

## Rutil, Anatas und Brookit aus dem Zillertal, Tirol

GERHARD NIEDERMAYR<sup>1)</sup>

(Mit 1 Tafel)

Manuskript eingelangt am 23. April 1970

### Zusammenfassung

Ein Vorkommen von Rutil, Anatas und Brookit aus dem Zillertal, Tirol, wird beschrieben. Die drei Ti-Modifikationen scheinen ziemlich gleichzeitig gebildet worden zu sein — Paramorphoseerscheinungen konnten keine festgestellt werden. Es wird kurz auf die Bildungsbedingungen eingegangen und die Möglichkeit, die drei  $TiO_2$ -Phasen als Temperaturindikator der alpinen Klufthydrothermalisation zu verwenden, angedeutet.

Schon seit einigen Jahren werden aus den Kraftwerksbauten des Zillertales immer wieder bemerkenswerte Mineralfunde gemeldet. So berichtet MEIXNER (1967) über prächtige Apophyllite neben Prochlorit, Adular, Epidot, Sphen und Calcit. WENINGER (1969) beschreibt einen ausgezeichnet kristallisierten, teils blaßgrün, teils rosa gefärbten Fluoritoktaeder und führt als weitere Mineralfunde aus dem Schlegeisstollen u. a. Skolezit, Desmin, Prehmit, Apatit und Muskovit an. KONTRUS & NIEDERMAYR (1969) fügen den genannten Mineralarten noch Hämatit, in Form der bekannten Eisenrosen, und Sphalerit hinzu.

Im Jahre 1969 konnte nun auch die Mineralogisch-Petrographische Abteilung des Naturhistorischen Museums in Wien einige Mineralstufen aus dem Schlegeisstollen der Zemm-Kraftwerke erwerben. Während ein Teil der Stufen die bekannten Mineralparagenesen zeigte, wiesen zwei Stück (Inv. Nr. L 2904 und L 2911) auch Rutil und Anatas auf; letzterer war den einheimischen Arbeitern schon länger bekannt und soll Größen bis über 1 cm erreichen — ist für ostalpine Verhältnisse daher schon recht beachtlich.

Besonderes Interesse verdient nun die unter Inv. Nr. L 2904 acquirierte Stufe. Hier wurden nach Abheben einiger kleinerer Gesteinspartien zwar nicht besonders große, dafür aber gut erhaltene Kristalle von Brookit zusammen mit Rutil und Anatas gefunden. Als Paragenesebegleiter fungieren Titanit und Zirkon neben Adular, Albit, Muskovit, Calcit, Apatit und Bergkristall.

<sup>1)</sup> Anschrift des Verfassers: Dr. GERHARD NIEDERMAYR, Naturhistorisches Museum, Burggring 7, A-1014 Wien.

Auf einem hellen, mittelkörnigen Gneis sitzen bis zu 2 cm große, schmutzig-weiße und durchscheinende Adulare. Auf- und zwischen diesem Adularrasen eingewachsen finden sich die übrigen Minerale. Albit tritt in kleinen, weißen bis farblos-durchsichtigen Täfelchen, verwachsen mit kleinen, glasklaren, flächenreichen und dadurch oft fast kugelig erscheinenden Apatitkristallen auf. Die gelbbraunen bis silbriggrauen, sechseckigen Täfelchen des Muskovits erreichen Größen bis 1 cm. Apatit tritt außer in den schon genannten flächenreichen Kristallen in größeren Individuen, bis etwa 1 cm Durchmesser, auf; bekannt sind allerdings bis 3 cm große Kristalle und Kristallaggregate. Diese größeren Kristalle sind wasserklar, farblos und leicht violettstichig, mit lebhaftem Glanz und nicht so flächenreich wie die kleineren Exemplare. So sind an diesen hauptsächlich die Formen  $\{10\bar{1}0\}$ ,  $\{10\bar{1}1\}$  und  $\{0001\}$  zu beobachten. Calcit wurde in den Mineralklüften in den verschiedensten Trachten gefunden. Die vorliegende Stufe zeigt weiße, leicht rötlichviolette, etwa 1 cm große Skalenoeder. Bei einzelnen Gruppen rhomboedrischer, vollständig limonitisierter Kristalle scheint es sich um ein Fe-reiches Karbonat, etwa Siderit, gehandelt zu haben.

Außerdem wurden noch Anatas, Brookit und Rutil beobachtet. Der Anatas tritt in kleinen, maximal 3 mm großen, spitz-dipyramidalen Kriställchen in der Form  $\{101\}$  auf (Abb. 1). Andere Formen wurden am vorliegenden Material nicht beobachtet. Er ist dunkelgrau undurchsichtig und teilweise grünlich gefärbt; bereichsweise hellere Partien sind durchscheinend. In der Nähe des limonitierten Karbonats zeigen die Kristalle öfter metallisch glänzende Anlauffarben; horizontale Streifung auf (101) ist die Regel. Einschlüsse sind, außer vereinzelt durchspießenden Rutilnadelchen, nicht zu beobachten gewesen.

Der Brookit bildet bis etwa 5 mm große, klare und farblose bis rauchig-graue, dünne Täfelchen mit deutlicher Riefung parallel c. Die Tafeln sind teilweise glattrandig, teilweise umschließen sie aber auch amöboidartig Albit und Apatit. An Formen konnten  $\{100\}$ ,  $\{010\}$ ,  $\{110\}$ ,  $\{001\}$  und  $\{021\}$  beobachtet werden. Eine paramorphe Umwandlung von Brookit in Rutil oder Anatas wurde genausowenig beobachtet wie eine solche von Anatas in Rutil. Einige Brookittafeln zeigen eine sanduhrartige Zeichnung (Abb. 2).

Brookit und Anatas treten gegenüber dem Rutil, der dritten  $\text{TiO}_2$ -Modifikation, deutlich zurück. Dieser bildet meist strohgelbe, seltener stahlgraue, äußerst feinnadelige Kristallaggregate in überwiegend sagenitartiger Ausbildung. Wirrstrahlige Büschel sind seltener, aber über die ganze Stufe gleichmäßig verteilt. Als weiteres Ti-Mineral ist Titanit in Form kleiner, orangeroter und klar-durchsichtiger Kristalle mit lebhaftem Glanz zu beobachten. Ebenfalls auffällig und meist auf Albit, Muskovit und Rutil aufgewachsen, kommt Zirkon in kleinen, schwach rosa und weißen Kriställchen vor. Zwei grünlich-braune, deutlich tetragonale Kristalle mit gedrungenem Habitus könnten für Xenotim gehalten werden. Das vorhandene Material reicht aber für eine

Identifizierung nicht aus. Ganz untergeordnet finden sich auf der Stufe noch kleine, wasserklare Bergkristalle.

Das gemeinsame Vorkommen von Rutil, Anatas und Brookit ist schon öfter beschrieben worden (WEINSCHENK 1896, HINTZE 1915, LERZ 1968 u. a.), wengleich zunächst lange Zeit über die Bildungsbedingungen der drei  $\text{TiO}_2$ -Modifikationen Unklarheit herrschte. So betrachtete man Anatas und Brookit als metastabile Tieftemperaturformen, die etwa zwischen  $600\text{--}900^\circ\text{C}$  in die stabile Form des  $\text{TiO}_2$ , den Rutil, übergehen (DACHILLE, SIMONS & ROY 1968, DEER, HOWIE & ZUSSMAN 1962, PALACHE, BERMAN & FRONDEL 1944). WEINSCHENK (1896) vermutete aber schon bei dem von ihm beschriebenen Vorkommen der Vorderen Eichamspitze im Groß-Venediger-Gebiet die gleichzeitige Bildung der drei  $\text{TiO}_2$ -Phasen. In letzter Zeit wurden die Bildungsbedingungen des Brookits durch KEESMANN (1966) näher untersucht. Demnach entsteht Brookit, neben Anatas und Rutil, aus alkalischer Lösung. Wendet man diese zunächst ja nur in Synthesversuchen gewonnenen Daten auf natürliche Bedingungen an, so ergibt sich daraus, wie LERZ (1968) zeigt, daß auch in der Natur das gemeinsame Vorkommen der drei  $\text{TiO}_2$ -Modifikationen nicht, wie früher vielfach angenommen wurde, auf Paramorphose zurückgeführt werden muß, sondern bei bestimmten Voraussetzungen durchaus alle drei Minerale nebeneinander auftreten können (bei dem von KEESMANN aufgestellten Phasendiagramm liegt der geforderte Stabilitätsbereich bei etwa  $400^\circ\text{C}$  und ca.  $7\text{ Atom-}\% \frac{\text{Na}}{\text{Ti}+\text{Na}}$ ). Tatsächlich sind aus dem mikroskopischen Befund keine Anzeichen einer Instabilität der einen oder anderen Phase zu erkennen. Die Anwesenheit von Na, dem nach den Versuchen von KEESMANN für den Stabilitätsbereich der drei  $\text{TiO}_2$ -Phasen eine gewisse Bedeutung zuzukommen scheint (bei gleichartigen Versuchen mit KOH entstand kein Brookit), ist durch das Auftreten von Albit gegeben. Adular, der in der Paragenese ja ebenfalls reichlich vorhanden ist, ist sicher früher auskristallisiert, sodaß dem K als Lösungsgenossen nur untergeordnete Bedeutung zukommen dürfte.

Neben Rutil, Anatas und Brookit ist als viertes Ti-Mineral in der Paragenese noch Sphen vertreten. Der Stabilitätsbereich des Sphens läßt sich nach neueren Untersuchungen von SCHULING & VINK (1967) am System  $\text{CaCO}_3 - \text{SiO}_2 - \text{TiO}_2$  (Rutil und Anatas) in Abhängigkeit vom  $\text{CO}_2$ -Partialdruck und der Temperatur ziemlich genau festlegen. Aus dem von SCHULING & VINK entwickelten Diagramm ist zu entnehmen, daß einer Temperatur um  $400^\circ\text{C}$ , jenem Wert, der nach den Untersuchungen von KEESMANN für die Koexistenz von Rutil, Anatas und Brookit einzig möglich wäre, auf Grund der Sphen-Gleichgewichts-Kurve, die das Sphen-Feld auf der einen Seite begrenzt, ein  $\text{CO}_2$ -Partialdruck von etwa  $100\text{--}120$  Bar entsprechen müßte, damit sowohl Sphen, wie auch die verschiedenen  $\text{TiO}_2$ -Phasen, Quarz und Calcit nebeneinander existent sein können. Damit fällt aber der für die vorliegende Para-

genese geltende Stabilitätsbereich noch gerade in das nach SCHULING & VINK für natürliche Vorkommen beobachtete CO<sub>2</sub>-Partialdruck-Feld.

Unter der Voraussetzung, daß die aus den Syntheseversuchen gewonnenen Daten einigermaßen auch auf die natürlichen Kristallisationsprozesse angewendet werden können, ergäbe sich daher für die hier beschriebene Paragenese eine Bildungstemperatur um 400° C bei einem CO<sub>2</sub>-Partialdruck von etwa 100–120 Bar. Anatas, Brookit und Rutil könnten daher, so sie sich im Gleichgewicht befinden, wie dies im vorliegenden Fall ja durchaus gegeben erscheint, als Temperaturindikatoren der alpinen Kluftmineralisation angesehen werden.

#### Literatur

- DACHILLE, F., P. Y. SIMONS & R. ROY (1968): Pressure-temperature studies of anatase, brookite, rutile and TiO<sub>2</sub>-II. — Amer. Min. **53**, 1929–1939.
- DEER, W. A., R. A. HOWIE & J. ZUSSMAN (1962): Rock Forming Minerals, Vol. 5. — 371 pp., Longmans, London.
- HINTZE, C. (1915): Handbuch der Mineralogie I, 2. — 2674 pp., Veit & Comp., Leipzig.
- KEESMANN, I. (1966): Zur hydrothermalen Synthese von Brookit. — Z. anorg. allg. Chem. **346**, 30–43.
- KONTRUS, K. & G. NIEDERMAYR (1969): Neue Mineralfunde aus Österreich, 1962–1968. — Mitt. Österr. Miner. Ges. **121**, 355–359 (in Tschermaks Mineral. Petr. Mitt. **13**, 1969, 3. Folge).
- LERZ, H. (1968): Über eine hydrothermale Paragenese von Anatas, Brookit und Rutil vom Dorfer Keesfleck, Prägraten/Osttirol. — N. Jb. f. Min., Mh., 414–420.
- MEIXNER, H. (1967): Neue Mineralfunde in den österreichischen Ostalpen. — Carinthia II **77**, 88–104.
- PALACHE, Ch., H. BERMAN & C. FRONDEL (1944): Dana's System of Mineralogy, 7. Edition, Vol. I. — 834 pp., John Wiley & Sons, New-York–London.
- SCHULING, R. D. & B. W. VINK (1967): Stability relations of some titanium-minerals (sphene, perovskite, rutile, anatase). — Geochim. Cosmochim. Acta **31**, 2399–2411.
- WEINSCHENK, E. (1896): Die Minerallagerstätten des Groß-Venedigerstockes in den Hohen Tauern. — Z. f. Krystallogr. **26**, 337–508.
- WENINGER, H. (1969): Ergänzungen zur genetischen Übersicht über die österr. Flußspatvorkommen von K. MATZ (1953). — Der Karinthin **60**, 83–92.



Abb. 1. Anatas mit Rutil; Größe des Kristalls etwa 3 mm.

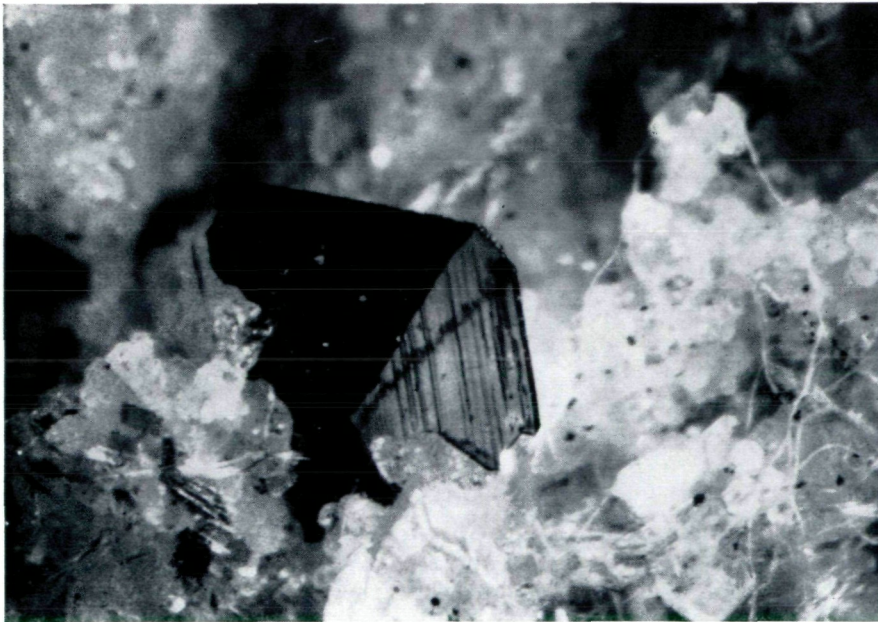


Abb. 2. Brookit; Breite der Tafel 5 mm.