

---

OTTO MELLIS

BEITRAG ZUR KENNTNIS DER OPTISCHEN  
EIGENSCHAFTEN DES GESTEINSBILDENDEN  
CHONDRODITS VON PARGAS

(SONDERABDRUCK AUS GEOLOGISKA FÖRENINGENS I STOCKHOLM FÖRHANDLINGAR.  
MARS—APRIL 1927.)

---

*Pargasa sales chondrodita  
optiskās īpašības.*



**Beitrag zur Kenntnis der optischen Eigenschaften des gesteins-  
bildenden Chondrodits von Pargas.**

Von

OTTO MELLIS.

---



Im vergangenen Herbst 1926 erhielt ich von Herrn Professor BORIS POPOFF zwei grössere Handstücke des chondrodithaltigen Kalksteins von Pargas, die von ihm persönlich dem Kalkbruch Limberg entnommen waren, welchen er als Teilnehmer der internationalen Geologenexkursion im Juni 1924 zu besuchen Gelegenheit hatte. Ich sollte die optischen Eigenschaften des im Kalkstein enthaltenen Chondrodits einer eingehenden Prüfung unterziehen.

Da die optischen Eigenschaften des Chondrodits von Pargas noch wenig untersucht zu sein scheinen [vergl. hierüber bei A. LAITAKARI (1)], dürfte die Veröffentlichung meiner Untersuchungsergebnisse vielleicht von Interesse sein.

Beide Stücke entstammen der Grube Limberg und sind an zwei etwa hundert Meter von einander entfernten Stellen gesammelt.

Das eine Stück stellt einen ziemlich grobkörnigen grauweissen Kalkstein vor, in dem schon mit blossem Auge Körner von grünem Pargasit und von bräunlichgelbem Chondroit in grosser Menge zu sehen sind, die den Kalkstein förmlich durchspicken. Der Chondroit bildet rundliche Körner von meist annähernd 1—1,5 mm Durchmesser. Nur selten erreichen sie 3 mm. Mikroskopisch werden ausserdem Phlogopit und grüner Spinell wahrgenommen.

Das zweite Stück ist ein noch grobkörnigerer Kalkstein von hellerer, fast weisser Farbe. Der in ihm eingeschlossene Chondroit ist etwas heller als der Chondroit des ersten Stückes und die einzelnen Chondroitpartien sind grösser (bis zu 5 mm im Durchmesser), aber die mikroskopische Prüfung zeigt, dass wir es hier nicht mit einzelnen Körnern, sondern mit Anhäufungen mehrerer Körner zu tun haben. Auch sind alle grösseren Körner hier in hohem Grade rissig. Das dürfte vielleicht die hellere Farbe dieses

Chondrodits bedingen. Im Dünnschliff sind in diesem Kalkstein ausser Chondrodit noch Pargasit und Phlogopit zu erkennen.

Unter dem Mikroskop erweisen sich die Chondroditkörner beider Gesteinsproben, in allen wesentlichen optischen Eigenschaften, als vollkommen identisch, was eine gemeinsame Beschreibung derselben ermöglicht. Der einzige Unterschied besteht darin, dass der etwas dunklere Chondrodit des ersten, weniger grobkörnigen Kalksteins viel weniger rissig, dafür aber stellenweise stark serpentinisiert ist, während die Chondroditkörner des zweiten Gesteinstückes von zahlreichen Rissen durchzogen und in bedeutendem Grade in Kalzit umgewandelt sind. Die Serpentinisierung ist hier sehr gering. Die Risse haben im Chondrodit fast überall einen

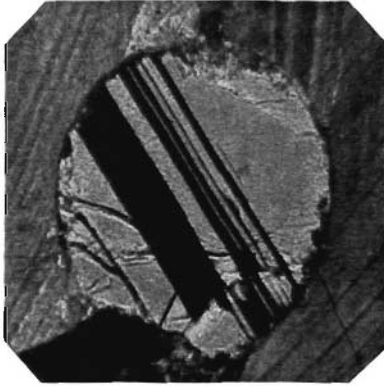


Fig. 1. Polysynthetisch verzwillungtes Chondroditkorn. Die ungleichmässige Entwicklung der Zwillingslamellen ist deutlich zu sehen. Nikols +. Vergr. 150  $\times$ .

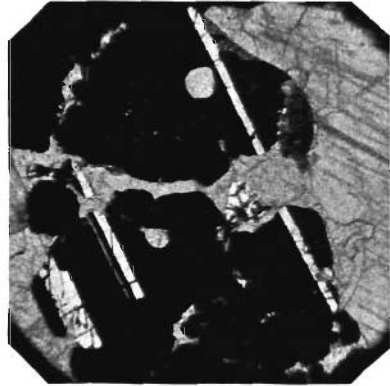


Fig. 2. Grösseres Chondroditkorn in Dunkelstellung. Die hellen Streifen sind eingeschaltete Zwillingslamellen, die hellen ründlichen Flecken entsprechen Kalziteinschlüssen. Das Chondroditkorn ist von einer Kalzitader durchzogen. Nikols +. Vergr. 61  $\times$ .

ganz unregelmässigen Verlauf und nur an einigen wenigen Stellen liesse sich die mehr oder weniger parallele Anordnung derselben auf eine Spaltbarkeit zurückführen. Aber auch in solchen Fällen bilden die Risse mit der Zwillingstrace, in Schnitten senkrecht zur optischen Normale, keine charakteristischen Winkel.

Zwischen gekreuzten Nikols erscheinen fast alle Chondroditkörner polysynthetisch verzwillungt und meist aus drei, vier oder noch mehr Individuen bestehend, deren Grössenverhältnisse sehr grossen Schwankungen unterworfen sind (Fig. 1). Oft sind die Zwillingslamellen der einen Stellung ganz dünn und treten im Dünnschliff als feine Striche hervor. Die Zwillingstrace ist meist eine Gerade.

Stellenweise sieht man aber auch kompliziertere, gebrochene Verwachsungslinien, die auf das Vorhandensein von Durchwachsungszwillingen hinweisen. Doch scheinen letztere selten zu sein.

Die Ermittlung der gegenseitigen Stellung der Zwillingeindividuen geschah durch Bestimmung der Lage der optischen Hauptrichtungen zur Zwillingsebene, auf die bekannte, von FEDOROW angegebene Weise, mit Hilfe eines grossen FEDOROW'schen Theodolitmikroskopes von ZEISS-FUESS'scher Ausführung. Es zeigte sich hierbei, dass  $n_\gamma$  für beide Individuen gemeinsam und in der Zwillingsebene gelegen ist, während  $n_\alpha$  mit der Zwillingsebene einen Winkel von fast genau  $30^\circ$  bildet,  $n_\beta$  — einen entsprechenden Winkel von  $60^\circ$ . Die Zwillingsebene erwies sich in allen von mir untersuchten Fällen zugleich auch als Verwachsungsebene. Die Zwillinge- und Verwachsungsebene bildet also mit der Ebene der optischen Achsen einen Winkel von  $30^\circ$ . Diese Zahl ist ein Mittel von 6 von einander ganz unabhängigen Bestimmungen, die an 6 verschiedenen Körnern mit der grösstmöglichen Sorgfalt ausgeführt worden sind. Das vollkommene Fehlen einer Bisektrizendispersion ermöglichte die Benutzung einer starken weissen Lichtquelle, was eine grosse Genauigkeit der Einstellungen gestattete. Es ist wohl anzunehmen, dass der wahrscheinliche Fehler dieser Bestimmung unter  $\pm 30'$  liegt.

Um einen Überblick über das Fehlergebiet zu geben, habe ich die Lagen der Indikatrix-Hauptachsen auf beiliegendem Diagramm (Fig. 3), in stereographischer Projektion, auf Grundlage eines FEDOROW'schen Netzes abgebildet. Die Durchstosspunkte von  $n_\alpha$ ,  $n_\beta$  und  $n_\gamma$  sind durch die Zentren der kleinen Kreise 1, 2, 3, 4, 5, 6 wiedergegeben. Z—Z' ist die Projektion der Zwillingsebene.  $n_\gamma$  ist für alle 6 Bestimmungen in den Mittelpunkt des Diagrammes gebracht,  $n_\alpha$  und  $n_\beta$  sind auf den Grundkreis verlegt. Man sieht, dass die Schwankungen in der Lage der Durchstosspunkte von  $n_\alpha$  und  $n_\beta$  nicht über  $2^\circ$  hinausgehen und dass die Ergebnisse von drei Bestimmungen sogar genau koinzidieren. Diese 3 Bestimmungen geben einen Winkel von  $30^\circ$ , der auch dem Mittel von allen Bestimmungen sehr nahe kommt.

Welche Lage hat nun die Zwillingsebene in kristallographischer Beziehung? Diese Frage ist nicht unbedingt zu beantworten, da die Lage der optischen Hauptrichtungen von verschiedenen Autoren verschieden gedeutet wird und da zwei mögliche Zwillingsebenen, nämlich 105 und  $\bar{3}05$ , fast genau senkrecht zu einander stehen. Nehmen wir mit DES-CLOIZEAUX (2) und SJÖGREN (3) an, dass die optische Achsenebene in den vorderen unteren und hinteren oberen

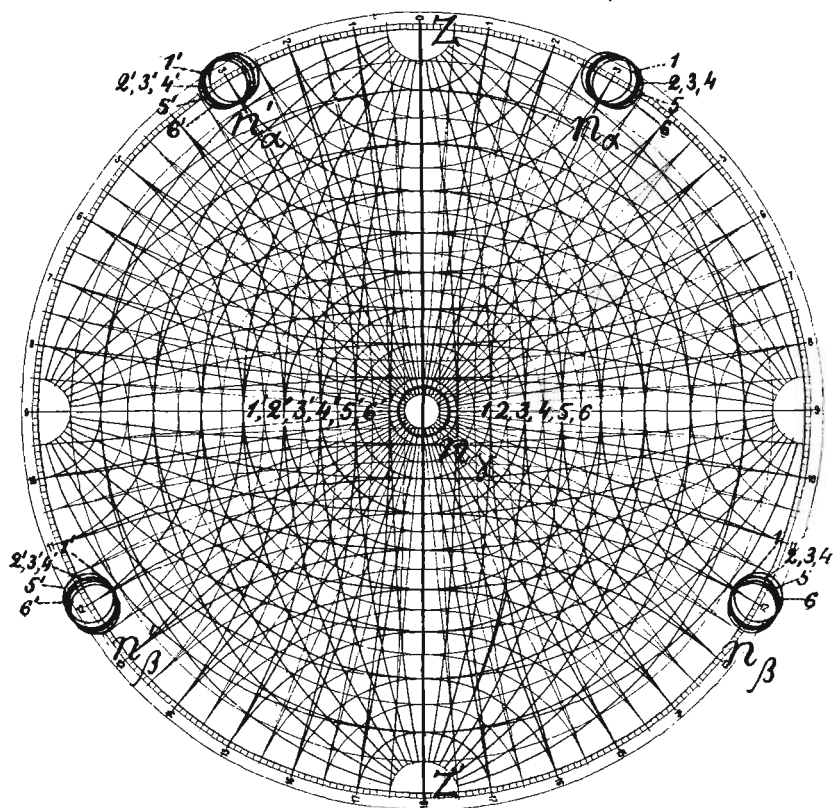


Fig. 3. Neigung der Indikatrix-Hauptachsen der beiden Zwillingsindividuen zur gemeinsamen Zwillings- und Verwachsungsebene, auf Grund von 6 verschiedenen, theodolitischen Bestimmungen nach der FEDOROW-Methode, an Chondroitkörnern von Pargas. Stereographische Projektion auf Grundlage eines FEDOROW'schen Netzes. 1, 2, 3, 4, 5, 6 — Hauptachsen des ersten, 1', 2', 3', 4', 5', 6' — Hauptachsen des zweiten Individuums. ZZ' — Zwillings- und Verwachsungsebene.

Oktanten liegt, so dürfte allerdings nur 001 als Zwillingsebene in Betracht kommen. Diese Annahme scheint mir am wahrscheinlichsten zu sein. Halten wir dagegen an der MICHEL-LÉVY-LACROIX'schen (4) Auffassung fest, die noch immer kompetente Anhänger zu haben scheint [vergl. bei H. ROSEBUSCH-O. MÜGGE (5)] und denken uns  $n_\alpha$  im stumpfen Winkel  $\beta$  gelegen, so ist sowohl 001 wie  $\bar{3}05$  als Zwillingsebene denkbar. Allerdings scheinen mir die SJÖGREN'schen Bestimmungen diese Möglichkeit fast auszuschliessen.

Die Bestimmung der Brechungssexponenten konnte leider nicht direkt mit Hilfe des Totalrefraktometers bewerkstelligt werden. Trotz der genügenden Grösse der angewandten Körner (bis zu 2 mm im Durchmesser), scheiterten alle Versuche an der Unmöglich-

keit eine einigermaßen refextüchtige polierte Fläche zu erhalten, was seinen Grund in der grossen Rissigkeit der Chondroditkörner zu haben scheint, die beim Polieren beständig ausbröckeln und von den herausbrechenden harten Bruchstücken in allen Richtungen geritzt und geradezu mattiert werden.

Es musste daher die Einbettungsmethode zur Anwendung kommen. Um trotzdem eine möglichst grosse Genauigkeit zu erzielen, wurden die von SPANGENBERG (6) angegebenen Vorsichtsmassregeln eingehalten und nur Flüssigkeiten mit möglichst gleichen und hohen Siedepunkten zu Mischungen verwendet. Das Material für die Bestimmungen wurde aus Dünnschliffen herauspräpariert und sorgfältig in Benzol gewaschen, nachdem es vorher konoskopisch genau geprüft worden war. Auf diese Weise wurde die Untersuchung an dünnen Plättchen mit fast senkrechten Seitenwänden ausgeführt, die nach Wunsch in verschiedene Flüssigkeitsproben getaucht werden konnten und immer wieder die gewünschte Lage einnahmen. Die Voruntersuchung wurde im weissen Tageslicht, die genaue Einstellung in sehr hellem Na-Licht ausgeführt. Dabei wurde die Immersionsflüssigkeit bis zum völligen Verschwinden der BECKE'schen Lichtlinie gewechselt, wonach ihr Brechungsindex mit Hilfe des ZEISS'schen Kristallrefraktometers gemessen wurde.

Es wurden auf diese Weise 3 Mineralplättchen untersucht. Das eine war, wie das konoskopische Bild zeigte, genau senkrecht zu einer optischen Achse. Das zweite Plättchen war senkrecht zu  $n_{\beta}$ , das dritte senkrecht zu  $n_{\gamma}$ . In den letzten zwei Fällen mag eine kleine Abweichung von der idealen Schnittlage vorhanden gewesen sein, doch dürfte die Neigung der Plattennormale zu den genannten Indikatrix-Hauptachsen, wie die theodolitische und konoskopische Prüfung dartat, etwa  $3^{\circ}$  nicht überstiegen haben. Es wurden hierbei folgende Zahlen erhalten:

$$n_{\alpha_{Na}} = 1,597$$

$$n_{\beta_{Na}} = 1,609$$

$$n_{\gamma_{Na}} = 1,630$$

Zur Kontrolle wurde das Plättchen, das senkrecht zur optischen Achse geschnitten war, nach Ausführung der Bestimmung von  $n_{\beta}$ , hintereinander in Immersionsflüssigkeiten eingebettet, deren Index sich um  $+0,001$  und um  $-0,001$  von  $1,609$  unterschied und es war in beiden Fällen im hellen Na-Licht das Erscheinen einer schwachen BECKE'schen Lichtlinie zu konstatieren. Ich glaube daher einiges Recht zu der Annahme zu haben, dass obige Bestimmungen der

maximalen Genauigkeit von  $\pm 0,001$ , die ihnen zukommen kann, sehr nahe gekommen sind.

Die direkte Bestimmung der Doppelbrechung wurde mit Hilfe eines BABINET'schen Kompensators ausgeführt. Die genaue Einstellung geschah im Na-Licht. Die Dickenbestimmung wurde in der Weise ausgeführt, dass die aus dem Dünnschliff herauspräparierten Chondroitplättchen auf einem FEDOROW'schen Universaltisch auf die hohe Kante gestellt und mit Hilfe des Tisches so orientiert wurden, dass ihre Flächen parallel zur Mikroskopachse und zum Faden eines Schraubenmikrometerokulares zu liegen kamen. Die Dicke wurde darauf, in der Mitte des Plättchens, mit dem Schraubenmikrometerokular bestimmt. Folgende Tabelle gibt die Grössen der Doppelbrechung für die 3 optischen Hauptschnitte wieder. Jede Zahl ist ein Mittel von 3 unabhängigen Bestimmungen.

	gemessen	berechnet
$(n_\gamma - n_\alpha)_{Na}$ . . . . .	0,0331	0,033
$(n_\beta - n_\alpha)_{Na}$ . . . . .	0,0119	0,012
$(n_\gamma - n_\beta)_{Na}$ . . . . .	0,0206	0,021

Zum Vergleich sind neben den direkt bestimmten auch die aus den Brechungsexponenten ermittelten Grössen gegeben. Die Uebereinstimmung ist befriedigend: der Fehler dürfte 3 % nicht übersteigen. Er steckt natürlich in der Dickenbestimmung, die bei den kleinen Dimensionen der immer rissigen Plättchen, trotz der grössten Bemühungen, keine bedeutende Genauigkeit erreichen konnte.

Der untersuchte Chondroit hat einen deutlichen Pleochroismus. In Platten von 0,03 mm Dicke ist  $n_\alpha =$  strohgelb,  $n_\beta$  und  $n_\gamma =$  fast farblos.

Die Messung des Winkels der optischen Achsen wurde nach der FEDOROW'schen Universalmethode ausgeführt, und es konnte eine starke weisse Lichtquelle benutzt werden, da eine objektiv konstatabare Achsendispersion nicht zu bemerken war. Das konoskopische Bild einer zentralen Achse machte manchmal den Eindruck von  $\rho > v$ .

In der folgenden Zusammenstellung sind die Mittel von je 3 selbständigen Bestimmungen gegeben, die an 9 verschiedenen Chon-



droiditkörnern gemacht worden sind. Es wurden nur Schnitte benutzt, die mehr oder weniger senkrecht zur positiven spitzen Bisektrix lagen. Die Umrechnung auf den wahren Achsenwinkel geschah auf Grund der für  $n_{\beta_{Na}}$  bestimmten Zahl 1,609.

Achsenwinkelmessung	$2 V_a$
1. . . . .	74° 54'
2. . . . .	74° 58'
3. . . . .	74° 54'
4. . . . .	75° 10'
5. . . . .	74° 56'
6. . . . .	75° 12'
7. . . . .	75° 02'
8. . . . .	74° 58'
9. . . . .	75° 02'
	Mittel 75° 01'

Berechnet man den Achsenwinkel aus den Indices, so erhält man:  $2 V_{a_{Na}} = 75^\circ 08'$ . Berechnung und Bestimmung geben, praktisch genommen, dieselbe Winkelgrösse, was um so wichtiger ist, als sie auf von einander unabhängigen Daten beruhend sich gegenseitig kontrollieren.<sup>1</sup>

Dem Winkel der optischen Achsen nach, scheint der Chondroit von Pargas dem B-Chondroit von Mansjö am nächsten zu stehen, an dem H. v. ECKERMAN (7) den Achsenwinkel  $2 V_{a_{Na}} = 74^\circ 06'$  gemessen hat, doch sind die Brechungsexponenten des Chondroids von Pargas, soweit mir bekannt, niedriger als alle Indices, die bisher an Chondroiden bestimmt worden sind.

H. v. ECKERMAN (8) hat die Vermutung ausgesprochen, dass mit steigendem Eisenoxydulgehalt in den Chondroiden auch die Grösse der Indices sowie des positiven Achsenwinkels zunehme. Ich hielt es daher für angebracht, eine Bestimmung des Ferrogehaltes in

<sup>1</sup> Der Kontrolle wegen, wurden auch mehrere Achsenwinkelbestimmungen, nach der BECKE'schen Zeichenmethode, aus der Spur einer Achse und einer Mittellinie ausgeführt, wobei alle von BECKE vorgeschlagenen Korrekturen vorgenommen wurden. Die erhaltenen Winkelgrössen waren stets etwas kleiner als die nach der FEDOROW'schen Methode bestimmten. Es handelte sich im Mittel um einen Unterschied von etwa  $1\frac{1}{2}$  Grad. Der Grund für diese Differenz ist wohl in erster Linie in der Abweichung der Mittellinie vom Mittelpunkt des Gesichtsfeldes zu suchen, die durch die BECKE'sche Korrektur vielleicht überkompensiert wird, zum Teil dürfte sie aber eine Folge der immer etwas ungenauen, mit einem unvermeidlichen subjektiven Fehler verbundenen Bestimmung des Mittellinienaustrittes sein. Jedenfalls halte ich die theodolitisch, in Schnitten fast genau senkrecht zur Mittellinie, bestimmten Achsenwinkelgrössen für die genaueren, da sie auch mit den aus den Brechungsexponenten und den Doppelbrechungsgrössen berechenbaren Zahlen aufs beste übereinstimmen.

dem von mir untersuchten gesteinsbildenden Chondroit von Pargas auszuführen.

Es wurde zu diesem Zwecke eine genügende Menge Kalkstein in einem Stahlmörser zerkleinert und der Chondroit mit Hilfe von Clerici-Lösung von den anderen Mineralien des Kalksteins getrennt. Die nachfolgende mikroskopische Prüfung zeigte aber, dass ein bedeutender Teil der ausgeschiedenen Körner noch Einschlüsse von Kalzit, Pargasit u. anderen Mineralien enthielt, die sich gegenseitig kompensierend das spezifische Gewicht des Chondrodits nicht wesentlich beeinflussten. Eine nochmalige Zerkleinerung und wiederholte Scheidung gab immer noch kein reines Material, sodass zuletzt eine mechanische Auslese unter dem Mikroskop mit einer Nadel vorgenommen werden musste.

Die Bestimmung des Eisenoxyduls in dem unter Spiritus zerriebenen Chondroit wurde einmal nach TREADWELL (9) und einmal nach M. DITTRICH (10) ausgeführt. Die erste Bestimmung gab 3,21 %, die zweite 3,16 % FeO. Das Mittel von beiden Bestimmungen ist FeO = 3,19 %. Beide Bestimmungen beziehen sich auf lufttrockenes Material.

Zu einer bestimmten Stellungnahme pro oder contra H. v. ECKERMANN geben die Beobachtungen am Chondroit von Pargas keinen Anhalt. Die scheinbaren Gesetzmässigkeiten, die sich beim Vergleich verschiedener Chondrodite ergeben, stützen sich leider auf sehr ungleichwertige und vereinzelt optische Daten. Erst wenn wir im Besitze genauer optischer und chemischer Kenntnisse über eine grössere Anzahl von Chondroditen verschiedener Fundorte sein werden, wird die Lösung ähnlicher Fragen möglich sein.

Für die vielen während der Ausführung dieser Untersuchung mir zuteil gewordenen Ratschläge bin ich meinem Lehrer Herrn Professor BORIS POPOFF zu grossem Danke verpflichtet.

Mineralogisch-petrologisches Institut der Universität Lettlands,  
d. 10. März 1927.

#### Literatur.

1. AARNE LAITAKARI. Über die Petrographie u. Mineralogie der Kalksteinlagerstätten von Parainen (Pargas). Bull. d. l. Comm. Géol. d. Finlande, p. 84. *v. 54, 1920*
2. DES CLOIZEAUX. Manuel de Minéralogie. 1862 und N. Jahrb. 1877, p. 501.
3. H.J. SJÖGREN. Bull. Geol. Inst. Upsala. 1892. Vol I p. 1. *33-34*
4. A. MICHEL-LÉVY et ALF. LACROIX. Les Minéraux des Roches. 1888, p. 225.

5. H. ROSENBUSCH-O. MÜGGE. Mikrosk. Physiographie. Bd. I. H. 2 p. 445.
  6. K. SPANGENBERG. Die Einbettungsmethode. Fortschr. d. Min., Krist. u. Petr. Bd. 7, 1922.
  7. H. v. ECKERMANN. The Rocks and Contact Minerals of Tennberg. G. F. F. 45, 1923, p. 512.
  8. H. v. ECKERMANN. The Rocks and Contact Minerals of the Mansjö Mountain. G. F. F. 44, 1922, p. 379—383.
  9. F. P. TREADWELL-W. D. TREADWELL. Kurzes Lehrbuch d. anal. Chemie. B. II, 1921 p. 429.
  10. M. DITTRICH und A. LEONHARD. Über die Bestimmung des Eisenoxyduls in Silikatgesteinen. Z. f. anorg. Ch. Bd. 74, 1912 p. 21.
-