten schematisch dargestellt. Die Veränderungen der Serien, die diese im Streichen erfahren, wurden dabei nicht berücksichtigt, sondern nur die Verbandsverhältnisse innerhalb der Serien. Im Streichen deuten sich aber beträchtliche fazielle Veränderungen an, die z. T. nachweislich auf primären sedimentären Faziesunterschieden beruhen. So hat z. B. der Knappenberger Marmor am Erzberg eine Mächtigkeit von ca. 400 m, sein Äquivalent am Sauofenkogel nur noch ca. 50 m. Zwischen Heft und Pressener Alpe fehlt der Knappenberger Marmor überhaupt. Ebenso fehlen dort die Biotitglimmerschiefer in typischer Ausbildung. Beide Einheiten werden durch Granat-Glimmerschiefer mit reichlichen Einschaltungen von Amphiboliten, wie sie auch innerhalb des Kartiergebietes in der Serie der Injizierten Glimmerschiefer vorkommen, vertreten. Das Hangende ist mit Staurolith-Granat-Glimmerschiefern hier wie dort ähnlich ausgebildet. Daraus ist ein deutliches Auskeilen der Marmore und ihrer Unterlage, den Biotit-Glimmerschiefern, nach E und N zu erkennen. Auch nach SW nimmt die Mächtigkeit der Marmore deutlich ab. Aus dem Profil zwischen Erzberg und Sauofenkogel (Abb. 4, J) ist eine Mächtigkeitsabnahme beider Einheiten von 600 m auf 100 m abzulesen.

Längsprofil J



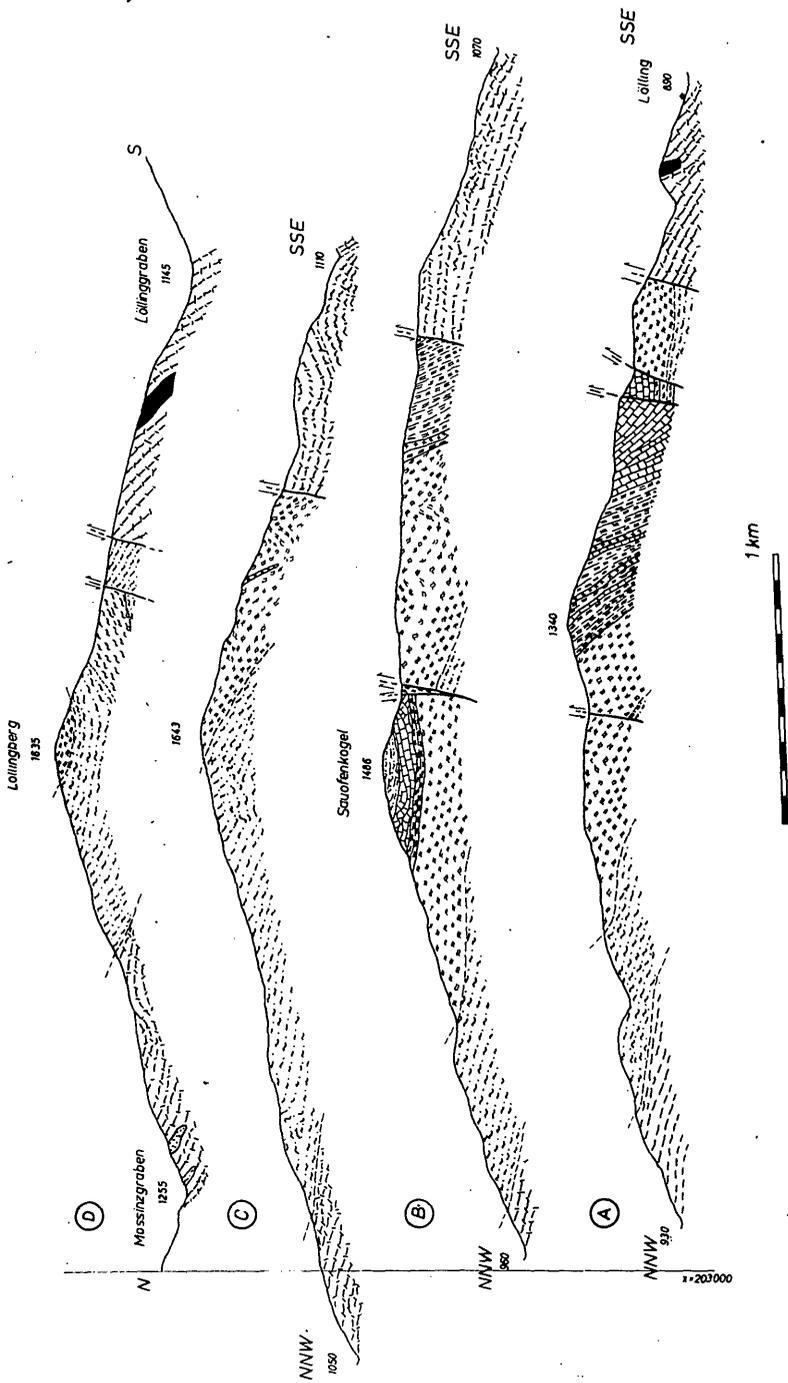


Abb. 4. Längsprofil J und Querprofile A — D von N. WEISSENBACH; desgl. E — H von H. von KAMP.

Die Grenze der Serie der Injizierten Glimmerschiefer gegen die Disthenflaser-Gneisserie ist im N des Kammes ziemlich scharf. Am Löllingberg und nördlich Lölling Sonnseite ist dagegen eine Verzahnung von plagioklasreichen Glimmerschiefern und Schiefergneisen mit Disthenflaser-Gneisen zu beobachten. Auch im Gebiet zwischen Großkollhof und Heft lassen sich die Disthenflaser-Gneise nicht mehr verfolgen. Wahrscheinlich sind sie durch mehr oder weniger biotitreiche Schiefergneise vertreten. Damit scheint sich ein örtliches Auflösen der Serie gegen W bis SW anzudeuten. Ob diese Erscheinung auf primären, sedimentären Unterschieden oder auf Veränderungen in der metamorphen Beanspruchung beruht, ist ungeklärt.

B. Mikroskopische Untersuchungsergebnisse

Wir greifen bei den mikroskopischen Beschreibungen nur die Gesteine heraus, die an Menge wichtig oder charakteristisch für die Serien sind. Besonderer Wert wurde auf die Abfolge der Kristallisation und deren Beziehung zur Tektonik gelegt. Zur schematischen Beschreibung dieser Beziehungen verwenden wir Kurzformeln, worin Kr allgemein Kristallisation, Fm Formung als Sammelbegriff für Faltung, Mylonitierung u. a. bedeutet. Die Formel Kr-Fm-Kr gibt an, daß ein prätektonisches Kristallinat deformativ beansprucht wurde und posttektonisch rekristallisiert ist. (Kr-Fm)-Kr bedeutet vorwiegend posttektonische, Kr-Fm-(Kr) vorwiegend prätektonische Kristallisation.

I. Metamorphite mit tonig-sandigem Ausgangsmaterial

Da derartige Gesteine überwiegen, wird ihrer Beschreibung ein etwas breiterer Raum gegeben³.

1. Staurolith-Granat-Glimmerschiefer der Hüttenberger Serie

Typische Vorkommen: Sauofenkogel ($x = 201\ 300$, $y = 97\ 000$).

Mineralbestand:

Quarz: In xenomorphen, meist schwach undulös auslöschenden Körnchen; Hauptbestandteil im Grundgewebe neben Serizit-Muskowit; lagenweise reine Großkornaggregate mit glatten, schwach buchtigen Korngrenzen; korrodiert in geringem Maße alle übrigen Komponenten. (Kr-Fm)-Kr.

Muskowit: Monomineralische, polygonal rekristallisierte Lagen und größere schieferförmige Einzelkörner; gelegentlich Interngefüge (si) aus Graphit, das parallel zu dem linearen Externgefüge (se) verläuft (si || se); vereinzelt Serizitpseudomorphosen nach Staurolith (Tafel 1, Abb. 1). Kr-Fm-Kr.

³ Die Beschreibung der Gesteine entspricht der Reihenfolge vom Hangenden zum Liegenden des Idealprofils (Abb. 3).

Tafel 1

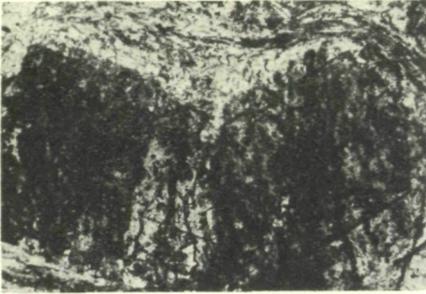


Abb. 1

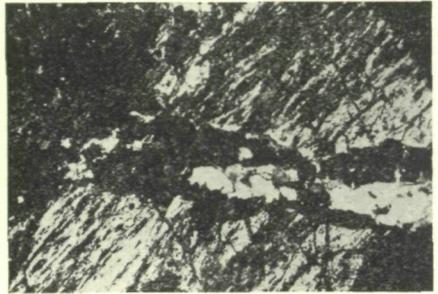


Abb. 2



Abb. 3



Abb. 4

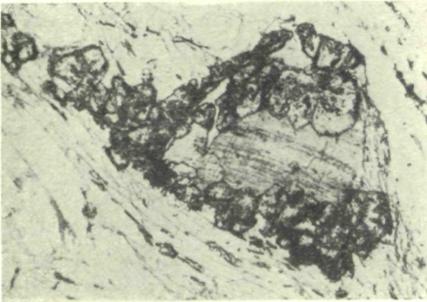


Abb. 5



Abb. 6

- Abb. 1: Idiomorpher Staurolith wird randlich von Serizit verdrängt, wobei das si des Stauroliths im Serizit erhalten bleibt. ~ 10fache Vergrößerung, || Nikols.
- Abb. 2: Granat besiedelt die Bruchflächen eines zerbrochenen Stauroliths. ~ 10fache Vergrößerung, × Nikols.
- Abb. 3: Strahlige Klinochloraggregate verdrängen Staurolith. ~ 10fache Vergrößerung, × Nikols.
- Abb. 4: Disthenanhäufungen der Staurolith-Granat-Glimmerschiefer. ~ 46fache Vergrößerung, || Nikols.
- Abb. 5: Granat verdrängt Biotit, wobei das si des Biotits von Granat übernommen wird. ~ 10fache Vergrößerung, || Nikols.
- Abb. 6: Die Spaltbarkeit eines verbogenen Plagioklases wird durch Muskowitplättchen nachgezeichnet. Die Quarze der Umgebung sind vollkommen rekristallisiert. ~ 10fache Vergrößerung, || Nikols.

Tafel 2

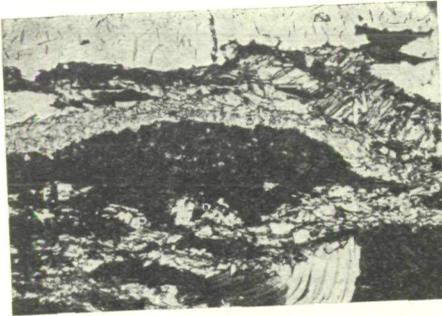


Abb. 7

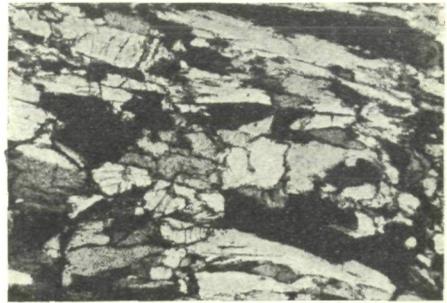


Abb. 8

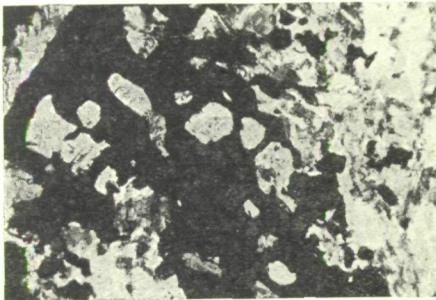


Abb. 9

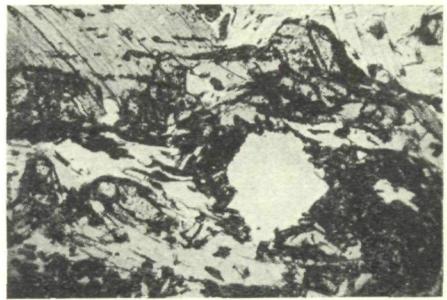


Abb. 10

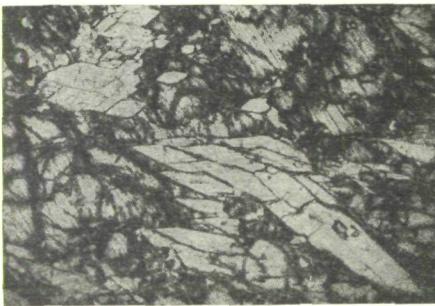


Abb. 11

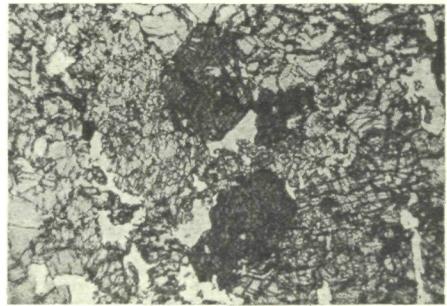


Abb. 12

- Abb. 7: Typische Disthenfasern, Paramorphose von Disthen nach Andalusit, mit Serizitsaum, ~ 10 fache Vergrößerung, || Nikols.
- Abb. 8: Eisblumenartiges Disthengefüge der Paramorphosen. ~ 10 fache Vergrößerung, \times Nikols.
- Abb. 9: Amöboid sprossender Granat umschließt Plagioklas. ~ 10 fache Vergrößerung, $\frac{1}{2}\times$ Nikols.
- Abb. 10: Disthen und Graphit bilden ein si in Biotit und Muskovit, das parallel dem se verläuft. Biotit wird von Granat verdrängt, wobei dieser das si des Biotits übernimmt; ein typisches Bild für die posttektonische Kristallisation. ~ 10 fache Vergrößerung, || Nikols.
- Abb. 11: Idiomorpher Tremolit verdrängt Diopsid. ~ 13 fache Vergrößerung, || Nikols.
- Abb. 12: Idiomorphe, gemeine grüne Hornblende sproßt zwischen Omphazit. ~ 10 fache Vergrößerung, || Nikols.

Staurolith: Bis 1 cm lange, meist idiomorphe, kurzprismatische, aber auch poikilitische Porphyroblasten; ältere, stets idiomorphe Körner mit typisch lagigem und geradem *si* aus staubfeiner opaker Substanz sind gedreht und oft zerbrochen. Das *si* ist gegenüber dem *se* verstellt (*si* \neq *se*); jüngere, meist grobpoikilitische Körner ohne graphitisches *si*, auch als Saum um pigmentierte Individuen. Kr-Fm-(Kr).

Granat: Teils idiomorphe, teils skelettartige Almandin-Porphyroblasten; umschließt und verdrängt Staurolith und Glimmer (Tafel 1, Abb. 2); häufig mit *si* aus Graphit, Quarz und Glimmer, meist *si* || *se*; gelegentlich an Rupturen beginnende Chloritisierung. (Kr-Fm)-Kr-(Fm).

Chlorit: Grobstrahlige Klinochloraggregate (Tafel 1, Abb. 3), teils ohne Einschlüsse zwischen Quarz, teils auf Staurolith aufgewachsen und diesen unter Übernahme des *si* verdrängend; Prochlorit als Rupturfüllung in Granat. Kr.

Disthen: Mehr oder weniger dichte Anhäufungen von idiomorphen Körnchen (Tafel 1, Abb. 4). (Kr-Fm)?-Kr.

Akzessorien: Kleinformen von Graphit, Ilmenit, Pyrit, Rutil, Turmalin, Zirkon.

Die älteste noch erhaltene Kristallisationsphase bildet der Staurolith mit dem lagigen Interngefüge. Da das *si*; die Porphyroblasten in verschiedenen Winkeln zu ihrer längsten Achse durchzieht und außerdem nirgends eine Fältelung abbildet, ist anzunehmen, daß die Staurolithe in nicht bewegten, feinstgebänderten Schichten sproßten. Als Ausgangsmaterial sind entweder nicht- oder anchimetamorphe Tongesteine denkbar. Nach dem Wachstum der gefüllten Staurolithe setzte die Durchbewegung bei einer gleichzeitigen Kristallisation von Glimmer, Quarz, Staurolith, Disthen und Granat ein. Während dieser Hauptkristallisation nahm die Intensität der Durchbewegung ab. Dies wird besonders durch den Granat demonstriert, der gewellte Gefüge einschließt (*si*; // *se*) und zum größten Teil bereits posttektonisch sproßte. Die Kristallisation erfolgte para- und posttektonisch unter mesozonalen Bedingungen in der Staurolith-Almandin-Disthenfazies und klang in einer epizonalen Serizit-Chloritparagenese aus. Im ganzen hat die Kristallisation die Durchbewegung überdauert, abgesehen von einer ganz geringen, späteren Deformation, der das schwache undulöse Auslöschchen der Quarze und die Rupturen im Granat zuzuordnen sind.

2. Biotit-Glimmerschiefer und -Schiefergneise der Hüttenberger Serie

Typische Vorkommen: SE vom Toplitz (x = 200 550, y = 96 100) und N des Löllinger Südsprunges (x = 200 000, y = 97 850).

Mineralbestand:

Quarz: Xenomorphe, schwach undulös auslöschende Einzelindividuen, oder rundliche bis gestreckte Mehrkornaggregate, teils homogen, teils *s*-parallel, lagig verteilt; glatte nur schwach buchtige Korngrenzen; aggressiv gegen die übrigen Komponenten. (Kr-Fm)-Kr-(Fm).

Plagioklas: Xenomorphe, nach (010) und (001) verzwilligte Oligoklase mit 25% Anorthitgehalt; oft inverszonal mit Kernen zwischen 20—24% An und Rändern bis 32% An; häufig Einschlüsse von Biotit und Akzessorien, wobei das *si* parallel dem *se* verläuft. (Kr-Fm)-Kr.

Biotit: Scharf parallel B geregelte Einzelkörner, lockere Kornhaufen und polygonal rekristallisierte Aggregate; X = blaßgrünlichgelb, Y und Z = licht nelkenbraun; Einschlüsse von Graphit, Pyrit, Zirkon mit pleochroitischen Höfen; sehr selten beginnende Chloritisierung. Kr-Fm-Kr.

Muskowit: Wenige Großkörner und s-parallele, polygonal rekristallisierte Kornhaufen. (Kr-Fm)-Kr.

Granat: Blaßrosa Almandine, selten idiomorph, meist xenomorph und skelettartig mit Biotit, diesen teilweise verdrängend, verwachsen; gelegentlich auch große Einzelindividuen mit stark aufgelockerten Rändern, wobei die Einzelteile idiomorphe Umrisse zeigen; vereinzelt Rupturen mit beginnender Chloritisierung. Kr-(Fm).

Akzessorien: Apatit, Graphit in rundlichen oder wümeligen Partikeln, Pyrit, Rutil, grüne Turmalinstengel, Zirkon und rundliche Körnchen von α -Zoisit. Alle Akzessorien liegen teils frei im Gefüge, teils als Einschlüsse in den übrigen Komponenten.

Die quantitative Zusammensetzung der Biotit-Glimmerschiefer ist starken Schwankungen unterworfen. Besonders steigt der Plagioklasgehalt lokal sehr stark an; dazu eine Modalanalyse aus dem Liegenden des Knappenberger Marmors ($x = 200\ 550$, $y = 96\ 100$):

Vol. %	Plagioklas	: 40,6
	Quarz	: 32,6
	Biotit	: 20,0
	Granat	: 4,4
	Muskowit	: 0,3
	Akzessorien	: 2,1
		<hr/>
		100,0

Das typische Gefüge der Biotit-Glimmerschiefer soll durch ein Schliffbild verdeutlicht werden (Abb. 5). Der Zeichnung sind auch die Korngrößen der einzelnen Komponenten zu entnehmen.

Im Vergleich zu den Staurolith-Granat-Glimmerschiefern läßt sich bei den Biotit-Glimmerschiefern und -Schiefergneisen nur eine Hauptkristallisation erkennen, da keine Komponente ein prätektonisches Reliktgefüge erkennen läßt und auch die Spätkristallite, Chlorit und Serizit, weitgehend fehlen. Die Verwachsungs- und Verdrängungserscheinungen, sowie die Verformungsspuren lassen jedoch eine deutliche Abfolge erkennen. Danach sind Biotit und die Akzessorien die ältesten Komponenten, deren Wachstum von der Kristallisation von Plagioklas, Granat, Muskowit und Quarz überdauert wird. Hierbei ist wichtig, daß der Granat ein sehr spätes Wachstum erkennen läßt, das zum größten Teil bereits nach der Deformation erfolgt ist. Daraus ist wiederum die Abnahme der Deformationsintensität während der allgemeinen Kristallisation abzulesen. Die typische para- und posttektonische Paragenese mit Biotit, Oligoklas, Granat und Muskowit läßt mesozonale Wachstumsbedingungen erkennen. Das schwache undulöse Auslösen der Quarze sowie die Rupturen im Granat weisen auf eine sehr geringe postkristalline Beanspruchung hin.

3. Plagioklasreiche Granat-Glimmerschiefer

Im folgenden erläutern wir nur die Gesteine mit Muskowitvor-macht. Die Biotit-Glimmerschiefer gleichen denen der Hüttenberger Serie. Die in Gefüge und Mineralbestand gesteinsfremden Injektionen werden bei den Pegmatiten beschrieben. Der durchschnittliche Modalbestand der plagioklasreichen Granat-Glimmerschiefer ist aus der folgenden Integrationsanalyse ersichtlich. Sie entstammt einem für die ganze Serie typischen Vorkommen ($x = 201\ 700$, $y = 97\ 100$):

Vol. %	Muskowit	: 40,3
	Quarz	: 28,4
	Biotit	: 11,4
	Plagioklas	: 9,9
	Granat	: 7,3
	Akzessorien	: 2,7
		<hr/>
		100,0

Mineralbestand:

Quarz: Xenomorphe, schwach undulöse Einzelkörner und s-parallele Kornaggregate; Verzahnungsform, Umrisse und Korngröße weisen auf eine kräftige, posttektonische Kristallisation hin; die übrigen Komponenten werden korrodiert. (Kr-Fm)-Kr-(Fm).

Plagioklas: Vorwiegend homogen verteilte, xenomorphe Oligoklas zwischen 22% und 28% An-Gehalt; teils normal-, teils inversonar mit Schwankungen um 5% An. Vereinzelt auch mehrere mm-große Porphyroblasten, die oft verwalzt und pflasterartig rekristallisiert sind; umschließt Glimmer, wobei si || se. Kr-Fm-Kr.

Biotit und Muskowit: Polygonal rekristallisierte Aggregate mit teilweiser Parallelverwachsung beider Glimmer. Biotit, X = hellgelb, Y und Z = kastanienbraun, meist feinkörniger und schärfer eingeregelt als Muskowit. Kr-Fm-Kr.

Granat: Meist rundlicher, amöboid begrenzter, skelettartiger, selten idiomorpher Almandin; oft mit Biotit vergesellschaftet, diesen umwachsend und verdrängend (Tafel 1, Abb. 5); häufig Einschlüsse von Graphit, Quarz und Rutil, si || se überwiegt. (Kr-Fm)-Kr.

Disthen: In sehr glimmerreichen Zonen finden sich idiomorphe Körnchen und lockere Anhäufungen in der Art der Aggregate wie in den Staurolith-Granat-Glimmerschiefern, vereinzelt aber auch feinkristalline Aggregate wie in den Disthenflaser-Gneisen. (Kr-Fm)-Kr.

Akzessorien: Apatit, wümelige und rundliche Graphitpartikel, Pyrit, Rutil, sehr häufig grüne, z. T. zonare Turmalinstengel und Zirkon liegen teils frei im Gefüge, teils als Einschlüsse in Granat und Glimmer; vereinzelt Prochloritrosetten an Glimmeraggregaten; Kalifeldspat als feinste Zwickelfüllung und in myrmekitischen Verwachsungen.

Wie in der hangenden Serie läßt sich auch hier eine starke posttektonische Kristallisation erkennen, die alle Komponenten erfaßt hat und im Gefüge deutlich zum Ausdruck kommt (Abb. 6). Die stabilen Komponenten der para- und posttektonischen Kristallisation sind Oligoklas um 25% An-Gehalt, Biotit, Disthen, Granat und Muskowit. Die Großwüchsigkeit und die teilweise Entregelung der Individuen lassen

posttektonisch besonders günstige Bildungsbedingungen für Muskowit erkennen. Das Wachstum der Biotite scheint dagegen zugunsten der Granatbildung zurückgedrängt. Insgesamt sind die plagioklasreichen Glimmerschiefer durch eine tiefmesozonale Kristallisation gekennzeichnet, die in einer, allerdings nur selten entwickelten, epizonalen Phase mit Chloritbildung und beginnender Serizitisierung der Plagioklase ausklingt. Eine schwache postkristalline Beanspruchung läßt sich am undulösen Auslöschen der Quarze und an gelegentlichen Rupturen in den Granaten ablesen.

4. Disthenflaser-Gneise

Unter dieser Gruppe sind die feinkörnigen, biotitreichen, mit augigen Feldspäten versehenen Gesteine der Eklogitserie und der Disthenflaser-Gneisserie zusammengefaßt. Es gibt darunter Vorkommen, die nach dem Modalbestand noch Glimmerschiefer sind, während andere fast nur aus Quarz und Feldspat bestehen. Die stets gleichartige Mineralgesellschaft mit einem typischen Gefüge verbindet diese Gesteine aber auch unter dem Mikroskop zu einer genetischen Einheit. Zwei Integrationsanalysen typischer Vorkommen zeigen die Schwankungen im Modalbestand. Die Probe Nr. 1 (Fundpunkt: x = 199 120, y = 96 820) entstammt einer feldspatarmen Zone. Die Probe Nr. 2 (Fundpunkt: x = 201 720, y = 96 820) gibt einen guten Durchschnitt der Zusammensetzung der Disthenflaser-Gneise an.

Vol. %		1.	2.
	Quarz	34,2	33,9
	Plagioklas	11,9	26,2
	Muskowit	25,7	12,9
	Biotit	10,9	13,2
	Granat	9,2	8,2
	Disthen	4,4	3,6
	Akzessorien	3,7	2,0
		100,0	100,0

Mineralbestand:

Quarz: Xenomorphe, oft schwach undulös auslöschende Individuen; sehr feinkörnig mit Glimmer im Grundgewebe oder grobkörnig in monomineralischen, s-parallelen Lagen; ruhig verlaufende, schwach buchtige Korngrenzen und die Neigung zur Grobkornbildung zeigen eine starke posttektonische Rekristallisation an. (Kr-Fm)-Kr-(Fm).

Plagioklas: Vorwiegend rundliche, fein- und gitterförmig nach (001) und (010) verzwillingte, meist rundliche Porphyroblasten. In der Disthenflaser-Gneisserie überwiegen normalzonare Andesine mit breiten Kernen zwischen 30% und 40% An, und schmalen Rändern zwischen 20% und 28% An; in der Eklogitserie Oligoklase bis Oligoalbite. Selten fehlt eine Füllung aus regellos gesproßten Zoisitnadeln und dünnen, großflächigen Muskowit- oder Biotitmikrolithen, die den Kristallbau nachzeichnen (Tafel 1, Abb. 6). Die Porphyroblasten sind häufig verbogen, zerbrochen und ausgewalzt. Verbogene Individuen sind kaum, zerwalzte stets pflasterartig rekristallisiert. Kr-Fm-(Kr).

Kalifeldspat: Gelegentlich rundliche, flau auslöschende Porphyroblasten oder xenomorphe Zwickelfüllungen; im Gegensatz zu Plagioklas stets klar und einschlußfrei. (Kr-Fm)-Kr.

Disthen: Geschlossene, meist stark ausgewalzte Linsen mit selten fehlendem Serizitrand (Tafel 2, Abb. 7). Hierbei handelt es sich um Paramorphosen von Disthen nach Andalusit, wie sie KIESLINGER (1927) von der Koralpe und MEIXNER (1953) von der Saualpe beschrieben haben. Größere Paramorphosen zeigen häufig ein eisblumenartiges (Tafel 2, Abb. 8), die Kleinformen ein körniges, feinkristallines Gefüge. Größere selbständige Individuen fehlen; perlschnurartige, s-parallele Anreicherungen müssen als extrem ausgewalzte Paramorphosen angesehen werden. Kr-Fm-Kr.

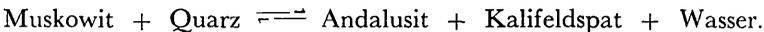
Biotit: X = hellgelb, Y und Z = rotbraun; in monomineralischen oder mit Muskowit vermischten feinkörnigen, filzig rekristallisierten Geweben; größere Individuen sind meist noch verbogen. Kr-Fm-(Kr).

Muskowit: In Form und Gruppierung ähnlich Biotit, jedoch deutlich stärkere Rekristallisation. Kr-Fm-Kr.

Granat: Blaßrosa Almandin, selten idiomorphe, meist rundliche Individuen mit $si \neq se$, oder amöboide, das Gefüge schwammartig durchwachsende Gerüstgranate mit $si || se$ (Tafel 2, Abb. 9). Letztere umschließen und verdrängen bereits ausgewalzte Paramorphosen. Eine schwache postkristalline Beanspruchung verursacht Risse in größeren Individuen. Kr-Fm-Kr-(Fm).

Akzessorien: Apatit, wümelige Graphitpartikel, Orthitkörnchen mit isotropisierten Rändern, Rutil, grüne Turmalinsäulchen, Zirkon, Zoisit-mikrolithe.

Durch die extrem starke Deformation des heute blastomylonitischen Korngefüges (Abb. 7) ist eine klare Dreiteilung in eine prä-, eine para- und eine posttektonische Phase gegeben. Die posttektonische Phase ist durch ein bevorzugtes Wachstum von Granat, Oligoklas mit 25% An und Muskowit, bei gleichzeitiger Rekristallisation von Biotit und Disthen gekennzeichnet. Die typische Bildung der paratektonischen Phase ist der Disthen. Obwohl sich eine klare Abfolge der Mineralbildungen erkennen läßt, ist die Paragenese Biotit, Muskowit, Oligoklas, Disthen und Granat in beiden Phasen stabil. Insofern stimmen die Kristallisationsabfolge und die Mineralfazies mit den Verhältnissen in den Injizierten Glimmerschiefern überein. Die prätektonische Kristallisation ist durch die heute nur mehr als Paramorphosen erhaltenen Andalusite gegeben. Ihr Auftreten in hellen Quarz-Feldspatmobilisaten, in denen auch meist eine Kornvergrößerung aller Komponenten zu beobachten ist, besagt, daß der ganze Bereich, also auch Feldspat, Quarz und Biotit, derselben Kristallisationsphase angehören. Für diese Bildungen müssen wir eine streßfreie, zur teilweisen Aufschmelzung führende, hochtemperierte Metamorphose unter katazonalen Bedingungen annehmen. Die charakteristische Reaktion dieser Zone ist die Umsetzung:



Hieraus erklärt sich auch das plötzliche Auftreten von Kalifeldspat in den Disthenflaser-Gneisen. Während der anschließenden Durchbewegung trat teilweise die rückläufige Reaktion ein, ersichtlich an den Serizitsäumen um die Paramorphosen.

Die heutige Zusammensetzung der Disthenflaser-Gneise läßt also zwei mineralfaziell unterscheidbare Regionalmetamorphosen erkennen:

1. Die prätektonische, katazonale Thermometamorphose mit Andalusit und basischem Oligoklas.
2. Die para- bis posttektonische, mesozonale Dynamometamorphose mit Disthen, Almandin und Oligoklas.

Dabei hat auch hier die Kristallisation die Deformation überdauert. Die noch verbogenen Glimmer und Plagioklase deuten aber auf einen frühzeitigen Abbruch der Rekristallisation hin. Keinesfalls kommt aber eine spätere Durchbewegung als bei den übrigen Gesteinen in Frage, da eindeutig posttektonische Granat- und Muskowitbildungen vorliegen.

5. Schiefergneise der Eklogitserie

In dieser Gruppe sind die muskowitreichen, grobkörnigen, struppigen Gneise und Glimmerschiefer zusammengefaßt. Allerdings handelt es sich dabei nachweislich um genetisch verschiedene Gesteine, da einerseits schwächer beanspruchte, stärker umkristallisierte Typen im Gelände und unter dem Mikroskop sehr ähnlich sind. Zwei Modalanalysen typischer Vorkommen geben die mittlere Zusammensetzung der Schiefergneise an. Fundpunkt der Probe 1: Steinbruch Lölling, $x = 198\ 570$, $y = 95\ 970$; der Probe 2: $x = 199\ 650$, $y = 97\ 570$.

Vol. %		1.	2.
	Quarz	27,1	48,0
	Plagioklas	11,4	21,6
	Muskowit	33,5	21,4
	Biotit	13,2	5,4
	Granat	11,6	2,7
	Akzessorien	3,2	0,9
		100,0	100,0

Mineralbestand:

Quarz: Unregelmäßig begrenzte Grobkorngewebe und s-parallele Lagen mit meist schwach undulös auslöschenden Einzelkörnern; Korngrößen und -begrenzungen deuten auf eine starke posttektonische Rekristallisation hin; korrodiert die übrigen Komponenten. (Kr-Fm)-Kr.

Plagioklas: Xenomorphe, schwach invers- oder normalzonare Einzelkörner oder Grobkornaggregate; in muskowitreichen Typen überwiegen Oligoklase zwischen 24% und 30% An, in den biotitreichen Oligoklase bis Andesine zwischen 27% und 36% An; in stark umkristallisierten Zonen liegen normalzonare Oligoalbite mit Kernen um 20% und Rändern bis 10% An vor; ehemals zerbrochene Körner sind pflasterartig rekristallisiert; vereinzelt Kornfüllungen wie in den Feldspäten der Disthenflaser-Gneise; selten beginnende Trübung durch Serizit. (Kr-Fm)-Kr; in vollständig umkristallisierten Typen nur Kr.

Muskowit: Große Einzelkörner und polygonal rekristallisierte Aggregate; oft nur geringe Regelung und reichlich Querglimmer. (Kr-Fm)-Kr.

Biotit: X = hellgelb, Y und Z = tief rotbraun; oft mit Muskowit parallel verwachsen. (Kr-Fm)-Kr.

Disthen: In Form von Paramorphosen nach Andalusit mit typischem Serizitsaum; idiomorphe Kleinformen in s-parallelen, ausgewalzten Zeilen; in vollständig umkristallisierten Typen auch mehrere mm-große idiomorphe Einzelkörner. Kr-Fm-Kr, bzw. Kr. in gänzlich umkristallisierten Zonen.

Granat: Selten idiomorphe, meist rundliche, amöboide Almandine; 2 Generationen, die ältere enthält ein si aus opaken Körnchen, das gegenüber dem se stark verstellt ist. Die jüngere bildet teils einschlußfreie Ränder, teils selbständige Individuen. Dabei werden Glimmer verdrängt und darin vorhandene Einschlüsse als si übernommen (Tafel 2, Abb. 10), si dann stets || se. Kr-Fm-Kr.

Akzessorien: Apatit, wümeliger Graphit, seltener idiomorphe Orthite, Rutil, Turmalin, Zirkon und Kornhaufen und Stengel von hypidiomorphen α -Zoisit.

Nur in völlig umkristallisierten Gesteinen:

Staurolith: Bis mehrere mm-große Idioblasten und xenomorphe, stark poikilitische Körner, die Granat umschließen und verdrängen. Kr.

Chlorit: Rosetten und Fahnen von Prochlorit als Zwickelfüllung; teilweise Biotit verdrängend. Kr.

Die Schiefergneise der Eklogitserie lassen wie die Disthenflaser-Gneise in ihrem heutigen Mineralbestand eine prätektonische Kristallisation mit Andalusit und eine para- bis posttektonische Kristallisation mit Disthen, Granat, Biotit, Muskowit und Oligoklas erkennen. Ein Unterschied besteht zunächst nur im Gefüge — die Disthenflaser-Gneise sind Blastomylonite, die Schiefergneise dagegen fast granoblastische Gesteine —, der auf der stärkeren Rekristallisation und auf der teilweise geringeren Durchbewegung beruht (Abb. 8). Innerhalb der Eklogitserie geht die Rekristallisation örtlich in eine vollständige Umkristallisation über, die zusammen mit einer ausgeprägten Gefügeregelung zu fast massigen Gesteinen mit einer mesozonalen Paragenese mit Disthen, Staurolith und saurem Plagioklas führt und in einer epizonalen Chloritphase ausklingt. In diesen Gesteinen sind alle Komponenten posttektonisch gewachsen und vollkommen umkristallisiert.

Die Schiefergneise aus der Eklogitserie und der darunterliegenden Quarzserie gleichen in Mineralbestand und Gefüge den stark rekristallisierten Typen der Eklogitserie. Unterschiede bestehen bei den Plagioklasen, die in den tieferen Serien als Oligoalbite bis Oligoklase, also etwas saurer entwickelt sind. Auch Disthenparamorphosen fehlen weitgehend. Sie lassen sich nur mehr in Form von geschlossenen Muskowitaggregaten erschließen, die gelegentlich noch Disthenreste enthalten.

I I. P e g m a t i t e

Wie schon erwähnt, muß bereits im Gelände zwischen zwei Gruppen, den Pegmatiten mit intrusivem Charakter und solchen, die ganz allmählich aus dem Gesteinsverband hervorgehen, unterschieden werden.

Zur ersten Gruppe gehören die flözartigen Vorkommen in den Biotit-Glimmerschiefern der Hüttenberger Serie und die Injektionen in der Serie der injizierten Glimmerschiefer, sowie einige wohlbegrenzte Körper in den tieferen Serien. Ihr Mineralbestand ist unabhängig von der Größe der Vorkommen und ziemlich eintönig. Hauptbestandteile sind Quarz, Oligoalbite um 15 % An, Mikroklin und Muskowit. Als Akzessorien treten Apatit, Granat, grüne oder blaue Turmaline, Zirkon und Pyrit hinzu. An dem granoblastischen Gefüge läßt sich eine etwa gleichzeitige, para- bis posttektonische Kristallisation ablesen. In wenig vergneisten Typen sind häufig noch schriffgranitische Gefüge erhalten. Gegenüber den sie umgebenden Glimmerschiefern unterscheiden sie sich durch den Kalifeldspatgehalt, weniger basische Oligoklase und das Fehlen von Biotit und Disthen.

Abb. 5. Gefügebild eines Biotitschiefergneises \perp B geschnitten.

Das Gefüge wird bestimmt durch zwei parallel verlaufende Bauelemente, die Plagioklas-Biotitlagen und die Quarzlagen. Das si im Plagioklas, bestehend aus Biotit, liegt parallel zum se. (Plagioklas = grau getönt mit Spaltbarkeit und Lamellen; Quarz = weiß; Biotit = schraffiert, Erz und Graphit = schwarz, Apatit = punktiert, durchsichtige Akzessorien = stark umrandet.)

Abb. 6. Typisches Gefügebild der plagioklasreichen Glimmerschiefer in einer Schnittlage \perp B.

(Quarz = weiß, Plagioklas = grau, lamelliert, Muskowit = fein gestrichelt, Biotit = dunkel, Granat = weiß mit gestrichelten Rändern, Graphit und Erz = schwarz, Turmalin = stark umrandet.)

Abb. 7. Blastomylonitisches Gefüge der Disthenflasergneise, Schnittlage \perp B. Es sind alle charakteristischen Merkmale der Disthenflasergneise zu erkennen:

1. Paramorphosen von Disthen nach Andalusit mit Muskowitrand;
2. Rundliche, gefüllte Feldspatblasten, z. T. zerlegt und pflasterartig rekristallisiert;
3. Feinkörniges, blastomylonitisches Grundgewebe.

(Plagioklas = grau, Quarz = weiß, Granat = stark umrandet, Biotit = dunkel, Muskowit = fein gestrichelt.)

Abb. 8. Typisches Gefügebild der Schiefergneise. Schnittlage \perp B.

(Quarz = weiß, Plagioklas = grau und lamelliert, Muskowit = punktiert, je nach Lage mit Spaltbarkeit, Biotit = dunkel, Granat = stark umrandet, Erz und Graphit = schwarz.)

Abb. 9. Gefügebild eines Zoisit-Hornblende-Biotit-Glimmerschiefers. Schnittlage \perp B.

(Zoisit = stark umrandet, Granat = punktiert, Biotit = schraffiert, Hornblende weiß mit angedeuteter Spaltbarkeit, Plagioklas = fein punktiert mit Lamellen, Quarz = weiß, Pyrit = schwarz.)

Abb. 10. Typisches Eklogitgefüge mit weitgehender diablastischer Auflösung. (Hornblende = 54^o— Spaltbarkeit, Pyroxen = rechtwinklige Spaltbarkeit, Granat = stark umrandet, Zoisit = fein punktiert, Oligoalbit = grau, Titanit = grob punktiert, Rest = diablastisches Hornblendegewebe.)

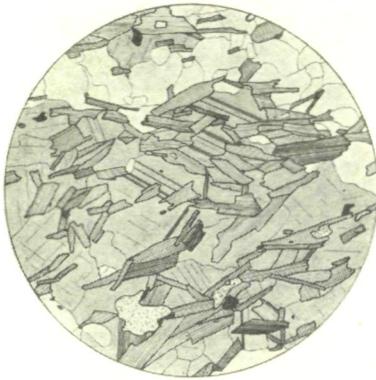


Abb. 5

→ 0,2 mm



Abb. 6

→ 0,2 mm



Abb. 7

→ 0,2 mm

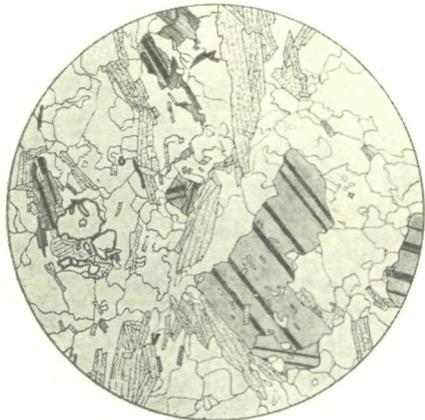


Abb. 8

→ 0,2 mm



Abb. 9

→ 0,2 mm



Abb. 10

→ 0,2 mm

Zur zweiten Gruppe gehören die geringmächtigen Quarz-Feldspat-anreicherungen der Disthenflaser-Gneisserie und den tieferen Serien. Sie bestehen in der Hauptsache aus Quarz, Oligoklas, Kalifeldspat und Anreicherungen von Biotit, Muskowit und Disthenparamorphosen. Der Anorthitgehalt der Plagioklase schwankt zwischen 20% und 35%, gleicht also dem der Feldspäte im Nebengestein. Nur in größeren Vorkommen, die zwischen den Pegmatoiden und den intrusiven Pegmatiten stehen, finden sich bereits Oligoalbite. Sonst stimmen der qualitative Mineralbestand und dessen Mineralisationsabfolge völlig mit den Verhältnissen in den umgebenden Gesteinen überein. Die intrusiven Pegmatite und die im Entstehungsbereich gebliebenen Pegmatoide unterscheiden sich letztlich nur durch das Fehlen von Disthenparamorphosen und Biotit in ersteren. Offensichtlich sind diese Bildungen in den ausgewanderten und an anderer Stelle injizierten Pegmatiten durch Muskowit und Granat ersetzt. Als Bindeglied zwischen beiden Gruppen können die wenigen Querpegmatite aufgefaßt werden, die meist nicht mehr vergneist sind. Sie lassen erkennen, daß Pegmatitwanderungen auch noch nach der Durchbewegung stattfanden. In einem derartigen, nicht verschieferten, allerdings s-parallelen Pegmatit konnte noch frischer, hypidiomorpher Andalusit entdeckt werden (Fundpunkt: $x = 220\ 500$, $y = 99\ 900$).

III. Marmor und Kalksilikatgesteine

In dieser Gruppe sind die Gesteine zusammengefaßt, die sich von Kalken, Dolomiten und Mergeln ableiten lassen. Da der Mineralbestand der einzelnen Typen qualitativ und quantitativ sehr unterschiedlich ist, werden im folgenden nur die prinzipiellen Erscheinungen, soweit sie zur Kenntnis der Metamorphose und deren Beziehungen zur Tektonik wichtig sind, erläutert.

1. Marmore

Die Marmore sind überwiegend reine Kalkmarmore und innerhalb der Serien nur durch die stetig zunehmende Korngröße unterscheidbar. Ein geringer Gehalt an Phlogopit, Zoisit, Quarz, Titanit, Anorthoklas und verschiedenen Plagioklasen ist allen gemeinsam. Das Gefüge ist geregelt und vollkommen rekristallisiert. (Kr-Fm)-Kr gilt für den Kalzit.

2. Die Kalksilikatgesteine der tieferen Hüttenberger Serie und der Serie der Injizierten Glimmerschiefer

Die hier zusammengefaßten Gesteine stellen verschiedene Mischungen von Pyroxen, Hornblende, Biotit, Muskowit, Zoisit bis eisenarmem Epidot, Granat, Quarz, Plagioklas und Kalzit dar. Als Akzessorien tre-

ten Titanit, Rutil, Turmalin, Apatit, Zirkon, Graphit und Pyrit hinzu. Nach dem Mineralbestand lassen sie sich in 6 Gruppen aufteilen:

1. Diopsidfelse,
2. Pyroxen-Granat-Amphibolite,
3. Plagioklas-Zoisit-Granat-Amphibolite,
4. Zoisit-Hornblende-Biotit-Glimmerschiefer,
5. Zoisit-Karbonat-Glimmerschiefer,
6. Epidot- und granatführende Marmore.

Mineralbestand:

Pyroxen: Als weißer Diopsid Hauptbestandteil fast monomineralischer Pyroxenfelse am Rand von Kalkmarmoren; auch Lagen mit Kalifeldspat-Quarzbändern wechselnd in hellen Kalksilikatgesteinen; die optischen Daten, $Z \wedge c 40^\circ$, $2V_z 57^\circ$ deuten auf einen sehr reinen Diopsid hin; in hornblendeführenden Gesteinen meist lichtgrüner Salit; Diopsid häufig korrodiert und zerbrochen, Salit in den Amphiboliten zeigt keine Deformationsspuren. Kr-(Fm).

Hornblende: In den Amphiboliten und Zoisit-Biotit-Glimmerschiefern als grünbraune oder rein grüne Hornblende entwickelt; optische Daten sehr ähnlich, $Z \wedge c 15^\circ$, $2V_x 88^\circ \pm 3^\circ$, X = sehr hell gelblichgrün, Y = olivgrün mit bräunlichem Ton, Z = gelblichgrün, gelegentlich mit bläulichem Ton; X \ll Y $>$ Z. Nach diesen Daten liegen gemeine grüne Hornblendeln im Übergang zu braunen Hornblendeln vor. In Diopsidgesteinen sproßt reiner Tremolit auf Kosten des Diopsids (Tafel 2, Abb. 11). Kr.

Biotit: X = hellgelb, Y und Z = stumpf nelkenbraun; Einzelkörner und polygonal rekrystallisierte Aggregate. (Kr-Fm)-Kr.

Granat: Hypidiomorphe oder xenomorphe Almandine umschließen oder verdrängen die übrigen dunklen Komponenten; gelegentlich Individuen mit graphitischem si, das gegenüber dem se verstellt ist. (Kr-Fm)-Kr.

Zoisit: Hypidiomorphe, meist parallel B geregelte Individuen, aus - α Zoisit oder auch Klinozoisit; häufig als si in Biotit, Granat und Hornblende, wobei si || se. Kr.

Plagioklas: Xenomorphe Oligoklase mit 27% An, zuweilen normalzonar mit Kernen um 30% An und Rändern um 25% An. Kr.

Quarz: Xenomorphe, schwach undulös auslöschende Einzelindividuen und s-parallele Großkornaggregate; ruhige, buchtige Korngrenzen und das betonte Größenwachstum deuten auf eine starke posttektonische Rekrystallisation; aggressiv gegen die übrigen Komponenten. (Kr-Fm)-Kr.

Muskowit: Einzelindividuen oder polygonal rekrystallisierte Aggregate. (Kr-Fm)-Kr.

Akzessorien: Apatit, Chlorit pseudomorph nach Biotit und Hornblende, würmelförmiger Graphit, Pyrit, Rutil, Titanit (häufig als Einschluß in Granat, Biotit und Hornblende), grüner Turmalin, Zirkon.

Die Kalksilikatgesteine und die mit ihnen verbundenen Paraamphibolite zeigen im Gefüge wie die Glimmerschiefer und Schiefergneise ihrer Umgebung eine vollständige Rekrystallisation und weitgehend posttektonisches Kornwachstum (Abb. 9). Die para- und posttektonische Kristallisation ist durch eine mesozonale Paragenese mit grüner Hornblende, Zoisit, Almandin, Biotit und Oligoklas charakterisiert. Nur Salit

und Diopsid, wobei letzterer auch keine Rekristallisation erkennen läßt und posttektonisch von Tremolit verdrängt wird, deuten auf eine höher-temperierte, z. T. prätektonische Wachstumsphase hin.

3. Die Kalksilikatgesteine der Disthenflaser-Gneisserie und der Eklogitserie

Repräsentativ für die verschiedenen Kalksilikatgesteine dieser Serien sind die Biotit-Bytownitfelse, die einerseits in silikatreiche Marmore, andererseits in Disthenflaser-Gneise übergehen können. Sie bestehen in einem quantitativ sehr wechselnden Verhältnis, aus basischem Plagioklas, Biotit, Zoisit und Kalifeldspat. Dazu kommen noch in unterschiedlicher Menge Quarz, Muskowit, Disthen, Pyroxen, Hornblende, Granat, Skapolith und Karbonat.

Mineralbestand:

Plagioklas: Selten idiomorphe, meist rundliche Blasten; in stärker deformierten Zonen auch krümelige, xenomorphe Feinkorngewebe; Bytownite um 75% An herrschen vor. Die Meßwerte streuen zwischen Anorthit bis 94% An und Labradorit um 50% An; häufig normalzonar mit Unterschieden von über 20% An zwischen Kern- und Randbereichen; meist mit Zoisitmikrolithen gefüllt; dicht gefüllte Körner sind weniger basisch, in stark umkristallisierten Gesteinen bis 25% An. Kr-Fm-(Kr).

Kalifeldspat: Rundliche, meist ungegitterte, flau auslöschende Porphyroblasten (Mikroclin-Anorthoklas) und weitverzweigte Zwickelfüllungen. Kr.

Biotit: Stark korrodierte Einzelkörner und lockere, kaum geregelte Kornhaufen; X = hellgelb, Y und Z = tief kastanienbraun; oft stark verbogen. Kr-Fm-(Kr).

Zoisit: Strahlige, eisblumenartige Aggregate von β -Zoisit zwischen und in Bytownit-Anorthit. Streng davon zu trennen sind die Füllungen der Plagioklase mit neugebildeten Mikrolithen aus $\alpha+\beta$ -Zoisit; in kalzitreichen Gesteinen auch Großformen von α -Zoisit. Kr.

Pyroxen: Lichtgrüne Salitporphyroblasten mit Deformationsspuren, oder Reste in diablastischen Hornblendegefügen. Kr-Fm.

Hornblende: Idiomorphe, fast farblose Individuen in kalzitfreien Gesteinen, gemeine grüne Hornblende in kalzitführenden Zonen; sehr oft diablastisch aufgelöst. Kr.

Disthen: Stets in Form von oft noch gut erhaltenen Paramorphosen nach Andalusit. Kr.

Granat: Xenomorphe Körnchen, meist mit Biotit vergesellschaftet. Kr.

Quarz: Scharf begrenzte, linsige Großkornaggregate, die auch in einer noch stark deformierten Umgebung keine Kataklaesepuren zeigen. Fehlt in den reinen, massigen Biotit-Bytownitfelsen, häufig jedoch in Randzonen und in Wechsellagerungen mit Disthenflaser-Gneisen. (Kr-Fm)-Kr.

Skapolith: Idiomorpher Mejonit (die Bestimmung erfolgte mittels Berek-Kompensator $\Delta \sim 0,034$ und Lichtbrechungsvergleich gegenüber Biotit $n \sim 1,58$ im Dünnschliff) als akzessorischer Gemengteil in nicht umgewandelten Biotit-Bytownitfelsen; Mizzonit, pseudomorph nach Bytownit-Anorthit neben Oligoklas in stark umgewandelten Gesteinen; häufiger Gemengteil in silikatreichen Marmorrandzonen, dann vielfach mit si, wobei si || se. Kr.

Akzessorien: Fetzen oder Kristalle von Graphit, xenomorpher Magnetkies, Pyrit, Kupferkies, sind typische, selten fehlende Nebengemengteile. Weiterhin treten Apatit, Orthit, Rutil, grüner Turmalin und Zirkon auf. In einem Vorkommen wurden auch Kristalle und rundliche, keulenartige Kleinformen von Korund gefunden.

Der Mineralbestand der Kalksilikatfelse läßt sich zwei Kristallisationen zuordnen. Der älteren, hochtemperierten, katazonalen Paragenese gehören Bytownit-Anorthit, Kalifeldspat, Andalusit, Biotit, β -Zoisit und Salit an. Sie ist am besten in den mächtigen und massigen, wenig deformierten Biotit-Bytownitfelsen erhalten. Auch in stark deformierten Vorkommen sind die Biotit-Bytownitbänder kaum rekristalliniert und zeigen daher noch die alte, prätektonische Paragenese. Die quarz- und kalzitreichen Zonen sind dagegen rekristallisiert, und z. T. vollkommen umgewandelt. Der Bytownit ist darin zu gleichkörnigen, mit grobem Zoisit durchwachsenen Oligoklasaggregaten umgelagert, Pyroxen diastatisch aufgelöst und bis auf geringe Reste von Hornblende verdrängt. Almandin sproßt neu. Diese posttektonische Kristallisation mit Neubildung von Oligoklas, Hornblende, Almandin, Zoisit und Mizzonit ist der Mesozone zuzuordnen.

Innerhalb der tieferen Eklogitserie und der Serie der Stelzing-Marmore treten keine selbständigen Kalksilikatfelse auf, sondern nur silikatreiche Marmore und karbonatreiche Schiefergneise. In der Mineralführung unterscheiden sie sich nicht von den Vorkommen in der Disthenflaser-Gneisserie. Farblose bis schwach grünliche Hornblende, meist diastatisch aufgelöster Pyroxen, β -Zoisit, Phlogopit, Mikroklin, verschiedene Plagioklase von 10 bis 65 % An und Quarz sind meist lagig im Kalzitgewebe verteilt. Vereinzelt sprossen große Skapolithporphyroblasten, die Phlogopit, Zoisit und Plagioklas als s_1 einschließen. Gelegentlich sind die Phlogopite in Leuchtenbergit umgewandelt und die basischeren Plagioklase mit Serizit gefüllt. Alle Komponenten sind vollständig rekristallisiert. Das Skapolithwachstum deutet auf tief mesozonale Bedingungen während der posttektonischen Kristallisation hin.

IV. Metamorphite basischer Ergußgesteine

Innerhalb der Hüttenberger Serie und der Serie der Injizierten Glimmerschiefer finden sich nur wenige Vorkommen, die als Orthoamphibolite angesehen werden können. In der Gruppe der Biotit-Glimmerschiefer sind dies fast monomineralische Amphibolite mit braungrünen Hornblenden und wenigen, dicht mit Zoisit gefüllten Oligoklasen, die als Abkömmlinge ehemals basischer Feldspäte aufgefaßt werden müssen. In der Serie der Injizierten Glimmerschiefer können einige Pyroxen-Granat-Amphibolite zu dieser Reihe gestellt werden.

Die Serie der Disthenflaser-Gneise ist frei von Orthoamphiboliten. Erst in der Übergangzone zu der Eklogitserie kommen Eklogite und Eklogitamphibolite vor. Im folgenden wird nur auf die Eklogite und Eklogitamphibolite etwas näher eingegangen, da sich die Amphibolite der tieferen Serien klar aus diesen ableiten lassen und

die Amphibolite der höheren Serien weitgehend den bereits beschriebenen Paraamphiboliten gleichen.

Mineralbestand:

Pyroxen: Lichtgrüner, xenomorpher Omphazit; meist mehr oder weniger diablastisch aufgelöst; in diesen Bereichen in Hornblende übergehend; Einschlüsse als gepanzerte Relikte im Granat. Kr.

Hornblende: Teils diablastisch aufgelöst, teils idiomorphe Individuen einer gemeinen grünen Hornblende; X = hell gelblichgrün, Y = olivgrün, Z = bläulichgrün, $X \subset Y = Z$, $Z \wedge c = 19^\circ \pm 1^\circ$, $2V_X = 79^\circ \pm 1^\circ$; umschließt Zoisit und verdrängt Omphazit und Granat (Tafel 2, Abb. 12); an der Grenzfläche von Granat und Hornblende giftigrüne Säume mit lokaler Chloritisierung der Hornblende. Kr.

Granat: Rundliche, meist stark korrodierte Körnchen mit der Farbe des Pyrops; reichlich Einschlüsse von Titanit, Rutil, Magnetkies und Quarz. Kr.

Zoisit: In Eklogiten xenomorpher α -Zoisit, in Eklogitamphiboliten Klinozoisit; wird stark von diablastischer Substanz korrodiert. Kr.

Plagioklas: Xenomorphe, stark verzweigte Körner; häufig als helle Komponente in den diablastischen Geweben; vorwiegend Oligoalbit um 13% An; gelegentlich inverszonare Bereiche mit Rändern bis 20% An. Kr.

Biotit: In den Eklogiten sehr selten, in Eklogitamphiboliten häufiger Gemengteil; X = hellgelb, Y und Z = kastanienbraun; meist diablastisch aufgelöst. Kr.

Quarz: Xenomorphe Einzelkörnchen und heller Gemengteil in diablastischen Geweben. Kr.

Akzessorien: Rutil, rundliche bis idiomorphe Titanitkörnchen, Magnetkies und Karbonat; in pegmatitischen Einschaltungen auch reichlich Muskowit.

Der Mineralbestand der Eklogite und das Gefüge (Abb. 10) lassen keine deutlichen Beziehungen zur Tektonik erkennen, wie dies bei den umgebenden Schiefergneisen der Fall ist. Die Kristallisationsabfolge mit Omphazit — Granat — Zoisit — gemeine grüne Hornblende — Oligoalbit, weist in den jüngeren Gliedern auf eine Anpassung an die Kristallisationsbedingungen der Almandin-Disthenfazies in den Schiefergneisen hin. In den Eklogitamphiboliten ist diese jüngere Kristallisation durch das betonte Hornblendewachstum besonders stark ausgeprägt.

Die Amphibolite aus der Serie der Stelzing-Marmore können nach Mineralbestand und Gefüge als feldspatreiche Abkömmlinge der Eklogitamphibolite aufgefaßt werden. Sie unterscheiden sich von diesen durch das Zurücktreten des diablastischen Gefüges zugunsten einer stärkeren Sammelkristallisation, die sich in vorwiegend hypidiomorphen Hornblenden und geschlossenen Oligoalbit- und Quarzbereichen äußert. Zoisit wird durch eisenarmen Epidot und Klinozoisit vertreten. Biotit verdrängt Granat. Omphazit ist nur noch selten als Einschluß im Granat enthalten; frei im Gefüge blieb der Pyroxen nicht mehr erhalten. In diesen Gesteinen ist also die Umkristallisation der ehemaligen Eklogite besonders weit gediehen. Die Paragenese zeigt bereits Anklänge an die Epidot-Amphibolitfazies.

C. Bemerkungen zur Tektonik

1. Faltertektonik

Die Seriengliederung ist von ausschlaggebender Bedeutung für die Erkennung des Großfaltenbaus. Aus der Kartierung nach Großserien ergibt sich ein flacher Sattel- und Muldenbau der konkordant übereinanderliegenden Einheiten.

Kerngebiet ist das Gewölbe der Stelzing. Das umlaufende Streichen in der Marmorserie und in der darüberliegenden Eklogitserie, sowie der Aufbruch der Quarzserie lassen deutlich die Gewölbestruktur erkennen, die den gesamten Großbau beider Kartiergebiete bestimmt. Das Gebiet 1 (Abb. 1) liegt, wie das Diagramm der s-Flächenpole (Abb. 11) zeigt, auf der Südflanke, das Gebiet 2 auf der Nordflanke (Abb. 12) des Großgewölbes (Abb. 13). Nach N schließt sich eine Muldenzone an, in deren Kern am Hohenwart als höchste Einheit Injizierte Glimmerschiefer aufgeschlossen sind. Das Gewölbe mit der Marmorserie wird nahe Bayerbach durch N—S-Störungen abgeschnitten und läßt sich nicht mehr direkt nach Westen verfolgen. Der Großbau bleibt jedoch auch westlich der Störungen erhalten und bedingt das nochmalige Auftreten der Eklogitserie im Mosinzgraben bei Heft. Ein komplizierteres Bild ergibt sich, wenn man die Serien im einzelnen betrachtet. Es zeigt sich, daß die Serien sowohl in sich als auch miteinander verfaltet sind, wobei jede Serie bestimmte charakteristische Züge im Baustil aufweist.

Ruhige Lagerung oder Faltenzonen mit stehenden Sätteln und Mulden in der Größenordnung von einigen Zehnermetern sind typisch für die Hüttenberger Serie und die Serie der Injizierten Glimmerschiefer. Die Lineare auf den s-Flächen und die B-Achsen größerer Falten stimmen überein. Sie liegen meist flach, bei einem mittleren Streichen um 115° (Abb. 14 und 15).

In den tieferen Serien tritt die Faltung zugunsten einer Plättung und Auslinsung zurück. Die B-Achsen streuen hier stärker. Besonders in der Disthenflaser-Gneisserie treten senkrecht zu den 115° streichenden B-Achsen solche mit 20° bis 30° Streichen auf. Sie sind sowohl als sehr feine Lineare auf den s-Flächen als auch in Spezialfalten anzutreffen.

In der Eklogitserie und in den liegenderen Schichtkomplexen verlaufen die B-Achsen wieder vorwiegend in der ESE—WNW-Richtung.

Inhomogenitäten werden durch die tektonisch widerstandsfähigen Kalksilikatfelse und Eklogitkörper hervorgerufen.

Die s-Flächen innerhalb solcher Körper zeigen häufig keine Beziehungen zu den Achsen und s-Flächen der Umgebung. Vergleicht man die Sammeldiagramme der B-Achsen und s-Flächenpunkte, so erkennt man bei den B-Achsen vorherrschend flache Lagerung und gleiches Streichen zwischen 110° und 120° . Im Westgebiet (1) beginnen die Achsen jedoch stärker nach NW abzutauchen. Die π -Pole der s-Flächensammeldiagramme fallen mit den B-Achsenmaxima zusammen. Daraus

ist eine Prägung der s-Flächen und B-Achsen nach dem gleichen Beanspruchungsplan ersichtlich.

Als Beispiel für die Ausbildung der Klüfte ist ein Kluftpol-Sammel-diagramm aus dem Westgebiet angeführt. Das Maximum weicht um 15° von dem Maximum der B-Achsen ab (Abb. 16). N—S streichende Klüfte überwiegen. Dies kann auf den Einfluß der N—S verlaufenden Störungen zurückgehen. Man kann sie aber auch als Querklüfte zu einer im Gelände nicht mehr faßbaren E—W-Achse auffassen.

2. Bruchtektonik

Der alte Faltenbau wird von jungen, steilstehenden Brüchen zerstückelt, die im Gelände meist als Abschiebungen erkennbar sind. Innerhalb großer Störungszonen kommen auch hochgequetschte Schollen vor. Die Bruchtektonik ist in ihrer Anlage von der Falten tektonik unabhängig, doch werden gerne vorgegebene Richtungen nachgezeichnet.

Die größte Verbreitung zeigen die N—S verlaufenden Sprünge. Innerhalb des Kartiergebietes sind sie als Parallelsprünge zur Görttschitztalstörung aufzufassen. Das Störungssystem von Bayerbach ist hierher zu stellen. Daran wird die Eklogitserie um etwa 600 m gegenüber der Marmorserie nach W abgesenkt. Geringere Verwürfe treten an den Horst- und Grabenschollen im Gebiet des Löllingbergs auf.

Von großer Bedeutung sind weiterhin die SW—NE verlaufenden Sprünge des Löllinger Sprungsystems. Es zweigt westlich, außerhalb des Kartiergebietes von der Görttschitzallinie ab und mündet

Abb. 11. Diagramm der s-Flächenpole, Gebiet 1
1313 Pole, 4—3—2—1 %

Abb. 12. Diagramm der s-Flächenpole, Gebiet 2
505 Pole, 10—8—6—4—2—1 %

Abb. 13. Diagramm der s-Flächenpole, Gebiet 1 und 2
1818 Pole, 5—4—3—2—1 %

Abb. 14. Diagramm der B-Achsen, Gebiet 2
223 Achsen, 15—13—9—4 %

Abb. 15. Diagramm der B-Achsen, Gebiet 1
285 Achsen, 14—11—8—5—2 %

Abb. 16. Diagramm der Kluftpole, Gebiet 1
1066 Klüfte, 6—5—4—3—2 %

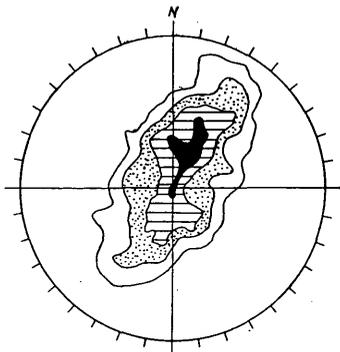


Abb. 11

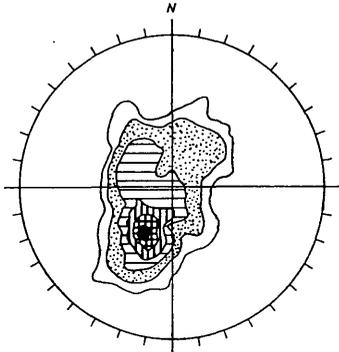


Abb. 12

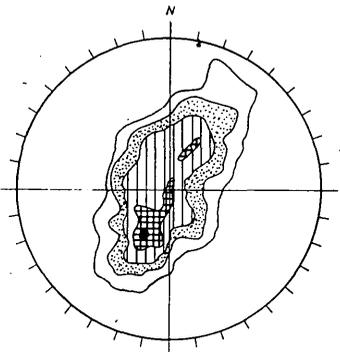


Abb. 13

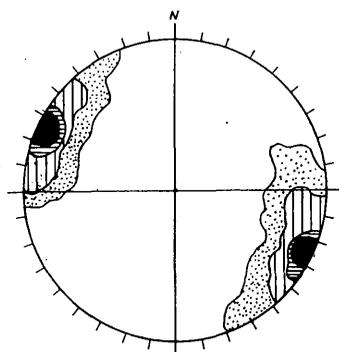


Abb. 14

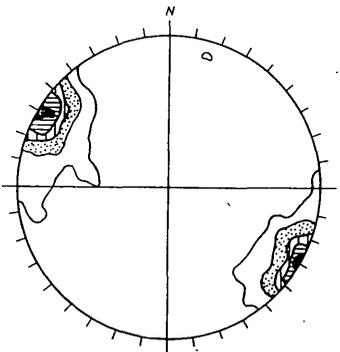


Abb. 15

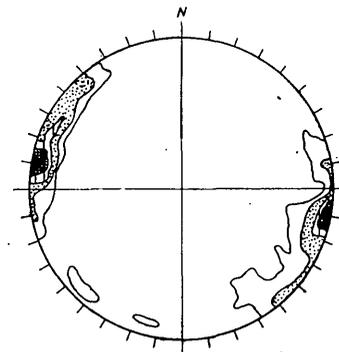


Abb. 16

innerhalb des Kartiergebietes wieder in N—S-Störungen. Dazwischen zweigen immer wieder N—S-Brüche ab, die den Knappenberger Marmor zerstückeln. Zwei Sprungzonen konnten auskartiert werden. Der Löllinger N-Sprung* versenkt den Knappenberger Marmor am Löllinger Erbstollen und am Sauofenkogel um etwa 300 m. Der Löllinger S-Sprung versetzt das Liegende des Knappenberger Marmors um etwa 400 m gegen die Eklogitserie. Im E biegt er in das Störungsbündel von Bayerbach ein.

Wichtige Störungslinien sind ferner die E—W streichende Gerdkogelstörung, an der der Knappenberger Marmor vom Sauofenkogel um etwa 150 m gegen Injizierte Glimmerschiefer versetzt wird, die E—W verlaufende Klippitztörlstörung, an der die Eklogitserie gegen die Marmorserie nach N abgesenkt wird, die SW—NE verlaufende Ranftelkogelstörung, die die Eklogitserie gegen die Disthenflaser-Gneisserie verwirft und die NW—SE streichende Seewiesenstörung, die die tiefsten Teile der Injizierten Glimmerschiefer gegen die Eklogitserie um etwa 200 m verwirft. Bei der Betrachtung der Verwurfsrichtungen zeigt sich, daß im Gebiet 1 die Schollen jeweils nach W bzw. NW, im Gebiet 2 nach NE bzw. SE absinken. Der westliche Teil des Kartiergebietes wird demnach von der Görttschitztallinie und ihren Nebenstörungen, der östliche vom System der Lavanttalstörung beeinflußt. Das Gebiet um den Löllingberg kann als Scheitelzone aufgefaßt werden, die übrigens in der nördlichen Verlängerung des Hauptkammes der Saualpe liegt.

D. Über die Zusammenhänge zwischen den mikroskopischen Beobachtungen und den Feldbefunden

Die Aussagen, die sich auf Grund der Kartierung über den vor-metamorphen Zustand der Serien machen lassen, beschränken sich auf die Feststellung, daß eine sedimentäre Folge von mehr oder weniger sandigen Tonen, Kalken, Mergeln und basischen Magmatiten einschließlich deren Abkömmlingen vorgelegen hat. Dieses Schichtpaket wurde in einer Geosynklinale stetig abgesenkt und durch die dabei auftretende regionale Aufheizung sowie durch die Belastung der darüberliegenden Sedimente umgewandelt. Zu den sicheren Spuren dieser ersten, regionalen Metamorphose gehören u. a. die graphitdurchstäubten Staurolithe der Hüttenberger Serie und die heute als Disthenparamorphosen vorliegenden Andalusite der tieferen Serien. Das geradlinige s_1 der Staurolithe, das Antistressmineral Andalusit und die in Mineralbestand und Gefüge hornfelsartigen Biotit-Bytownitfelse deuten auf ein Kornwachstum in nicht bewegten, ruhenden Gesteinen hin. Die Verteilung der prätektonischen Komponenten in den Gesteinen zeigt eine ein-

* = Löllinger Sprung von CLAR 1951.

deutige Zunahme der Metamorphose vom Hangenden zum Liegenden: Staurolith in den Gesteinen der Hüttenberger Serie; Diopsid-Salit und wahrscheinlich schon Andalusit in Gesteinen aus der Serie der Injizierten Glimmerschiefer; Bytownit-Anorthit, Salit und Andalusit in Gesteinen der Disthenflaser-Gneisserie; Omphazit und Granat in den Eklogiten. Die Hüttenberger Serie und der größte Teil der Serie der Injizierten Glimmerschiefer standen demnach unter mesozonalen Wachstumsbedingungen. Im tiefsten Teil der Serie der Injizierten Glimmerschiefer und in den darunterliegenden Serien herrschten bereits katazonale Bedingungen, die zu einer teilweisen Aufschmelzung führten. Die katazonale Paragenese ist am besten in den massigen Biotit-Bytownitfelsen mit Bytownit, Anorthit, Mejonit, Kalifeldspat, β -Zoisit und Salit sowie in den Eklogiten mit Omphazit und Granat erhalten. Wir fassen diese prätektonische Metamorphose als regional wirkende Thermometamorphose auf.

Der ganze Komplex wurde anschließend bei der Verfaltung der Geosynklinale durchbewegt. Die Verformung erfolgte nach vorwiegend 120° streichenden, horizontal liegenden Achsen, die sich in den Linearen, den Großfalten und in der allgemeinen s-Flächenlage übereinstimmend abbilden. In den offensichtlich besonders stark durchbewegten Disthenflaser-Gneisen wurden gleichzeitig senkrecht zur Hauptachsenrichtung streichende Achsen geprägt.

Dabei trat ein Wechsel der Kristallisationsbedingungen, nämlich von der Kata- zur Mesozone, ein.

Erst mit der Durchbewegung wurden die Schmelzen pegmatitischer Zusammensetzung der tieferen Zone ausgepreßt und in die kühleren, weniger beanspruchten Hangendpartien injiziert, dort verfestigt, teilweise auch noch vergneist. Dort bilden sie heute mm-dünne „lit-parlit“-Injektionen bis flözartige Pegmatite. Nach der Verteilung der Injektionen, worunter wir nur die intrusiven Pegmatite der Hüttenberger Serie und der Serie der Injizierten Glimmerschiefer verstehen wollen, und der Art der Feldspatverteilung in den tieferen Serien kommen wir zu einer Dreiteilung des ganzen Schichtpaketes. Die Hüttenberger Serie und die Serie der Injizierten Glimmerschiefer sind als Einwanderungszone, in der die Pegmatite gesteinsfremde Elemente darstellen, aufzufassen. Die Serie der Disthenflaser-Gneise stellt die Durchgangszone mit in Form und Zusammensetzung erhalten gebliebenen Pegmatoiden dar, während die Eklogitserie als Auswanderungszone mit einer deutlichen Verarmung an Pegmatitsubstanz aufgefaßt werden kann.

Die Durchbewegung brachte gegenüber der prätektonischen Thermometamorphose eine Änderung der Kristallisationsbedingungen mit sich. Im ganzen Profil setzte eine mesozonale Kristallisation ein, die auch nach der Durchbewegung andauerte und eine Rekrystallisation des prätektonischen Mineralbestandes zur Folge hatte. Ein Teil der prätektonischen, katazonalen Bildungen ist aber erhalten geblieben. Die Intensität der posttektonischen Rekrystallisation nimmt vom Hangenden zum Liegenden zu. In der Eklogitserie geht diese Rekrystallisation z. T. in eine

vollkommene Umkristallisation über. Die katazonalen Züge wurden dabei in zunehmendem Maße verwischt.

Die para- und posttektonische Kristallisation ist in den Schiefergneisen durch die Bildung von Biotit, Almandin, Disthen, Oligoklas und Muskowit, in den Grüngesteinen durch grüne Hornblende, Biotit und Zoisit-Klinozoisit, in den Kalksilikatgesteinen durch Zoisit, Tremolit und Oligoklas charakterisiert. In völlig umkristallisierten Schiefergneisen der Eklogitserie tritt neben Disthen auch Staurolith auf. Demnach läßt sich die posttektonische Kristallisation der Staurolith-Disthen-Almandin-Schieferfazies zuordnen; lokal klingt die Mineralisation mit einer Chloritbildung aus. Für die heutige Struktur der Gesteine ist neben der Intensität der posttektonischen Kristallisation auch das Ausmaß der Verformung maßgebend. Dies zeigt sich in den Disthenflaser-Gneisen, die in einigen Komponenten noch deutliche Bewegungsspuren aufweisen, also „später“ bewegt wären als die vollkommen rekristallisierten Gesteine der hangenden und liegenden Serien. Da aber gerade in diesen schlecht rekristallisierten Gesteinen die katazonalen Züge am besten erhalten sind, kann es sich hier nicht um eine jüngere Bewegung, sondern nur um eine weniger intensive Rekristallisation handeln. Nach dem Abschluß der mesozonalen Kristallisation erfolgte keine weitere, im Gesteinsgefüge sichtbare Verformung. Jüngere Beanspruchungen sind nur an schwach undulös auslöschenden Quarzen, an der gelegentlichen Chloritisierung von Biotit und Granat und an der beginnenden Trübung mancher Oligoklase zu erkennen. Wir können also feststellen, daß seit Beginn der Metamorphose alle Serien die gleiche Abfolge der Kristallisations- und Deformationsvorgänge zeigen. Der ganze Schichtkomplex bildet somit eine genetische Einheit. Für die Annahme HABERFELNERS (1937) einer Auffahrt seiner Eklogitserie auf das weniger metamorphe Gebirge fanden sich im Kartiergebiet keine Hinweise.

In Abb. 3 wurde versucht, die oben beschriebenen Zusammenhänge schematisch darzustellen. Dabei wurde bewußt auf eine Gliederung nach Fazieszonen verzichtet, sondern aus Gründen der Übersichtlichkeit die übergeordnete Einteilung in Meso- und Katazone von GRUBENMANN-NIGGLI verwendet. Im Säulenprofil sind die wichtigsten Gesteine und ihre stratigraphische Lage, auch wenn sie z. T. nicht auf der geologischen Karte ausgedehnt wurden, verzeichnet. Rechts davon sind die Entwicklung und der Grad der Metamorphose innerhalb der einzelnen Serien dargestellt. Die erste Linie versinnbildlicht die prätektonische Metamorphose und zeigt ihre Unterteilung in einen mesozonalen Bereich, die Hüttenberger Serie und den größten Teil der Serie der Injizierten Glimmerschiefer umfassend, und einen katazonalen Bereich, dem der tiefste Teil der Serie der Injizierten Glimmerschiefer und die darunterliegenden Serien angehören. Die zweite Linie deutet die posttektonische Rekristallisation aller Serien an. Die dritte Linie gibt schematisch den Übergang der Rekristallisation in eine Umkristallisation und deren Intensität und Auswirkung auf die Gesteine wieder. Die vierte Linie zeigt die heutige Verteilung der Metamorphosestufen innerhalb des Profils an.

E. Zusammenfassung

Das Kristallin der Saualpe östlich Hüttenberg zwischen Erzberg, Hohenwart und Geyerkogel wurde im Maßstab 1 : 10.000 kartiert und petrographisch bearbeitet. Im einzelnen ergab sich vom Hangenden zum Liegenden folgende Gliederung:

1. Die Hüttenberger Serie:
 - a) Staurolith-Granat-Glimmerschiefer,
 - b) Kalkmarmor,
 - c) Biotitglimmerschiefer und -schiefergneise.
2. Die Serie der Injizierten Glimmerschiefer:
Plagioklasreiche Granatglimmerschiefer mit unterschiedlich verteilten injizierten Partien.
3. Die Serie der Disthenflaser-Gneise:
Biotitreiche, augige Schiefergneise mit typischen dunklen Kalksilikatfelsen.
4. Die Eklogitserie:
Muskowitreiche Schiefergneise mit Eklogiten und Eklogitamphiboliten.
5. Die Serie der Stelzing-Marmore:
Mächtige Körper von grobkristallinem Kalkmarmor in einer Matrix von Schiefergneis mit Amphiboliten.
6. Die Quarzit-Serie:
Muskowitreiche Schiefergneise und Glimmerquarzite.

Der tektonische Großbau des Kartiergebietes wird durch das sattelförmige Gewölbe des Stelzing bestimmt. Die Sattelzone läßt sich westlich bis nach Heft verfolgen. Der einfache Großbau wird im Kleinbereich durch eine starke Spezialfaltung abgelöst. Die Serien sind in sich, aber auch miteinander, nach 120° streichenden, flachliegenden B-Achsen disharmonisch gefaltet. Die gefügekundliche Auswertung läßt auf einen einheitlichen Beanspruchungsplan schließen. Die Deformation der Gesteine wurde von der Kristallisation überdauert.

Der alte kristalloblastische Faltenbau wurde durch junge Brüche zerstückelt. Wichtige Störungslinien sind:

1. Der Löllinger N-Sprung
2. Der Löllinger S-Sprung
3. Die Gerdlkogel-Störung

4. Die Störungszone von Bayerbach
5. Die Klippitztörl-Störung
6. Die Seewiesenstörung.

Die mikroskopischen Untersuchungen ließen eine zweifache Regionalmetamorphose erkennen:

1. Die prätektonische Thermometamorphose in mesozonaler und katazonaler Fazies. In den Abkömmlingen von Tongesteinen gehören dieser Kristallisation an: im mesozonalen Bereich der alte Staurolith, im katazonalen Bereich Andalusit und Kalifeldspat. In den Kalksilikatgesteinen treten in den höchsttemperierten Paragenesen Bytownit-Anorthit, Salit und β -Zoisit auf. Weiterhin sind Omphazit und Granat in den Eklogiten hierher zu stellen.
2. Die para- und posttektonische Metamorphose in mesozonaler Fazies. In den Tongesteinsabkömmlingen ist sie durch Oligoklas, Almandin, Biotit, Muskowit, Disthen und Staurolith, in Kalksilikatgesteinen durch Zoisit, Klinozoisit, Tremolit und gemeine grüne Hornblende, in den Grüngesteinen durch grüne Hornblende, Zoisit-Pistazit (eisenarm) und Albit charakterisiert. Mit der Staurolith-Almandin-Disthenfazies findet die Kristallisation der Tongesteinsabkömmlinge nach der Durchbewegung ihren Abschluß. Die Intensität der Kristallisation in der posttektonischen Phase nimmt vom Hangenden zum Liegenden zu. Der katazonale prätektonische Bestand ist nur in den höheren Teilen des Profils erhalten, in den tieferen Teilen jedoch einer mesozonalen Umkristallisation zum Opfer gefallen. Das spätere tektonische Geschehen (großräumige Verbiegungen und Brüche) wirken sich nicht mehr im Korngefüge aus.

Schrifttum:

- CLAR, E. — MEIXNER, H.: Die Eisenspatlagerstätte von Hüttenberg und ihre Umgebung. — Carinthia II, 143, 1953, 67—92 (fehlt in der nächsten Arbeit!).
- FRITSCH, W. — MEIXNER, H. — PILGER, A. — SCHÖNENBERG, R.: Die geologische Neuaufnahme des Saualpen-Kristallins (Kärnten) I., Carinthia II, 70, H. 1, Klagenfurt 1960, 7—28. Hier die ältere Literatur.
- KAMP, H. von: Geologische Kartierung und petrographische Bearbeitung des Saualpengebietes in Kärnten zwischen Hohenwart und Bayerbach. Diplomarbeit, Clausthal 1959.
- NIGGLI, E.: Mineral-Zonen der alpinen Metamorphose in den Schweizer Alpen. Report of the International Geological Congress, XXI session. Norden, 1960, part XIII; Copenhagen 1960, 132—138.
- WEISS, K.: Der Staurolith in den Alpen. Ferd. Zs., 3. Folge, 95, Innsbruck 1901, 127—171.
- WEISSENBACH, N.: Das Kristallin der Saualpe östlich von Hüttenberg zwischen Toplitz und Löllingberg. Diplomarbeit Clausthal 1960.

Anschrift der Verfasser:

H. von Kamp und N. Weissenbach, Geologisches Institut der Bergakademie Clausthal, Clausthal am Harz.

Geologische Karte des Saulpengerbietes zwischen Erzberg, Hohenwart und Geyerkogel



- | | | |
|----|--|---|
| 1 | Granat-Glimmerschiefer | Hüttenberger Serie: |
| 2 | Staurolith-Granat-Glimmerschiefer | 1,2,3,9,15 |
| 3 | Biotit-Glimmerschiefer und -Schiefergneise | |
| 4 | Plagioklasreiche Granat-Glimmerschiefer | Serie der Injizierten |
| 5 | Schiefergneise | Glimmerschiefer: |
| 6 | Disthenfaser-Gneise | 4,11,15 |
| 7 | Muskowitreiche Schiefergneise | Disthenfaser-Gneisser: |
| 8 | Biotit- und Disthenfaser-Gneise | 5,6,12 |
| 9 | Kalkmarmor | |
| 10 | Wechselagerung von Pegmatit und Marmor | Eklogitserie: |
| 11 | Helle Kalksilikatgesteine | 7,8,14 |
| 12 | Biotit-Bytownitfelse und dunkle Kalksilikatgest. | |
| 13 | Amphibolite | Serie der Stelzing |
| 14 | Eklogite und Eklogitamphibolite | Marmore: |
| 15 | Pegmatite | 7,9,13 |
| | Quartär | Gesteinsgrenzen: ———— |
| | | Grenzen der Kartiereinheiten: - - - - - |

Einfallen: 0-5 Signaturen verlaufen // den B-Achsen (≈120°)
 6-30 +
 31-60 +
 61-90 +

Rutschmassen n Stollen Schürfe Störungen: (gesichert) (vermutet)
 Steinbrüche
 Fe Erzvorkommen

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Carinthia II](#)

Jahr/Year: 1961

Band/Volume: [151_71](#)

Autor(en)/Author(s): Weissenbach Norbert, von Kamp H.

Artikel/Article: [Die geologische Neuaufnahme des Saualpenkristallins \(Kärnten\) 5-40](#)