

- GO THAN, W.: Leitpflanzen des Karbons und Perms (GÜRICH: Leitfossilien, 3. Band). Berlin (Borntraeger) 1923.
- GO THAN, W. & REMY, W.: Steinkohlenpflanzen. Essen („Glückauf“) 1957.
- HERITSCH, F.: Die Stratigraphie von Oberkarbon und Perm in den Karnischen Alpen. Mitt. Geol. Ges. Wien 26, Wien 1933.
- JONGMANS, W. J.: Die Flora des „Stangalpe“-Gebietes in Steiermark. C. R. II. CONGR. ét. strat. carb. Heerlen 1935. Maastricht 1938.
- JONGMANS, W. J.: Paläobotanische Untersuchungen im österreichischen Karbon. Berg- und Hüttenm. Mh. 86/5. Wien 1938 (a).
- PREY, S.: Geologische Aufnahmen 1957 im Gebiet südlich Tröpolach, sowie der Kronalm in den Karnischen Alpen. Verh. Geol. B.-A., Wien 1958.
- UNGER, F.: Über ein Lager vorweltlicher Pflanzen auf der Stangalpe in Steiermark. Stmk. Ztschr., N. F. 6. Graz 1840.

Über die Schwermineralführung von Quarzgesteinen aus den Schiefererien der östlichsten Gurktaler Alpen

Nicolaus ZADORLAKY-STETTNER, dzt. Wien

Während geologischer Kartierungsarbeiten in den östlichsten Gurktaler Alpen wurden verbreitete quarzitische Gesteine in kristallinen Schiefererien aufgenommen.

Als Quarzite wurden Gesteine mit über 90% Quarz, etwas Glimmer und Erz bezeichnet. Die umliegenden Glimmerschiefer wurden makroskopisch und mikroskopisch bearbeitet. Mit Hilfe der Schwermineralanalyse, einer in der Sedimentpetrographie gebräuchlichen Untersuchungsmethode wurde versucht, weitere Kenntnisse über die kristallinen Schiefer zu erwerben. Es wurde nicht angestrebt über den Schwermineralbestand und dessen petrographisch-geologischen Wert in den metamorphen Gesteinen endgültige Schlüsse zu ziehen. Es liegt hier nur ein Anfang zu einer weiteren Anwendungsmöglichkeit der Schwermineralanalyse vor.

Die Gefüge und der Mineralbestand der metamorphen und nicht metamorphen Quarzite sind meist wenig charakteristisch, so daß man diesen Gesteinen im allgemeinen nicht viel Aufmerksamkeit schenkt. Im Dünnschliff findet man die seltenen Gemengteile nur zufällig. Da aber die Dichte, vieler dieser wichtigen Minerale der Quarzitgesteine über 2,8 liegt, können Sie als Schwerminerale behandelt werden. Durch Aufbereitung und Abtrennung kann man den Bestand an wichtigen Mineralen in einigen dm³ Gesteinsvolumen, entgegen der nur einige Mikron dicken und etwa 2 cm² großen Schlifffläche erfassen.

Zur Trennung des Schwermineralbestandes wurde eine schnelle und einfache Methode angewandt.

Das zu untersuchende Gestein, in etwa Handstückgröße, wird in einem Backenbrecher zerbrochen. Der so entstandene Gesteinsstaub wird gesiebt, geschlämmt und dadurch die Korngröße von 0,2 bis 0,02 mm für die weitere Untersuchung bereitgestellt. Nach Trocknen am Wasserbad folgt die Trennung mit Bromoform (spez. Gewicht 2,85) in Abtrenn-Trichtern. Das abgetrennte Material wird im elektrischen Ofen bei 115° C getrocknet. So steht es bereit für die Untersuchung unter dem Binokularmikroskop, wobei besonders die Erzführung zu beachten ist. Ein Teil der gewonnenen Schwerminerale wird dann in Kanadabalsam für Dauerprä-

parate eingebettet. Die Erze werden in Kunstharz eingebettet, angeschliffen und dann erst eindeutig identifiziert.

Der **Opakanteil** wurde im Präparat bewußt nicht untersucht. Wie Anschliffe gezeigt haben, konnten Erze auch in Sanden erst angeschliffen, unter dem Erzmikroskop eindeutig bestimmt werden. (Freundliche Mitteilungen über dieses Thema verdanke ich Herrn Doz. Dr. H. MEIXNER in Knappenberg.)

So kann z. B. angelaufener Magnetkies mit Hämatit, limonitisierter Pyrit mit Magnetkies, Limonit und dünnblättriger Hämatit mit Ilmenit verwechselt werden. Ich halte es für besser, bei Untersuchungen in Dauerpräparaten (auch aber in Dünnschliffen!) nur über das Verhältnis oxydischer (z. B. Magnetit, Hämatit, Ilmenit) und sulfidischer (z. B. Pyrit, Markasit, Magnetkies, Kupferkies) Erze Angaben zu geben. Graphit gilt als Opaksubstanz.

Bei den Untersuchungen an Quarziten wurde lediglich der Opakanteil zur gesamten Kornanzahl ins Verhältnis gebracht, wobei eine sehr starke Schwankung von 15 bis 98% gefunden wurde. Weiße Quarzite hatten oft mehr Opakanteil (Erz) als bräunliche, rostig verwitternde Quarzite, dagegen hatte der Schwermineralbestand der dunkelgrauen Quarzite ziemlich konstant 90—95% Opakanteil.

Von der Berücksichtigung des **Glimmergehaltes** wurde ebenfalls bewußt abgesehen, da bei der Abtrennung mit Schwereflüssigkeiten mit einer Dichte über 2,8, nicht mehr der gesamte Glimmergehalt erfaßt werden kann. Besonders einige Chlorite können wegfallen, die in der Epizone genetischen Wert haben können. Ein gewiß fehlerhaftes Verhältnis der Glimmer kann lediglich zur Ergänzung der Gesamtergebnisse erwähnt werden.

Die **durchsichtigen Minerale** wurden prozentuell angeführt. Sie können in zwei Gruppen unterteilt werden:

A. Gruppe der Minerale, die charakteristisch für bestimmte Mineralfazien sind (typomorphe Minerale).

B. Gruppe der durchlaufenden Minerale.

In die Gruppe A gehören (nach zunehmender Metamorphose): Kalzit, Klinozoisit, Epidot, Chloritoid, Tremolit, gemeine grüne Hornblende, Granat, Staurolith, Zoisit, Disthen, Diopsid.

In die Gruppe B gehören: Zirkon, Turmalin, Apatit, Titanit, Rutil, Brookit, Anatas, Topas, Monazit, Korund.

Bei einigen der letztgenannten Minerale stehen noch manche genetische Fragen offen.

Die untersuchten Proben stammen aus einem mineralfaziell nicht sehr abwechslungsreichen Gebiet westlich von Friesach in Kärnten.

Es sei noch erwähnt, daß durch das Zerschneiden des Gesteins die größeren, idiomorphen Minerale zerstört werden, so daß man nur die kleineren Individuen mit Eigengestalt vorfindet. Zu viele Bruchstücke deuten auf großgewachsene Minerale im Gestein.

Es konnten folgende Minerale beobachtet werden:

Granat, ein zur Charakterisierung sehr wichtiges Mineral, wurde in recht wechselnder Menge gefunden. Es sind hellrosarote **Almandine**, idiomorphe, meist rhombendodekaedrische Kristalle mit etwa 0,10—0,15 mm Ø. Die vielen Bruchstücke stammen aus den bis 1 mm großen Kristallen. Das Verhältnis der idiomorphen Kristalle zu den Bruchstücken kann insofern wertvoll sein, da die Größe der Granate im allgemeinen mit der Metamorphose zunimmt. Die Quarzite aus höheren Horizonten, die in phyllitischen Glimmerschiefern eingelagert

sind, lieferten vorwiegend kleine, schön gewachsene idiomorphe Kristalle, dagegen gaben Quarzite aus tieferen Horizonten, neben Granatglimmerschiefern fast ausschließlich Bruchstücke. Die Granate haben kaum Einschlüsse und sind manchmal mit Biotit verwachsen. In höheren Horizonten nimmt der Granatgehalt von 30 bis 90% sehr rasch bis 1 bis 2% ab, womit praktisch die Grenze zwischen Epi- und Mesozone gegeben ist, was allerdings noch durch andere Kriterien zu unterstützen ist.

Diopsid, konnte noch in Gegenwart von Tremolit, in stratigraphisch und metamorph tieferliegenden Quarziten von Knappenberg bei Hüttenberg beobachtet werden. Er unterscheidet sich von Tremolit durch höhere Lichtbrechung, Auslöschungsschiefe und optisch positiven Charakter.

Gemeine grüne Hornblende kommt als längliche Leisten mit kräftigem, grünem Pleochroismus vor. Die Auslöschungsschiefe ist um 20° sehr variabel. Die Enden fast immer zackig, uneben, in der Mitte oft trüb. Sie kommt hauptsächlich in den tieferen Horizonten des Untersuchungsgebietes mit Granat zusammen vor, bildet jedoch höchstens 16% der durchsichtigen Minerale.

Tremolit. Sein Auftreten ist recht charakteristisch in der Nähe des Marmors, wo er dann Hauptbestand des Spektrums sein kann (40–60%). Einige wenige Procente kommen auch in den höheren Zonen, meist gleichzeitig mit Epidot zusammen vor. Er ist durch seine Lichtbrechung, Spaltrisse, Auslöschungsschiefe und optisch negativen Charakter gekennzeichnet. Bemerkenswert ist eine Probe, wo recht trüber Tremolit mit kleinen, idiomorphen Epidoten und ebenfalls idiomorpher Titanit verwachsen erscheint, wobei letztere als Neubildungen aufzufassen sind.

Die **Epidote** sind meist trübe, recht unregelmäßige Kristalle, ohne Pleochroismus mit wenig Spaltrissen und mit hoher Doppelbrechung. Kleine, idiomorphe Kristalle sind am Ende oft abgerundet. Als Neubildung mit Tremolit, s. o. Der Epidot kommt meist in den höheren Horizonten vor, aus den granatreichen Proben fehlt er vollkommen. In den tiefer metamorphen Fazien wird er von Zoisit ersetzt.

Klinozoisit ist recht ähnlich dem Epidot, doch besitzt er wesentlich niedrigere Doppelbrechung. Er kommt nur selten in tremolitreichen Proben vor. Als typomorphes Mineral mit Strahlstein in der ANGELschen Epidot-Amphibolit-Fazies (I/IV) und ohne diesem in der Grünstein-Fazies (I/III) kann er wichtige Bedeutung haben.

Kalzit findet sich in der Nähe des Marmors in den höheren Horizonten. Es ist typomorph für die Epizone bei einzelnen Vorkommen, da bei weiterem Fortschreiten der Umprägung Klinozoisit, Tremolit, schließlich Diopsid gebildet werden muß.

Die Gruppe A umfaßt zwar mehr Mineralarten als die Gruppe B, trotzdem treten die typomorphen, für die fazielle Einteilung brauchbaren Minerale zahlenmäßig meist zurück. Aus diesem Grunde muß betont werden, daß die Zahl der ausgezählten Körner möglichst hoch sein soll.

Folgende durchlaufende Minerale wurden beobachtet:

Zirkon ist ständiger Bestandteil fast aller Proben. Er kommt in recht verschiedenen Formen vor, oft deutlich rötlich, auch in Form von unregelmäßigen, großen Bruchstücken, öfter getrübt. Sehr oft vollkommen runde, klare Individuen mit etwa 0,15 mm \varnothing . Recht charakteristisch sind längliche Prismen, mit mehr oder weniger abgerundeten Pyramidalflächen. Solche Kristalle wurden meistens in der Größe von $0,15 \times 0,05$ mm beobachtet. Erwähnenswert ist, daß sich mit

zunehmender Tiefe die kleinen länglichen Kristalle vermehren. Es liegt die Annahme nahe, daß die runden Zirkone noch aus dem Sedimentstadium stammen, dagegen die kleinen, länglichen Kristalle bereits Neubildungen während der Metamorphose sind. Hohe Lichtbrechung, gerade Auslöschung, optisch einachsig, positiver Charakter und (bei dickeren Individuen nur am Rand) leuchtende Interferenzfarben lassen Zirkon stets sicher erkennen.

T u r m a l i n (Schörl) ist in manchen genetischen Fragen umstritten. Sein massenhaftes Auftreten, auch in den Glimmerschiefern, kann nur lokale Bedeutung haben. Fast alle Proben enthalten Turmalin in recht wechselnder Menge von 1 bis 72%. Es wurden fast ausschließlich nach der Querabsonderung gebrochene Prismen mit sehr kräftigem, braun-grün-schwarzen Pleochroismus beobachtet. Vollständige Individuen haben verschiedene Größen von $0,2 \times 0,1$ bis $0,05 \times 0,03$ mm. Auch die typische zonare Querstruktur konnte öfter beobachtet werden.

T i t a n i t war in kleinerer Menge fast immer anwesend. Er kommt wie Zirkon auch in recht verschiedener Ausbildung vor. Die bekannte gespitzte Briefkuvertform konnte sehr selten gesehen werden. Es traten meistens längliche, am Ende abgerundete Prismen, die größeren immer zerbrochen (etwa $0,2 \times 0,1$ mm); auch aber ganz runde Kristalle auf. Besonders die letzteren sind oft nur mit Hilfe des Achsenbildes von ebenfalls ähnlichen Zirkonen zu unterscheiden. Ziemlich oft kamen unregelmäßige, trübe Individuen vor. Als Neubildung aus Tremolit wurde Titanit schon erwähnt. Zur Bestimmung dienen die hohe Lichtbrechung, unregelmäßige Risse, optische Zweiachsigkeit, positiver Charakter und die starke Dispersion bei hoher Doppelbrechung.

R u t i l tritt meistens nur in kleinen Mengen auf. Es sind dies idiomorphe, meist kleine, durchscheinende, honiggelbe bis braune Kristalle von 0,12 bis 0,03 mm Länge, meist mit Glimmer zusammengewachsen. Rutil scheint ein Merkmal diaphthoritischer Vorgänge zu sein. Das in Hornblende und Biotit eingebaute Titan wird bei der Umwandlung dieser Minerale frei. Die Neubildung von meist winzigen kleinen, massenhaft angehäuften Rutilkriställchen an chloritisierten Hornblenden und Biotiten dürfte auf diese Entstehungsweise zurückzuführen sein.

B r o o k i t kommt in wenigen Prozenten als gelbliches, tafeliges Kristall vor. Mit Hilfe dieses zweiachsigen Achsenbildes, des optisch positiven Charakters und der Dispersion kann er eindeutig identifiziert werden.

A n a t a s wurde nur in wenigen Proben festgestellt als bläuliche, pleochroitische und farblose Tafeln, sowie Bruchstücke. Die charakteristische Streifung (Spaltrichtungen) konnte meistens nur bei stärkerer Vergrößerung beobachtet werden. Die optische Einachsigkeit und negativer Charakter der Doppelbrechung sowie charakteristische hohe Lichtbrechung wie bei Brookit sind kennzeichnend für Anatas.

A p a t i t kommt als runde Körner, und als Bruchstücke nach der Querabsonderung vor. Wenige trübe Individuen, meist wechselnder Zersetzungsgrad in ein und derselben Probe. Charakteristische Licht- und Doppelbrechung, negative Längsrichtung und optisch negativer Charakter. Er tritt mengenmäßig sehr variabel von 1 bis 30% auf.

M o n a z i t konnte als schwach gelbliches, deutlich optisch zweiachsiges, positives Mineral selten beobachtet werden.

T o p a s. In einer Probe neben phyllitischen Gesteinen von Zwein, bei St. Veit an der Glan wurden immer klare, runde, dem Apatit ähnliche Körner beobachtet. Sie konnten mit Hilfe des zweiachsigen Achsenbildes, optisch negativen Charakters und des Achsenwinkels als Topas identifiziert werden.

Zusammenfassend kann folgendes gesagt werden: Die, in den tieferen Schieferserien der östlichsten Gurktaler Alpen eingeschalteten Quarzitgesteine können auf Grund ihres Schwermineralgehaltes in Gruppen gegliedert werden. Es können 3 Haupttypen (Gruppen) aufgestellt werden:

Typ I a

Den höheren Horizonten entsprechen Schwermineralspektren mit ähnlichem Gehalt an Schwermineralen wie die „Restsande“ WIESENEDERS (1953): Zirkon, Turmalin, Titanit, Rutil, mit nur akzessorischer Menge von bereits neugebildeten Granat, Epidot, Tremolit.

Typ I b

Neben Kalkgesteinen bildeten sich Tremolit und Minerale der Epidotgruppe neu (Epidot und Klinozoisit).

Typ II

Einem (metamorph aber auch lagerungsmäßig) tieferen Horizont entsprechen die Spektren mit meist recht starkem Almandingehalt. Die gemeine grüne Hornblende scheint erst hier stabil zu sein. Daneben zahlenmäßig zurücktretend Zirkon, Titanit, Turmalin.

Einige Beispiele:

	Probe Nr.	Opak %	ΣM	Granat	Hornblende	Tremolit	Epidot	Klinozoisit	Zirkon	Turmalin	Rutil	Titanit	Anatas	Brookit	Apatit	Bemerkung
Typ I a	303	30	248	1	1	3	2	—	10	72	2	3	—	6	—	viel Limonit
	304	65	182	0,5	—	0,5	3	—	46	23	3	15	3	6	—	
Typ I b	309	51	143	—	—	45	13	5	5	1	—	23	—	2	6	viel Limonit. viel Limonit
	311	19	355	—	—	59	15	17	2	—	3	3	—	1	—	
Typ II	51	52	155	45	11	1	—	—	20	13	—	8	—	1	1	Monazit
	135 B	15	197	85	2	—	—	—	3	2	—	1	—	1	6	

Außerdem konnte in Präparaten von Granatglimmerschiefern Staurolith und Zoisit, in einem Marmorpräparat Turmalin beobachtet werden.

Diese hier angeführten Beispiele wollen keineswegs allgemeine Aussagen über die Schwermineralführung der kristallinen Schiefer sein. Es soll mit ihnen nur auf die Tatsache hingewiesen werden, daß die Schwerminerale untersucht und nach mineralfaziellen Überlegungen zur Charakterisierung von (in diesem Falle) Quarzitgesteinen der kristallinen Schieferserien herangezogen werden können.

Leider sind die Proben aus kristallinen Schiefen nicht allzu leicht zu bestimmen. Die vielen sogenannten Schieferfragmente (so z. B. Glimmer mit Erz etc.), Aggregatbildung, Erzführung und nicht zuletzt die Umwandlungsstadien erschweren die Auswertung der Proben. Dagegen kommen Alterite (völlig zersetzte Minerale) seltener vor.

Erst die Zukunft und die weiteren Untersuchungen werden zeigen, inwieweit diese Methode in größerem Rahmen anwendbar ist. Es soll zur Zeit nichts anderes,

als eine kleine Ergänzung zur petrographischen Beschreibung einiger kristalliner Gesteine und somit gleichzeitig ein Hilfsmittel der Kristallingeologie sein.

Die Aufbereitung und Bearbeitung der Proben erfolgte im Mineralogisch-petrographischen Institut der Universität Wien. Ich möchte es nicht versäumen, dem Vorstand dieses Institutes, meinem verehrten Lehrer Herrn Prof. DDr. H. WIESENER für das stete Interesse und die ständige Hilfe mit Rat und Tat weitgehendst zu danken, daß es zu dieser Bearbeitung kommen konnte.

Literatur

- ANGEL, F.: Mineralfazien in den Ostalpen. *Wiss. Jb. d. Univ. Graz* 1940, S. 251—304.
CLAUS, G.: Schwermineralien aus kristallinen Gesteinen des Gebietes zwischen Passau und Cham. *N. Jb. f. Min. Geol. Pal. Beil.* Bd. 71, Abt. A. 1936, S. 1—59
SCHNEIDER, H. E.: Geologisch-sedimentologische Untersuchungen im Bereich der Karbon-Perm Grenze des Saargebietes. *Annales Univ. Saraviensis Nat. wiss. Scientia* VII. 1958, S. 350—402.
WIESENER, H.: Über die Veränderungen des Schwermineralbestandes der Sedimente durch Verwitterung und Diagenese. *Erdöl und Kohle*, 6. Jahrg. 1953, S. 369—373.

Über die geologischen Erfahrungen beim Bau des Alfenzkraftwerkes Braz der Österreichischen Bundesbahnen

Von OTTO REITHOFER

Die Grenze zwischen dem Kristallin und den nördlichen Kalkalpen verläuft im Klostertal von Stuben an annähernd dem Laufe der Alfenz entlang bis etwas über 1 km östlich von Dalaas. Nur zwischen Klösterle und Inner Wald reicht das Kristallin ca. $\frac{1}{4}$ km über die Alfenz nach N. Östlich von Dalaas an zieht diese tektonische Grenze, zunächst gegen WSW verlaufend, über Poller auf den Kristberg Sattel hinauf und von dort über Innerberg ins Montafon. Südlich dieser Grenze breitet sich die Zone der Phyllitgneise und Glimmerschiefer aus, die noch zur Phyllitzone von Landeck im weiteren Sinne gehört. Zwischen dem Montafon und Außer Wald ist zwischen dem Südrand der Kalkalpen und dem Nordrand des Kristallins eine meist schmale Zone von Grauwackengesteinen eingeschaltet. Nördlich der Grauwackenzone bzw. des Kristallins breiten sich die Sedimentgesteine der oberostalpinen Lechtaldecke aus. Der ursprüngliche Auflagerungskontakt ist durch eine steilstehende Schubfläche gestört, so daß das Kristallin dort, wo die Grauwackenzone fehlt, mit verschiedenen mesozoischen Gesteinen in Berührung kommt. Im Raume zwischen Bludenz und dem Flexenpaß besteht die Lechtaldecke aus den zwei auf der Südseite des Klostertales gelegenen Schuppen der Davennagruppe, einer höheren Schuppe auf der Nordseite des Klostertales (= Hauptmasse der Lechtaldecke) und einer weiter nördlich gelegenen tieferen Schuppe. Die zwei großen Schuppen der Davennagruppe werden wahrscheinlich durch eine steilstehende Bewegungsfläche von der Hauptmasse der Lechtaldecke getrennt.

Der östliche Teil des Freispiegelstollens liegt im Kristallin, der westliche Teil, der Schrägschacht, das Kavernenkrafthaus und der Unterwasserstollen verbleiben in den Sedimentgesteinen.

Nach den Erfahrungen beim Bau des Arlbergtunnels und der Freispiegelstollen in der Zone der Phyllitgneise und Glimmerschiefer im Montafon waren die Aussichten für den im Kristallin liegenden Teil des Freispiegelstollens recht wenig