

## IX.

## Kristallzwillinge und andere regelmässige Verwachsungen des Pseudobrookit vom Aranyer Berg.

Von **Dr. Ernst Balogh** (Klausenburg).

(Mit zwei Figuren im Text.)

Der Pseudobrookit gehört zu den besondern, siebenbürgischen Mineralien, die ausserhalb Siebenbürgens nur an wenigen Orten noch bekannt sind. Er wurde von Dr. Anton Koch entdeckt, der ihn 1877 zuerst im Augitandesit des Aranyer Berges neben Piski fand. Ein besonderer Zufall hat es gefügt, dass vorliegender Aufsatz bloß ein paar Monate später erscheint, als der namhafte Entdecker des in Rede stehenden Minerals, in Budapest im 84. Lebensjahre sanft entschlafen ist (am 8. Februar 1927).

Dieser Umstand macht es mir unmöglich, an einer Würdigung dieses Mannes vorüberzugehen.

Dr. Anton Koch von Bodrog hatte 1872—1895 den Lehrstuhl für Mineralogie und Geologie an der Klausenburger Universität inne, von 1895 bis zu seinem Uebertritt in den Ruhestand im Jahre 1912 war er Professor der Geologie und Palaeontologie an der Budapester Universität. Es ist kaum möglich, sein in unermüdlicher Arbeit verbrachtes, langes Leben und seine wissenschaftliche und erzieherische Tätigkeit, die weit länger als ein halbes Jahrhundert gedauert hat, kurz zu würdigen. Er war das ideelle Beispiel des lebenswürdigen, unmittelbaren, warmherzigen Professors, nicht nur der Lehrer, sondern der Vater und wahrhafte Meister seiner Schüler, welcher in seiner Schule Gelehrte erzogen, die heute zu den bedeutendsten Vertretern der Mineralogie, Geologie und Palaeontologie gehören. Seine eigene Bedeutung als Gelehrter geht schon daraus hervor, dass mehr als 200 wissenschaftliche Arbeiten aus seiner Feder stammen, mit denen er sich ausserhalb seines Vaterlandes weitgehende internationale Anerkennung errungen hat.

Der größte Teil seiner Tätigkeit entfällt auf unsere engere Heimat Siebenbürgen; viele Orte, die hier geologisch fast völlig unbekannt waren, hat er als erster wissenschaftlich durchforscht. Eines der bedeutendsten Ergebnisse seiner Forschungen, die er hier fast ein Vierteljahrhundert hindurch mit Bienenfleiss betrieben, ist die zweibändige Monographie „Die Tertiärbildungen des Beckens der siebenbürgischen Landesteile“, 2 Bde., Budapest 1894, 1900, die in der Hand des in Siebenbürgen arbeitenden Geologen einen wahren Schatz bedeutet und auch noch lange bedeuten wird.

Dr. Anton Koch war korrespondierendes Mitglied des Siebenbürgischen Vereines für Naturwissenschaften. So sei denn im Jahrbuch des Vereines diese Abhandlung, die zu seinem Namen so enge Beziehungen hat, ein Zeichen der pietätvollen Erinnerung an ihn.

\* \* \*

Bei Gelegenheit eines Ausfluges sammelte ich am Aranyer Berg eine grössere Menge Pseudobrookit. Während der Auslese der Kristalle aus dem Gesteinsstaub fanden sich auch solche Verwachsungen, bei denen sich in der Art des Auftretens gewisse Aehnlichkeiten zeigten. Argwöhnend, dass es sich um Zwillingungsverwachsungen handle, prüfte ich sorgfältig das ganze gesammelte Material und fand auf die Art 350 ähnliche Kristallverwachsungen. Etwas geringer war die Zahl der bei dieser Gelegenheit ausgewählten Kristalle, die keine Regelmässigkeit in ihren Verwachsungen zeigten.

Am Pseudobrookit war bis dahin noch keine Zwillingbildung nachgewiesen, obwohl bereits Schmidt darauf anspielte, als er diesbezüglich schrieb:<sup>1)</sup>

„An mehreren Exemplaren der freien Kristalle erinnern einzelne auf der d-Fläche hervortretende Kristallenden an Zwillinge, ja in ein, zwei Fällen fand ich Kristalle, die entschieden Penetrationszwillingen ähnlich sahen, und zwar mit einer Prismenfläche als Zwillingsebene. Die mangelhafte Ausbildung der Flächen liess jedoch diesen Umstand bloß als wahrscheinlich annehmen.“

<sup>1)</sup> Schmidt Sándor: A pseudobrookitról, Természetrázi Füzetek. Budapest. IV. 1880 p. 323.

Die Wendungen „auf der d-Fläche hervortretende Kristallenden“ und „mit einer Prismenfläche als Zwillings-ebene“ lassen erkennen, dass Schmidt die nun zu beschreibenden Zwillinge, beziehungsweise Verwachsungen schon wahrgenommen hat, aber in Ermangelung des nötigen Unterscheidungsmaterials sich nicht bestimmter über sie aussprechen konnte. Bemerkenswert ist, dass in seiner Veröffentlichung sicher eines Druckfehlers wegen d statt a steht und dass nach der jetzt allgemein gebräuchlichen Aufstellung das „Prisma“ dem Makrodoma entspricht.

Wenn wir uns die von Groth<sup>1)</sup> vorgeschlagene, jetzt gebrauchte Aufstellungsart vor Augen halten, können die in Rede stehenden Verwachsungen im allgemeinen folgendermaßen charakterisiert werden:

Die bekannten, kleinen Kristalle haben tafeligen Habitus; aus der dominierenden Fläche a (100), deren bezeichnende Rostfarbe die Richtung der kristallographischen b-Achse angibt, wächst das zweite Kristallindividuum so hervor, dass die b-Achse der Kristalle gemeinsam ist. Die verwachsenen Kristalle sind also so zu einander gestellt, wie wenn der eine gegen den andern an der b-Achse um einen bestimmten Winkel gedreht wäre. In dieser Stellung durchwachsen die beiden Kristalle einander, die teilweise Durchwachsung ist jedoch viel häufiger als die vollständige. Im ersten Fall durchwächst nur das eine Individuum das andere, im zweiten ist die Durchwachsung vollständig. Im Falle der vollständigen Penetration sind jedoch die durchwachsenen Teile nicht im Gleichgewicht, ja es kommt vor, dass das eine Individuum auf der entgegengesetzten Seite des andern in einer kaum wahrnehmbaren Erhebung, bezw Rippe hervordringt. Solche Fälle bilden gleichsam den Uebergang zwischen der teilweisen und der vollständigen Durchwachsung. Die verwachsenen Individuen sind höchstens annähernd gleich gross, meistens sind augenfällige Grössenunterschiede vorhanden. Mehr als zwei Kristalle verwachsen nie miteinander.

---

<sup>1)</sup> Zeitschrift für Krystallographie. III. 1879. p. 306.



Makrodomen der verwachsenen Kristalle tatsächlich eine gemeinsame Zonenachse haben.

Zur Feststellung der Neigungsbezeichnung der verwachsenen Kristallindividuen maß ich im allgemeinen den von den zwei Kristallflächen (100) eingeschlossenen Winkel, stellenweise schien jedoch die Messung auf Grund der Flächen (201) zuverlässiger zu sein. Dort, wo die Ausbildung der Flächen (101), beziehungsweise (001), es gestattete, liess ich auch diese nicht ausseracht. Soweit möglich, maß ich die Neigung der Kristalle auf Grund aller dieser Flächen und nahm nach Maßgabe ihrer Zuverlässigkeit den Mittelwert dieser Ergebnisse, zwischen denen sich nicht selten Abweichungen von mehr als  $1^{\circ}$  ergeben.

Solche Abweichungen bei den Winkelmessungen an den verschiedenen Flächen derselben Verwachsung können nicht überraschen, wenn man weiß, wie schwierig die Winkelmessungen am Pseudobrookit sind und dass auch die wichtigsten Winkelwerte nur mit erheblichen Fehlern messbar sind. Ein Beispiel hiefür ist der als Grundwert angenommene Winkel  $a(100):m(201)$ , dessen Grenzwerte in der Literatur ( $26^{\circ} 31'$  [Koch]<sup>1)</sup> und  $25^{\circ} 50'$  [v. Roth]<sup>2)</sup>) eine bedeutende Abweichung zeigen. Bei meinen Berechnungen benützte ich das Achsenverhältnis  $a : b : c = 0.8738 : 1 : 0.8858$ , wie es in den Goldschmidtschen Tabellen<sup>3)</sup> angegeben ist. Diese Angaben sind der Mittelwert der von den verschiedenen Autoren am Pseudobrookit des Aranyer Berges festgestellten Grundwerte.

Im folgenden will ich nun einzeln über Messungsergebnisse an den erwähnten 83 Verwachsungen berichten, in der Reihenfolge der Grösse des Winkels, unter dem sich die verwachsenen Kristallindividuen zu einander neigen.

### 1.

Bei Nr. 66 war der Neigungswinkel der Verwachsung auf Grund der Messungen an mehreren Flächen im Mittelwert

<sup>1)</sup> Dr. Anton Koch: Neue Minerale aus dem Andesit des Aranyer Berges in Siebenbürgen. *Tschermaks min. u. petr. Mitt.* 1878. I. p. 346.

<sup>2)</sup> *Zeitschrift für Krystallographie.* IV. 1880. p. 429.

<sup>3)</sup> V. Goldschmidt: *Krystallogr. Winkeltabellen.* Berlin, 1897. p. 274.

$10^{\circ} 37'$  mit  $\pm 20'$  Schwankung. Mit diesem Winkel stimmt fast genau überein der Winkel  $10^{\circ} 32'$ , wenn man als Zwillingsebene die Form (1. 0. 11.) annimmt. Da jedoch diese Art Verwachsung nur in einem einzigen Falle vorkommt, die als Zwillingsebene angenommene Form auch nicht gewöhnlich ist, so hat sie als wahrer Zwilling keine Wahrscheinlichkeit.

## 2.

Bei der Verwachsung Nr. 61 gestatteten die gestörten Reflexe bloß Messungen von annähernder Genauigkeit. Der Mittelwert mehrfacher Messungen war  $15^{\circ} 40'$ , woraus sich folgende Fälle ergeben können:

| Gemessener Winkel | Berechneter Winkel | Zwillingsebene |
|-------------------|--------------------|----------------|
| $15^{\circ} 40'$  | $16^{\circ} 40'$   | (107)          |
| $15^{\circ} 40'$  | $16^{\circ} 02'$   | (701)          |
| $15^{\circ} 40'$  | $15^{\circ} 44'$   | (3. 0. 22)     |

Obwohl die Uebereinstimmung im Falle (3. 0. 22.) am besten ist, kann natürlich auch diese Form neben den beiden viel einfachern nicht in Betracht kommen, bei denen die berechneten Winkel innerhalb der annehmbaren Fehlergrenze gleichfalls dem gemessenen Winkel in die Nähe kommen. Gerade darum kann man auch zwischen den Formen (701) und (107) nicht bestimmt entscheiden, namentlich, wenn man bedenkt, dass eine solche Verwachsung auch bloß in je einem Falle vorkommt und also gleichfalls nicht als Zwillingungsverwachsung angesehen werden kann.

## 3.

Bei der verhältnismässig gut messbaren Verwachsung Nr. 52 ist das mittlere Messungsergebnis mit geringen Schwankungen  $20^{\circ} 19'$ ; etwas geringere Wahrscheinlichkeit besitzt der Winkel  $20^{\circ} 06'$  an Nr. 73; dagegen ist der Winkel  $20^{\circ} 58'$  an Kristall Nr. 83 schon sehr unsicher. Auf Grund des von den beiden erstern erhaltenen Mittelwertes  $20^{\circ} 28'$  käme (2. 0. 11.), bzw. (11. 0. 2.) als Zwillingsebene in Betracht mit dem berechneten Winkel  $20^{\circ} 53'$ , bzw.  $20^{\circ} 20'$ . Diese Formen haben jedoch so hohe Indexzahlen und ihre Anzahl ist so gering, dass auch sie nicht als Zwillingsebenen angesehen werden können. Es ist bemerkenswert, dass die Annahme der beiden benachbarten

einfachern Formen als Zwillingsebene ([501 und 601]) die annehmbare Fehlergrenze schon überschreitet.

## 4.

An Nr. 69 ist der Neigungswinkel auf Grund einer wenig verlässlichen Messung  $25^{\circ} 38'$  Hierher gehört ferner der Kristall Nr. 76 mit einem zwischen  $25^{\circ}$  bis  $26^{\circ}$  schwankenden, zweifelhaften Winkel. Von dem erstern Werte ausgehend erscheint die Fläche (209) als Zwillingsebene, bei der der entsprechende, berechnete Winkel  $25^{\circ} 24'$  beträgt, bei der guten Uebereinstimmung der gemessenen und berechneten Winkel sind jedoch die Daten zu gering, das Messungsergebnis nicht genügend zuverlässig und die als Zwillingsebene angenommene Form nicht gewöhnlich genug, um diese Verwachsung als Zwillingbildung anzusehen.

## 5.

Die Messungsgrenzwerte der Kristalle Nr. 24, 45 und 64 sind  $30^{\circ} 48'$  und  $31^{\circ} 22'$  und der errechnete Mittelwert  $31^{\circ} 01'$  Diesem entspräche die Form (702) als Zwillingsebene mit  $31^{\circ} 25'$  als berechnetem Winkel. Die Zwillingsebene dieser Verwachsung wird jedoch in Frage gestellt durch die geringe Anzahl der Fälle, die erhebliche Unsicherheit der Messungen und den hohen Index der als Zwillingsebene angesehenen Form.

## 6.

Am Kristall Nr. 50 ergibt sich auf Grund mehrerer Messungen  $37^{\circ} 72'$  als Mittelwert, dem die Form (103) als Zwillingsebene mit dem berechneten Winkel  $37^{\circ} 20'$  ziemlich gut entspricht. Obwohl die bessere Ausbildung des Kristalles annehmbar genaue Messungen ermöglichte und die als Zwillingsebene erscheinende Form auch genügend einfach ist, kann mit einem einzigen Auftreten auch diese Verwachsung nicht als Zwilling betrachtet werden.

## 7.

Am Kristall Nr. 54 ist das ziemlich genaue Messungsergebnis  $41^{\circ} 42'$ ,  $41^{\circ} 50'$ ,  $41^{\circ} 57'$ , im Mittelwert  $41^{\circ} 50'$  Dies entspräche einem Zwilling nach (308) mit dem entsprechenden, berechneten Winkel  $41^{\circ} 38'$  Das vereinzelt Auftreten macht auch hier die Zwillingbildung unwahrscheinlich.

## 8.

Am Kristall Nr. 58 ist der Mittelwert der gemessenen Winkel ( $45^{\circ} 07'$ ,  $45^{\circ} 43'$ )  $45^{\circ} 25'$ . Dies entspräche einem Zwilling nach (703) mit dem entsprechenden Winkel  $45^{\circ} 44'$ . Als Zwilling ist indes auch diese Verwachsung nicht zu betrachten, da sie auch nur einen Vertreter hat und die als Zwillingsebene angenommene Form keine gewöhnliche ist.

## 9.

Am Kristall Nr. 39 beträgt der Mittelwert der ziemlich genauen Messungen  $49^{\circ} 23'$ ; der an Nr. 49 gefundene Mittelwert  $48^{\circ} 45'$  ist schon weniger zuverlässig; an Nr. 62 ist der gefundene Winkel  $49^{\circ}$  nur ein annähernder Wert. Der Mittelwert aus den beiden ersten ist  $49^{\circ} 10'$ , auf Grund dessen die Form (5. O. 11.) Zwillingsebene sein könnte, bei der der errechnete Winkel genau zutrifft ( $49^{\circ} 10'$ ). Natürlich kann aber eine Form mit so kompliziertem Index nicht als Zwillingungsverwachsung angesehen werden, um so weniger, als nicht genügende Daten die Annahme bestärken.

## 10.

In 8 Fällen (Nr. 3, 12, 29, 34, 40, 44, 51 und 57) maß ich Winkel, die sich um einen Mittelwert gruppieren lassen; die Grenzwerte sind  $51^{\circ} 22'$  und  $53^{\circ} 12'$ . Am verlässlichsten ist Kristall Nr. 44 mit dem auf Grund mehrerer Messungen gewonnenen Mittelwert  $53^{\circ} 06'$ , aber auch der Winkel  $51^{\circ} 52'$  an Nr. 57 ist der Mittelwert mit ziemlicher Genauigkeit gemessener Winkel. Das berechnete Mittel dieser beiden Winkelwerte ist  $52^{\circ} 41'$ . Wenn man als Zwillingsebene die Form (201) ansieht, ist der entsprechende berechnete Winkel  $52^{\circ} 31'$ . Gemessener und berechneter Winkel stimmen also sehr gut überein, sogar auch dann noch, wenn man nicht nur den Mittelwert der beiden besten Daten, sondern aller 8 Kristalle nach Maßgabe ihrer Wahrscheinlichkeit nimmt. Neben der guten Uebereinstimmung ist auch die Zahl der hierher gehörigen Verwachsungen beträchtlich und das als Zwillingsebene angenommene Makrodoma (201) fehlt am Pseudobrookit niemals, ja es ist noch (100) die dominierendste Form, so dass sich hieraus die völlige Gewissheit der angenommenen Zwillingform ergibt.

## 11.

An 11 Kristallen (Nr. 4, 20, 26, 27, 37, 48, 60, 67, 72, 77, 82) maß ich Winkel zwischen  $56^{\circ} 04'$  und  $58^{\circ} 55'$ ! Trotz dieses, fast  $3^{\circ}$  ausmachenden Unterschiedes zwischen den Grenzwerten muss ich diese 11 Kristalle zusammenfassen, denn wenn man die gemessenen Winkel, bzw. die kristallweise gewonnenen Mittelwerte aneinander reiht, ist nirgend so ein Sprung, dass die Annahme mehr als eines Mittelwertes begründet wäre. Der grösste Teil der Messungen sind nur annähernd genau. Noch am verlässlichsten sind die Werte  $57^{\circ} 02'$  und  $58^{\circ} 55'$  von Nr. 20, 26, 27, 48, 82, deren Mittel  $57^{\circ} 02'$  ist. Bei Annahme von (905) als Zwillingsebene kommt diesem Mittelwert der berechnete Winkel  $57^{\circ} 27'$  am nächsten, aber auch der auf Grund der Form (509) berechnete Winkel  $58^{\circ} 46'$  bleibt innerhalb der Messungsgrenzen. Zwischen den beiden Formen kann man also bestimmt nicht entscheiden, und so kann man trotz der ziemlich grossen Anzahl der hierher gehörigen Verwachsungen ihre Zwillingnatur nicht mit Sicherheit aussagen. Im übrigen ist weder das Makrodoma (905), noch (509) bisher am Pseudobrookit nachgewiesen, daher schon aus diesem Grunde Zwillingungsverwachsung nach ihnen nicht wahrscheinlich ist.

## 12.

An den Kristallen Nr. 15, 47, 68 und 79 habe ich Winkel zwischen  $60^{\circ}$  und  $61^{\circ}$  gemessen. Die Messungen ergaben im allgemeinen nur ein annäherndes Ergebnis, das verlässlichste Nr. 15 mit  $60^{\circ} 51'$ . Letzterem entsprechend würde Zwillingsebene die verhältnismässig einfache Form (503) sein mit dem berechneten Winkel  $61^{\circ} 14'$ , aber die geringe Zahl der hierher gehörigen Verwachsungen und die geringe Verlässlichkeit der Messungen lässt die Zwillingbildung nicht genügend sicher erscheinen, um so weniger als zwar der berechnete Winkel innerhalb des annehmbaren Messungsfehlers liegt, aber die tatsächlich gemessene Grösse der Winkel übersteigt.

## 13.

Am Kristall Nr. 38 fand ich einen Winkel von etwa  $65^{\circ}$  und an Nr. 56 einen zu  $64^{\circ} 02'$ , der sich genauer messen

liess. Auf Grund des letztern könnte unter den einfachern Formen entweder (508) mit  $64^{\circ} 43'$  als berechneten Winkel oder (805) mit  $63^{\circ} 19'$  als Zwillingsebene angesehen werden. Da auf Grund beider Formen der berechnete Winkel dem gemessenen in die Nähe kommt, kann man für keine entscheiden und kann um so weniger, als nur zwei Kristalle hierher gehören, diese Verwachsungen für erwiesene Zwillinge halten.

## 14.

An den Kristallen Nr. 2, 6, 7, 21, 23, 30, 31, 46 und 70, also in 9 Fällen, maß ich Winkel mit den beiden Grenzwerten  $67^{\circ} 41'$  und  $69^{\circ} 48'$ . Wegen ihrer genauern Messbarkeit können Nr. 6, 30 und 46 gesondert betrachtet werden; die Winkel zwischen  $67^{\circ} 41'$  und  $68^{\circ} 49'$  ergaben hier den Mittelwert  $68^{\circ} 41'$ . Diesem Winkel kommt am nächsten in der Berechnung  $68^{\circ} 06'$ , welchen Winkel man erhält, wenn man als Zwillingsebene die Form (203) nimmt. Obwohl der Unterschied zwischen berechnetem und gemessenem Winkel  $35'$  beträgt, ist hier die Zahl der Fälle so gross und die Zwillingsebene so einfach, dass man in diesen Fällen die Zwillingbildung nach der genannten Form als erwiesen betrachten muss.

## 15.

In dem untersuchten Material finden sich 27 Verwachsungen, bei denen der gemessene Winkel zwischen  $70^{\circ} 58'$  und  $73^{\circ}$  fällt. Hierher gehören die Kristalle Nr. 1, 5, 8, 9, 11, 16, 17, 18, 19, 22, 25, 28, 32, 36, 42, 43, 53, 55, 59, 63, 65, 71, 74, 75, 78, 80 und 81. Die zuverlässigsten Winkelmessungen konnten an Nr. 1, 11, 28, 43 und 63 bewerkstelligt werden; die zwischen  $71^{\circ} 12'$  und  $72^{\circ} 14'$  liegenden Winkel ergaben als Mittelwert  $71^{\circ} 39'$ . Mit (507) Zwillingsebene ist der berechnete Winkel  $71^{\circ} 52'$ . Zwischen dem berechneten und gemessenen Winkel ist also eine ziemlich gute Uebereinstimmung, ferner ist die Zahl der hierher gehörigen Verwachsungen so gross, dass sie  $\frac{1}{3}$  des untersuchten Materials umfasst. Diese Umstände erhärten die Zwillingbildung nach (507) vollständig, obwohl die als Zwillingsebene angenommene Form nicht gerade zu den gewöhnlichsten gehört.

## 16.

Die an den Kristallen Nr. 10, 13, 14, 33 und 41 gefundenen Winkel, zum guten Teil nur mit annähernder Genauigkeit messbar, liegen zwischen  $74^{\circ}$  und  $76^{\circ}$ . Am verlässlichsten ist noch Nr. 13 mit  $75^{\circ} 39'$  als Mittelwert, der die Form (907) als Zwillingsebene erscheinen lässt, wobei der berechnete Winkel  $75^{\circ}$  beträgt. Hierher gehören zwar 5 Kristalle, aber ihre Messungsergebnisse sind recht unsicher, ferner zeigen die gemessenen und berechneten Winkel erhebliche Abweichungen und die als Zwillingsebene angenommene Form hat einen hohen Index; so sprechen diese Umstände dagegen, dass es sich hier um wahre Zwillinge handelt.

## 17.

An dem Kristall Nr. 35 ergab die ziemlich genaue Winkelmessung auf Grund verschiedener Messungen Werte zwischen  $79^{\circ} 37'$  und  $80^{\circ} 13'$  oder im Mittel  $79^{\circ} 55'$ . Einem entspräche das Makrodoma (506) als Zwillingsebene mit  $80^{\circ} 23'$  als berechnetem Winkel, aber außer anderm spricht auch der Umstand hier gegen wahre Zwillingbildung, dass hierher bloß eine einzige Verwachsung gehört.

Die in Obigem einzeln beschriebenen Verwachsungen können tabellarisch folgendermaßen zusammengefasst werden:

| Gruppenzahl | Anzahl d. Kristalle | Grenzwert der Messungen               | Mittelwert der Messungen | Berechneter Winkel | Zwillingsebene |
|-------------|---------------------|---------------------------------------|--------------------------|--------------------|----------------|
| 1           | 1                   | $10^{\circ} 37'$                      | $10^{\circ} 37'$         | $10^{\circ} 32'$   | 1. 0. 11.      |
| 2           | 1                   | $15^{\circ} 70'$                      | $15^{\circ} 40'$         | $16^{\circ} 29'$   | 107            |
|             |                     |                                       |                          | $16^{\circ} 02'$   | 701            |
| 3           | 3                   | $20^{\circ} 19' - 21^{\circ} 06'$     | $20^{\circ} 28'$         | $15^{\circ} 44'$   | 3. 0. 22.      |
|             |                     |                                       |                          | $20^{\circ} 53'$   | 2. 0. 11.      |
| 4           | 2                   | $25^{\circ} - 26^{\circ}$             | $25^{\circ} 38'$         | $20^{\circ} 20'$   | 11. 0. 2.      |
| 5           | 3                   | $30^{\circ} 48' \quad 31^{\circ} 22'$ | $25^{\circ} 24'$         | $25^{\circ} 24'$   | 209            |
| 6           | 1                   | $37^{\circ} 42'$                      | $31^{\circ} 01'$         | $31^{\circ} 25'$   | 702            |
| 7           | 1                   | $41^{\circ} 50'$                      | $37^{\circ} 42'$         | $37^{\circ} 20'$   | 103            |
| 8           | 1                   | $45^{\circ} 25'$                      | $41^{\circ} 50'$         | $41^{\circ} 38'$   | 308            |
| 9           | 3                   | $48^{\circ} 45' - 49^{\circ} 23'$     | $45^{\circ} 25'$         | $45^{\circ} 44'$   | 703            |
| 10          | 8                   | $51^{\circ} 22' - 53^{\circ} 12'$     | $49^{\circ} 10'$         | $49^{\circ} 10'$   | 5. 0. 11.      |
| 11          | 11                  | $56^{\circ} 04' - 58^{\circ} 55'$     | $52^{\circ} 41'$         | $52^{\circ} 31'$   | 201 *)         |
|             |                     |                                       |                          | $58^{\circ} 46'$   | 509            |
| 12          | 4                   | $60^{\circ} - 61^{\circ}$             | $60^{\circ} 51'$         | $57^{\circ} 27'$   | 905            |
|             |                     |                                       |                          | $61^{\circ} 14'$   | 503            |
| 13          | 2                   | $64^{\circ} 02' - 65^{\circ}$         | $64^{\circ} 01'$         | $64^{\circ} 43'$   | 508            |
|             |                     |                                       |                          | $63^{\circ} 19'$   | 805            |
| 14          | 9                   | $67^{\circ} 41' - 69^{\circ} 48'$     | $68^{\circ} 41'$         | $68^{\circ} 06'$   | 203 *)         |
| 15          | 27                  | $70^{\circ} 58' - 73^{\circ}$         | $71^{\circ} 39'$         | $71^{\circ} 52'$   | 507 *)         |
| 16          | 5                   | $74^{\circ} - 76^{\circ}$             | $75^{\circ} 39'$         | $75^{\circ}$       | 907            |
| 17          | 1                   | $79^{\circ} 55'$                      | $79^{\circ} 55'$         | $80^{\circ} 23'$   | 506            |

\*) sichere Zwillingform.

Wenn man die gemessenen Winkel der Grösse nach aneinander reiht, wie das die obenstehende Tabelle zeigt, fällt sofort auf, dass die Winkel eine fortlaufende, mehrweniger ineinander übergehende Reihe von  $10^{\circ}$  bis  $80^{\circ}$  bilden. Der Uebergang ist stellenweise so auffällig, dass die Zerteilung einzelner gemessener Winkelgruppen, d. h. ihre Gruppierung, um je zwei Mittelwerte, fast gewaltsam erscheint, besonders zwischen den Gruppen 9—10, 11—12 und 14—15—16. Um jedoch festzustellen, ob sich hinter diesen ineinander übergehenden Winkelwerten nicht mehr oder weniger wahrscheinliche Zwillingungsverwachsungen bergen, war die Trennung solcher Reihen von Winkelwerten notwendig, wo sich doch ein grösserer Sprung zeigte. In solchen verschiedenen Reihen von Winkelwerten liegen die Grenzwerte der Messungen so weit voneinander, dass sie sich nicht um einen Mittelwert gruppieren lassen.

Aus der tabellarischen Zusammenstellung erhellt jedoch noch, dass die Zahl der Verwachsungen, die auf Grund ähnlicher Winkelwerte zusammengehören und also um denselben Mittelwert gruppierbar sind, bei Nr. 10, 11, 14 und 15 besonders gross ist. Dieser Umstand zwingt dazu, die hierher gehörigen Verwachsungen, mit Ausnahme der Gruppe Nr. 11, als richtige Zwillinge anzusehen, schon deshalb, weil bei diesen die Zwillingsebene gerade durch die gewöhnlichsten Formen bestimmbar ist ([201] und [203]), wo jedoch die als Zwillingsebene angesehene Form weniger gewöhnlich (507) ist, dort erweist die Tatsächlichkeit der Zwillingungsverwachsung die überwiegend grosse Zahl der Fälle, die keinesfalls als zufällig angesehen werden kann. Was die Verwachsungen unter Gruppe 11 der Tabelle betrifft, so lässt sich, auch gesetzt, dass es echte Zwillinge sind, nicht entscheiden, ob (509) oder (905) Zwillingsebene ist. Diese Kristalle sind daher um dieser Ungewissheit willen in die andere Kategorie der Verwachsungen zu rechnen. Es ist bemerkenswert, dass diese beiden Formen selber ([509] und [905]) bisher am Pseudobrookit nicht nachgewiesen sind.

In dem letzterwähnten Fall haben die Formen (905) und (509) als Zwillingsebenen nahezu gleich grosse Wahr-

scheinlichkeit. Es gibt jedoch auch andere Fälle (Gruppe 2, 3, 13), wo zwei Makrodomen mit entgegengesetztem Index möglich sind, bezw. als Zwillingsebenen in Betracht kommen. Dieses erklärt sich so, dass es sich um Penetrationsdurchwachsung handelt und von zwei auf einander senkrechten Makrodomen, jedes der beiden als Zwillingsebene auftreten kann; die Auswahl entscheidet der Umstand, welches die gewöhnlichere Form ist. Da jedoch beim Pseudobrookit die Werte der kristallographischen a- und c-Achsen ausserordentlich nahe aneinander liegen, sind die Makrodomen mit entgegengesetzten Indices nahezu senkrecht aufeinander.

Ausser den obigen drei Zwillingungsverwachsungen können die übrigen Verwachsungen natürlich durchaus nicht als Zwillinge angesehen werden. Dagegen findet sich auch bei diesen Verwachsungen die Gesetzmässigkeit, dass die Zone der Makrodomen an den verwachsenen Kristallen eine gemeinsame Achse hat, d. h. die kristallographische b-Achse ist gemeinsam. Ausser der Orientierung nach der b-Achse in der Verwachsung verbindet die Kristalle keine andere kristallographische Gesetzmässigkeit, da die Neigung der verwachsenen Kristalle zueinander ganz zufällig ist. Diese gehören daher in die Kategorie der einachsigen Verwachsungen.<sup>1)</sup>

Bei diesen Verwachsungen schwankt die Neigung der verwachsenen Kristalle zueinander in sehr weiten Grenzen ( $10^{\circ}$  bis  $80^{\circ}$ ), innerhalb deren die Mannigfaltigkeit so gross ist, dass dieser Umstand den Pseudobrookit zu einem der besten Beispiele für einachsige Verwachsungen macht. Dies unbegrenzte Schwanken, bezw. das ineinander Uebergehen, das sich bei diesen einachsigen Verwachsungen in der Neigung der Kristallindividuen zueinander zeigt, kommt gleichsam analog in der Ausbildung der einzelnen Flächen an den Pseudobrookitkristallen zum Ausdruck. So war z. B. bei der Messung sehr vieler Kristalle zu beobachten, dass an Stelle der Kante (100) (201) eine oszillierende Reihe ausserordentlich schmaler Flächen erscheint, die häufig in

---

<sup>1)</sup> V. Goldschmidt: Über Heterozwillinge und einaxige Verwachsungen. Zeitschrift für Kristallographie. XLIII. p. 585.

eine Streifung der Fläche (100) einerseits und (210) andererseits übergehen.

Ausser diesen Verwachsungen konnte ich auch andere kristallographische Eigentümlichkeiten des Pseudobrookit beobachten.

So kann ich in erster Reihe erwähnen, dass abweichend von dem gewohnten tafeligen Habitus der Kristalle hier und da sich nicht nur säulige Formen zeigen, die übrigens auch schon Traube<sup>2)</sup> erwähnt, sondern dass seltener auch in der Richtung der b-Achse gestreckte, nadelförmige Kristalle vorkommen, die jedoch meist mehr oder weniger gekrümmt sind.

Die oszillierende Reihe der schmalen Flächen, die die Stelle der Kante (100) (201) einnehmen, spiegelt vor dem Goniometer einen dichten Reflex. Aus diesen Reflexreihen, die an einzelnen Stellen verblassen, oder auch unterbrochen sind, scheiden sich zwar auffälligere Reflexverdichtungen oder auch vereinzelt, aber trübe und unbestimmte Reflexe ab, sie sind jedoch nicht mit solcher Genauigkeit messbar, dass man sie zur Bestimmung von Formen benützen könnte. Es ist indes klar, dass sie die ganze Reihe der spitzern Makrodomen bezeichnen [(16. 0. 1.), (12. 0. 1.), (501), (502)], welche Doss<sup>3)</sup> an Pseudobrookitkristallen nachgewiesen hat, die in der Sodafabrik in Schönebeck (a. d. Elbe) mit andern chemischen Verbindungen zusammen als Sublimationsprodukte gefunden wurden.

Von diesen Domen gelang es, die Form (502) sicher an einem Kristall der Verwachsungsgruppe 18 nachzuweisen. Dieses Doma, welches also für den natürlichen Pseudobrookit neu ist, erscheint am freien Ende des bezeichneten Kristalles mit zwei entwickelten Flächen. Obwohl die Flächen sehr schmal sind, geben sie ungestörte Reflexe, so dass die von Fläche (100) gemessenen Winkel  $21^{\circ} 31'$  und  $21^{\circ} 52'$  ziemlich zuverlässig sind. Der Mittelwert hiervon ist  $21^{\circ} 41\frac{1}{2}'$ ,

<sup>2)</sup> H. Traube: Über Pseudobrookit etc. Zeitschrift für Kristallographie. XX. 1892. p. 330.

<sup>3)</sup> B. Doss: Zeitschrift für Kristallographie. XX. 1892. p. 569 ff.

was befriedigend mit der Form (502) übereinstimmt, bei der dieser Winkel berechnet  $21^{\circ} 32'$  beträgt.

Unter den spitzern Makrodomen ist (401) eine andere neue Form. Diese erscheint an Kristallen der Verwachsungsgruppen Nr. 6, 8, 9 und 54, aber bloß in je einer schmalen Fläche. Es scheint, dass sich die übrigen Flächen dieser Form unter den erwähnten feinen, oszillierenden Flächen verlieren. Die Reflexe der gemessenen Flächen sind im allgemeinen befriedigend und die Grenzwerte der Neigung zu den Flächen (100) betragen  $13^{\circ} 47'$  und  $14^{\circ} 10'$ . Der Mittelwert der beiden zuverlässigsten Messungen (Nr. 6 =  $14^{\circ}$ ; Nr. 54 =  $14^{\circ} 10'$ ) beträgt  $14^{\circ} 05'$  und zeigt bloß eine unwesentliche Abweichung von dem entsprechenden, berechneten Winkel  $13^{\circ} 51\frac{1}{2}'$ , der zu Form (401) gehört.

Das dritte neue Makrodoma (305) ist mit allen 4 Flächen an einem Kristallindividuum der Verwachsung Nr. 22 entwickelt. Diese Flächen sind zwar sehr schmal, geben aber gleichfalls ganz gute Reflexe und ihre Neigungen zu den Flächen (100) betragen  $58^{\circ} 22'$ ,  $58^{\circ} 44'$ ,  $58^{\circ} 23'$  und  $58^{\circ} 25'$ , oder im Mittelwert  $58^{\circ} 28'$ . Berechnet beträgt dieser Winkel bei Form (305)  $58^{\circ} 41\frac{1}{2}'$ .

Die Werte dieser drei neuen Makrodomen können folgendermaßen zusammengefasst werden

| Form  | Kanten-<br>zahl | Anzahl<br>der<br>Kristalle | Winkelgrenzwerte<br>von (100) aus<br>genommen | Mittelwert                  | Berechneter<br>Winkel       |
|-------|-----------------|----------------------------|-----------------------------------------------|-----------------------------|-----------------------------|
| (502) | 2               | 1                          | $21^{\circ} 31' - 21^{\circ} 52'$             | $21^{\circ} 41\frac{1}{2}'$ | $21^{\circ} 32'$            |
| (401) | 4               | 4                          | $13^{\circ} 47' - 14^{\circ} 10'$             | $14^{\circ} 05'$            | $13^{\circ} 51\frac{1}{2}'$ |
| (305) | 4               | 1                          | $58^{\circ} 22' - 58^{\circ} 44'$             | $58^{\circ} 28'$            | $58^{\circ} 41'$            |



# ZOBODAT - [www.zobodat.at](http://www.zobodat.at)

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Verhandlungen und Mitteilungen des Siebenbürgischen Vereins für Naturwissenschaften zu Hermannstadt. Fortgesetzt: Mitt.der ArbGem. für Naturwissenschaften Sibiu-Hermannstadt.](#)

Jahr/Year: 1926/1927

Band/Volume: [77\\_1](#)

Autor(en)/Author(s): Balogh Ernst

Artikel/Article: [Kristallzwillinge und andere regelmässige Verwachsungen des Pseudobrookit vom Aranyer Berg. 64-78](#)