

# Staurolith-Reaktionen im Gailtal-Kristallin

Peter PAULITSCH, Darmstadt

Mit 1 Abbildung

**Kurzfassung:** Die Aussagen über den Druck- und Temperaturbereich dieses Kristallins basieren auf neuen chemischen Analysen von Staurolith und Turmalin und auf neuen Labordaten sowie auf der beobachteten Paragenese Staurolith und Granat. Diese weisen auf 550°–600°C und 4–7 kb hin.

Für die Diaphthorese der Staurolithe zu Serizit genügen Druckentlastung und Wasserführung.

Für das Kristallin zwischen Tassenbach und Obertilliach liegt eine Spezialkarte von GEYER (1902) vor, der eine Kartierung im Maßstab 1:25.000 von PAULITSCH (1960) folgte. Weitere Begehungen fanden in den Jahren 1986/87 statt, deren Ergebnisse im Kartierungsbericht der Geologischen Bundesanstalt Wien niedergelegt sind.

Zur Frage der Bildungsbedingungen kann im folgenden auf neue chemische Analysen der Staurolithe im Gesteinsaufbau sowie auf neue Laborexperimente Bezug genommen werden. Auf der Grundlage dieser Daten soll der Frage der Bildungsbedingung dieses Kristallins nachgegangen werden. Nach der Mineralbeschreibung folgen die chemischen Analysen sowie die beobachteten Mineralreaktionen und deren Einordnung in die Bildungsfelder. In den Fällen von Staurolith liegen 13 experimentelle Reaktionen vor, für die Granatbildung über 18 experimentelle Reaktionen (PAULITSCH, 1986).

## STAUROLITH

Staurolith tritt überwiegend in idiomorphen Stengeln in den glimmerreichen Lagen von Gneisen und als Formrelikt in den Glimmerschiefern auf, gelegentlich gemeinsam mit Disthen.

Nach einschlußreichem Wachstum von Staurolith folgt eine Diaphthorese. Sie ist in den Formrelikten von Serizit nach Staurolith abgebildet. Das Wachstum von Schachbrettalbit erfolgte vorher.

Tab. 1: Staurolith-Analysen

	Spessart (1983)	Golzentipp (1987)	Schottland (1962)
SiO <sub>2</sub>	27,7	28,6	28,33
TiO <sub>2</sub>	0,7	0,6	0,04
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	53,2	53,9	52,85
MgO	2,2	2,8	2,13
FeO	14,7	12,3	10,92
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>			3,41
MnO	0,4	0,2	0,86
Zn	in Spuren		
	98,9	98,4	98,54

Zum Vergleich werden noch zwei Staurolith-Paragenesen angeführt:

Es handelt sich um den Staurolith, den OKRUSCH (1983) aus dem Spessart und DEER et al. (1962) aus Schottland beschrieben haben.

Im folgenden Diagramm (Abb. 1) sind 13 experimentelle Mineralreaktionen dargestellt, an welchen Staurolith beteiligt ist. Daraus ist zu ersehen, daß Staurolith im Bereich von 520°–730°C und bei Drucken zwischen 1,5–20 kb und mehr sich bilden kann. Als Ausgangsminerale kommen vor allem Kristalle reich an Aluminium wie Chloritoid und Glimmer in Betracht. Bei höheren Temperaturen wandelt sich Staurolith vorwiegend in die Aluminiumsilikate Cordierit, Sillimanit und Granat um.

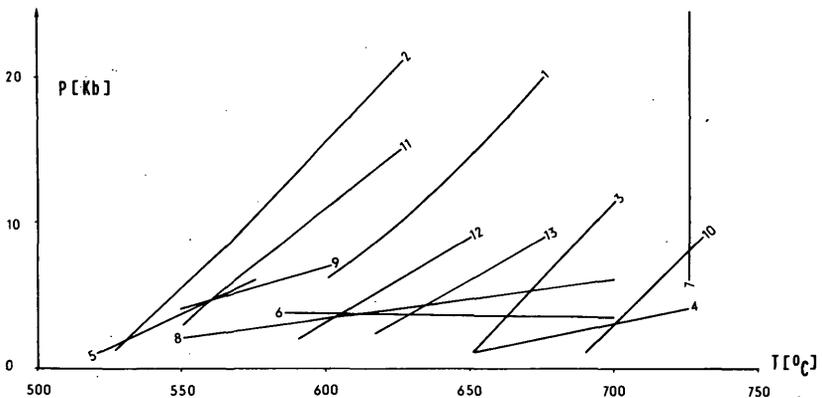


Abb. 1: Darstellung der Staurolith-Reaktionen im Bereich von 520°–730°C und 1–22 kb.

Reaktionen 1, 2 nach GANGULY (1969), Reaktionen 3, 4, 5, 6 nach RICHARDSON (1968), Reaktion nach RICHARDSON (1967), Reaktion 7 nach HALFTERDAHL (1961), Reaktionen 8, 9, 11 nach HOSCHEK (1969), Reaktionen 12, 13 nach GRIEVE (1974).

Zur Bildung von Staurolith sind nicht nur geeignete Drucke und Temperaturen notwendig, das Wachstum von Staurolith hat auch stoffliche und tektonisch zeitliche Voraussetzungen.

Nach Dünnschliff und Geländebefunden im Gräbergraben und unweit von Golzentipp liegen die Staurolith-Stengel in den Lagen reich an Glimmern. Dies weist auf den notwendigen Überschuß an Aluminium hin.

Die zahlreichen und verschiedenartigen Einschlüsse auch in idiomorphen, prismatischen Kristallen weisen die Staurolithe als posttektonische Bildungen aus.

Von den vielen Bildungsreaktionen für Staurolith ergibt sich aus dem Dünnschliffbefund die Reaktion (9)

$\text{Chlorit} + \text{Muskovit} = \text{Staurolith} + \text{Biotit} + \text{Quarz} + \text{H}_2\text{O}$ , wie sie im Labor von HOSCHEK (1969) geprüft wurde. Demnach sind ein Bereich für die Temperatur zwischen  $550^\circ\text{--}600^\circ\text{C}$  und ein Druck um 4–7 kb anzusetzen.

Im selben Gestein tritt zugleich auch Disthen auf. Mit dem Tripelpunkt ist das Feld gegen Sillimanit hinsichtlich der Temperatur und gegen Andalusit hinsichtlich des Druckes abgegrenzt. Hierbei wurden die experimentellen Daten von HOLDAWAY (1971) für Disthen-Sillimanit eingesetzt. Für die Gesteine mit der Paragenese Staurolith + Granat kann die experimentelle Reaktion (11) nach HOSCHEK (1969) in Betracht kommen, die ebenfalls im Disthen-Feld ab  $550^\circ\text{C}$  und 2–6 kb liegt.

Danach bleibt der Bereich unweit des Tripelpunktes unter  $600^\circ\text{C}$  und bei 6 kb. Es ist aber zu bemerken, daß Relikte von Chloritoid in diesen Gesteinen nicht gefunden wurden.

Bei der Angabe der Bildungsbereiche ist noch zu berücksichtigen, daß Lithium- und Zinkgehalte in Staurolithen das Stabilitätsfeld erweitern. DUTROW et al. (1986) fanden:

Li-Gehalte zwischen 0,01–1,26 Gew.-% und

Zn-Gehalte zwischen 1,46–2,30 Gew.-% in Staurolith.

Hinzu kommt, daß Staurolith und Kalifeldspat nicht koexistieren. Diese Beobachtungen gelten für die südliche Serie des Kristallins.

Im Norden treten Glimmerschiefer auf, in denen Staurolith in einer zweiten retrograden Phase zuerst verformt und später serizitisiert wird. Es kommt zu serizitischen Kornformrelikten nach Staurolith.

#### Staurolith-Reaktionen:

- 1) Chloritoid +  $\text{O}_2$  – Staurolith + Almandin + Magnetit +  $\text{H}_2\text{O}$
- 2) Chloritoid +  $\text{O}_2$  – Staurolith + Magnetit + Quarz +  $\text{H}_2\text{O}$
- 3) Staurolith + Quarz – Almandin + Sillimanit + Quarz
- 4) Staurolith + Quarz – Cordierit + Sillimanit
- 5) Chloritoid + Sillimanit – Quarz + Staurolith
- 6) Staurolith + Almandin + Quarz – Cordierit +  $\text{H}_2\text{O}$
- 7) Chloritoid – Staurolith + Almandin + Hercynit +  $\text{H}_2\text{O}$

- 8) Staurolith + Muskovit + Quarz - Al-Silikat + Biotit + H<sub>2</sub>O
- 9) Chlorit + Muskovit - Staurolith + Biotit + Quarz + H<sub>2</sub>O
- 10) Staurolith + Quarz - Al-Silikat + Granat + H<sub>2</sub>O
- 11) Chloritoid + Quarz - Staurolith + Granat
- 12) Chloritoid - Fe-Anthophyllit + Staurolith + Hercynit + H<sub>2</sub>O
- 13) Anthophyllit + Hercynit - Almandin + Staurolith

## TURMALIN

Turmalin tritt in drei verschiedenen Formen auf. In kleinen Säulen (in Glimmerschiefern), in dünnen Nadeln (in den Gneisen, Gräbergraben) und in Großkörnern (in Pegmatiten, südl. Golzentipp). Die bis zu 20×2 mm langen Stengel wurden aus den Gneisen gewonnen. Sie zeigen idiomorphe Prismen ohne Einschlüsse. Deutlich ist aber ein Zonarbau, im Kern mit gelbbrauner, am Rand mit blaugrauer Farbe, zu erkennen. In den einzelnen Turmalinzonen schwankte die Doppelberechnung zwischen 0,031–0,036.

Die chemische Analyse wurde vom Kern und Rand der Turmaline gemeinsam ausgeführt (EDAX), Analytiker: (MAJAZA).

Tab. 2: Turmalin-Analysen

	Gräbergraben Teilbestimmungen	Dravit Nr. 66 (DEER et al.)	Schörl Nr. 7 (DEER et al.)
SiO <sub>2</sub>		36,70	35,20
TiO <sub>2</sub>	0,90	1,38	0,51
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>		30,97	28,49
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	8,54	4,67	12,34
FeO			
MgO	8,55	8,83	5,63
CaO	0,94	1,63	2,75
Na <sub>2</sub> O	1,78	2,49	2,12
K <sub>2</sub> O		0,21	0,08

Sowohl die chemischen Teilbestimmungen wie auch die Werte für die Doppelberechnung und die Zellgröße zeigen, daß die Turmalinkristalle im Gneis zur Gruppe der Schörl gehören, wobei die hohen Magnesium- und die geringen Eisengehalte im Kern auf Anteile von Dravit hinweisen.

Turmaline wurden schon mehrfach synthetisiert. Die Stabilitäten wurden von ROBBIN und YODER (1961) bestimmt. Für reine, eisenfreie Dravite liegen sie bei 550°–900°C und 100 b–5 kb. Es ist zu erwarten, daß Schörl, reich an Eisen, schon bei tieferen Temperaturen stabil ist. Es sind ja authigene Turmaline in Sandsteinen bekannt. In unserem Fall liegen eisenarme braune Kerne von Dravit vor. Für diese können Temperaturen um 550°C angenommen werden, die auch zu den Staurolith-Paragenesen

passen. Die eisenreichen blauen Ränder können auch bei der Serizitisierung von Staurolith stabil bleiben.

Reaktionen von Turmalin zu Cordierit, Kornerupin oder Spinell, die auf höhere Temperaturen hinweisen, wurden nicht beobachtet.

## RÜCKBLICK

Die aus den Paragenesen und Experimenten abgeleiteten Bildungsbedingungen des Gailtal-Kristallins werden jenen des Kristallins nördlich von Bruneck, Südtirol, STÖCKHERT (1985) gegenübergestellt.

Verwandt sind diese Gesteine im Hinblick auf die Führung von Disthen, Staurolith und durch die Serizitisierung von Staurolith. Ebenso finden sich Granat-Hornblende-Paragenesen. Dem entsprechen in verwandter Weise Kristallisationswege, die nach HOSCHEK (1969) um 550° und 5 kb von Glimmer zu Staurolith und später bei etwas geringeren Drucken wieder zu Serizit (mit wenig Natrium) führen.

Höhere Temperaturen ergeben sich für den Kern dieses Kristallins mit den Augen- und Pegmatitgneisen bei Obertilliach.

Das relative Alter der Chloritbildung nach Granat (und Serizit nach Staurolith) im Gailtal-Kristallin lag vor der Sedimentation der Grödener Schichten, in dem die Gerölle der chloritisierten Granatschiefer enthalten sind.

Die Diaphthorese ist auch in der Verglimmerung der Feldspäte abgebildet.

## LITERATUR

- DEER, W. A., R. A. HOWIE, M. A. ZUSMANN (1962): Rock forming Minerals. Longmans.
- DUTROW, B. L., M. J. HOLDAWAY, R. W. HINTON (1986): Staurolite crystal chemistry: variable hydrogen and lithium contents and petrologic significance. *Terra Cognita* 6. 1:41.
- GANGULY, J. (1972): Staurolite stability, *J. Petrol.* 13:335–365.
- GRIEVE, R. A. F., & J. FAWCETT (1974): The Stability of Chloritoid Below 10 kb P. *J. Petrol.* 15:113–139.
- HALFERDAHL, L. B. (1961): Chloritoid Its composition, x-ray and optical properties, stability and occurrence. *J. Petrol.* 2:49–135.
- HOLDAWAY, M. J. (1971): Stability of andalusite and the aluminium silicate phase diagram. *Am. J. Sci.* 271:97–131.
- HOSCHEK, G. (1969): Stability of Staurolite. *Contr. Min.* 22:208–232.
- OKRUSCH, M. (1983): Spessart Crystalline Complex. *Fortschr. Min.* 61. B. 2:135–169.
- PAULITSCH, P. (1960): Das Kristallin zwischen Tassenbach und Obertilliach. *Verh. d. Geolog. Bd.-Anst.* 1:54–55.
- (1986): Granat als Faziesindikator in der Metamorphose. *Zbl. Geol.-Paläont.* I:73–81.
- RICHARDSON, S. W. (1967): Staurolite Stability, *J. Petrol.* 9:467–499.

- ROBBINS, C. R., H. S. YODER, Jr. (1961): Stability Relations of Dravite, a Tourmaline. Annual Report of the Director of the Geophysical Laboratory, Carnegie Institute of Washington: 106–107.
- STÖCKHERT, B. (1985): Pre-Alpine history of the Austridic basement to the south of the western Tauern Window (Southern Tyrol, Italy) – Caledonian versus Hercynian event. N. Jb. Geol. H 10:618–642.

Anschrift des Verfassers: Prof. Dr. P. PAULITSCH, Institut für Mineralogie, Technische Hochschule Darmstadt, 61 Darmstadt, Schnittspahnstraße 9.