

Original-Mitteilungen an die Redaktion.

Trachtstudien an einem geschichteten Turmalinkristall.

Von **Herm. Tertsch** (Wien).

Mit 6 Textfiguren.

In der ungewöhnlich reichhaltigen und wertvollen Edelsteinsammlung des Herrn Hofrates A. v. LOEHR befindet sich eine in Platten zerlegte Turmalinsäule von etwa 9 cm Höhe und $4\frac{1}{2}$ cm Dicke. Der äußerlich faßt undurchsichtig schwarz erscheinende Kristall ist durch Schnitte normal zur Hauptachse, mit deren einem Ende er angewachsen war, in 10 Teile zerlegt. Von dem Basisteil mit etwa $1\frac{3}{4}$ cm Höhe ist bloß eine, durch einen radialen Längsschnitt begrenzte Hälfte vorhanden. Darauf folgen 8 Platten parallel der Basis mit fast durchgehends 4 mm Dicke und endlich der gut ausgebildete Kristallkopf mit etwa $2\frac{3}{4}$ cm Höhe¹. Sowohl die 8 Platten, wie der Kopf, liefern vollständige Querschnitte durch den Kristall.

Die prächtigen Zeichnungen in den Querschnitten, der bunte Wechsel von grauen, rosa, lichtgrünen, faulgrünen und fast schwarzen Schichten mit nahezu farblosen Zwischenlagen und die dank der systematischen Zerlegung des Kristalles gebotene Möglichkeit, jede einzelne, durch ihre Farbe charakterisierte Anwachs-schicht durch mehrere Platten zu verfolgen, ließen eine genauere Durchmessung des Kristalles im Hinblick auf die ziffernmäßige Verfolgung des Schichtbaues ungemein verlockend erscheinen.

¹ Die Summe der angegebenen Höhen und Schichtdicken ist wesentlich kleiner als die mit 9 cm bemessene Gesamthöhe. Das hat seinen Grund darin, daß bei dem Zersägen des Kristalles mit einem nicht unbeträchtlichen Abfall zwischen je 2 Platten gerechnet werden muß. Die Ermittlung der durch das Zerschneiden verlorengegangenen Zwischenschichten läßt sich mit ziemlicher Sicherheit durchführen. In der Prismenzone laufen an mehreren Stellen Wachstumsunregelmäßigkeiten (Abformungsflächen anderer Körper?) schräg über die Prismenflächen weg. Eine hiervon, welche, stark geneigt, außen über eine Reihe von Platten hinzieht, ist ziemlich geradlinig begrenzt. Das einfache Aufeinander-schichten der Platten läßt diese Linie treppenartig zerstückelt erscheinen. Legt man die Platten so weit auseinander, bis sich diese Störungslinie zu einer Geraden ergänzt, so sind damit die beim Zersägen und nachfolgenden Polieren verlorengegangenen Zwischenschichten ziemlich genau wieder hergestellt. Die Abstände von Platte zu Platte betragen danach etwas mehr als je 1 mm.

Es ist dem Verfasser ein Bedürfnis, Herrn Hofrat v. LOEHR auch hier noch für die Überlassung des selten schönen Untersuchungsmateriales herzlichst zu danken.

Der Kristall, dessen Fundort leider nicht genau feststeht¹, hat eine nur wenig exzentrisch gelagerte Spitze und zeigt diesen ziemlich regelmäßigen Aufbau auch in allen seinen Querschnitten, demzufolge es leicht ist, in der etwas konvex gekrümmten Ansatzfläche der Basis den wahrscheinlichsten Keimpunkt des wachsenden Kristalles zu rekonstruieren. Wenn auch keinerlei Reste des Muttergesteines an dem Kristalle erhalten sind, deutet doch das Aussehen des Basisteiles darauf hin, daß der Kristall entweder wirklich

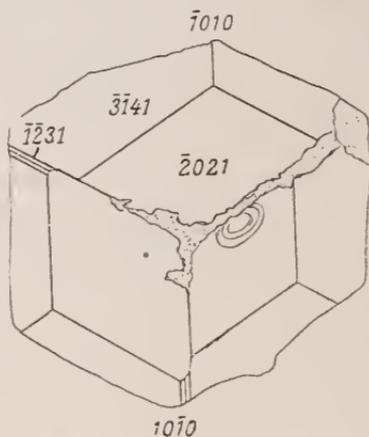


Fig. 1.

vollständig von der Unterlage abgehoben ist, oder der etwaige zurückgebliebene Rest nur ganz unbedeutend sein kann, weshalb man den tiefsten Basispunkt, der genau unterhalb der Spitze des Kristalles zu liegen kommt, als wahrscheinlichsten Keimpunkt ansehen darf.

Der Kopf des Kristalles wird durch das Rhomboeder 0221 ($-2R$) und durch ditrigonale Pyramiden begrenzt (Fig. 1). Die Spitze und einige Kanten sind etwas abgestoßen, aber leicht rekonstruierbar. Das glatte, glänzende und auffallend einheitlich ausgebildete Rhomboeder wird hauptsächlich von der nur wenig schmaler entwickelten ditrigonalen Pyramide $13\bar{4}1$ begleitet, welche mit (2021) und dem Prisma $(11\bar{2}0)$ in Zone liegt. Die Pyramide $13\bar{4}1$ besitzt

¹ A. v. LOEHR teilte mir mit, daß als Fundort „Madagaskar“ angegeben werde, doch ist, wie bei vielen anderen Fundortsangaben der Juwelenhändler, damit leider keine Gewähr für die Richtigkeit gegeben. HIRZKE (Handbuch der Mineralogie) zitiert einen Fundort „Tamawate“ in Madagaskar.

durchgehends matte, etwas unruhig, wie eine gegossene Masse aussehende Flächen. Nur in der Form schmalster Kantenabstumpfungen ist noch eine weitere ditrigonale Pyramide (2131) ausgebildet. Sie liegt in je zwei Flächen an den scharfen Kanten der Form (1341) und bildet mit letzterer parallele Kanten. Die sehr kleinen Kanten gegen das Rhomboeder laufen parallel der kurzen Diagonale dieser Fläche (// vertikale Symmetrieebene). Durch diese Angaben ist die bezeichnete Form festgelegt.

Die Prismenzone ist, wie bei Turmalinen in der Regel, sehr stark vertikal gestreift. Im wesentlichen entspricht der sechseckige Querschnitt der Spur des Prismas (1120). Die theoretischen Vertikalanten dieses Prismas sind gerundet und lassen eine (1010)- und ($\bar{1}$ 010)-Ausbildung mehr erraten als direkt mit dem Maßstabe messen. Hierbei ist das trigonale Prisma (1010) etwas schärfer angedeutet als das analoge Prisma ($\bar{1}$ 010). Die (1120)-Flächenkomplexe werden nur zum kleinsten Teile von dieser Form selbst gebildet. In der Hauptsache ist es ein dem (1120) nahestehendes ditrigonales Prisma (oder mehrere solche), welches in oszillierender Kombination die dichte, sehr unruhige Vertikalstreifung der Prismenzone liefert¹. Die Unmöglichkeit, die feine Oszillationsriefung für Trachtstudien zu verwenden, ließ von einer rein kristallographischen Verfolgung der einzelnen Flächenanteile in der Prismenzone Abstand nehmen, um so mehr, als die 1120 mit hinreichender Genauigkeit als Trachtträger angesetzt werden kann.

Aus den zahlreichen Einzelbeschreibungen von Turmalinkristallen, wie solche insbesondere G. VOM RATH von den Elbaner Vorkommen geliefert hat (vgl. auch hiezu HINTZE p. 345), erhellt, daß das in bezug auf die pyroelektrische Erregbarkeit antilogene Ende der Vertikalachse zumeist durch das Rhomboeder (2021), das analoge Ende durch das Rhomboeder (0112) ausgezeichnet ist, wobei letzteres Ende häufiger frei entwickelt sein soll. In unserem Falle ist das Ende mit (2021), also nach dem eben Gesagten der antiloge Pol frei ausgebildet. Eine Überprüfung des Basisstückes auf die Art seiner pyroelektrischen Erregbarkeit ergab in der Tat bei der Abkühlung die rauhe Basisfläche als negativ, die geschnittene Oberseite positiv geladen, d. h. die Unterseite entspricht dem analogen, die Spitze dem antilogen Pol des Kristalles.

Es ist von vornherein selbstverständlich, daß die einzelnen verschiedenfarbigen Schichten auch in ihrer elektrischen Polarität streng parallel gerichtet sein müssen und demnach alle das antiloge Ende nach außen kehren. Tatsächlich ist auch im ganzen Verlaufe der Untersuchung der einzelnen Platten an keiner einzigen

¹ In der Literatur (vgl. hiezu die ausführliche Zusammenstellung in HINTZE'S „Handbuch . . .“) wird ein Prisma 8.5.13.0 angeführt. Dieses, oder ein denselben nahestehendes Prisma ist jedenfalls am Aufbau beteiligt.

Stelle eine Andeutung des Grundrhomboeders (1011) und der Fläche (0112) zu beobachten gewesen; im Gegenteil beschränkten sich die inneren Schichten zumeist auf die Kombination der Prismenzone mit (2021).

Wie sich bei der ganzen Art des Problem es von selbst versteht, konnte nur jene Methode der Trachtmessung angewendet werden, wie sie zuerst in der Studie über die „Kristalltrachten des Zinnsteines“ und dann auch von F. BECKE bei dem Studium der Plagioklaszwillingstrachten¹ benützt wurde, d. h. es mußten aus Kantenlängen, Flächenbreiten und ähnlichen Messungsdaten unter Verwendung vielfacher Hilfskonstruktionen die Zentraldistanzen (Zd) ausgewertet und auf den Idealkristall umgerechnet werden². Die nach dieser Methode ermittelten „relativen Zd“ des gesamten Kristalles sind folgende:

Zd	1010	1010	1120	2021	3111 ³	2131	0001
Gemessen . .	2,36	2,38	2,10	6,32	5,05	6,31	(8,92)
Relativ . .	0,606	0,612	0,540	1,625	1,298	1,622	(2,293)

Eingeklammerte Zahlen bedeuten virtuelle Zd.

Wachstumsverhältnisse der einzelnen Schichten.

Die Untersuchung gewann erst an Interesse, als der Versuch unternommen wurde, das Wachstum der einzelnen Schichten messend zu verfolgen. Um zunächst ein Bild von dem Aussehen der einzelnen Platten zu geben, sei auf die Figurenreihe der Abb. 2 verwiesen, welche jeweils die Oberseite einzelner Turmalinplatten darstellt. Raummangelshalber konnte nur jede zweite Platte abgebildet werden. Dabei sind die Platten von unten angefangen fortlaufend numeriert (1—8). Da die Rhomboeder und ditrigonalen Pyramiden schräg zur Plattenfläche liegen, sind die Unterseiten in ihren Abmessungen der verschiedenfarbigen Schichten natürlich etwas anders. Gerade durch diese leicht feststellbare Tatsache lassen sich die Pyramiden leicht von den Flächenanteilen der Prismenzone, die auf Ober- und Unterseite gleiche Abmessungen besitzen, unterscheiden. Um die Lage und noch mehr die Mächtigkeit

¹ TSCHERM. Min.-petr. Mitt. 29, p. 445. 1910.

² Vgl. hiezu die ausführlichere Zusammenstellung über hiehergehörige Probleme in des Verfassers „Neuere Studien über Kristalltrachten“. Fortschritte der Miner., Krist. u. Petr. 2, p. 41. 1912.

³ Für die stumpfe Kante der ditrigonalen Pyramide ist die gemessene Zd = 5,18, die zugehörige relative Zd = 1,332.

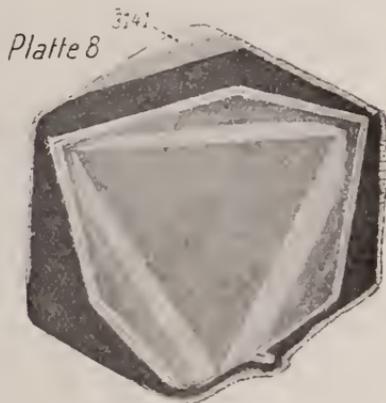
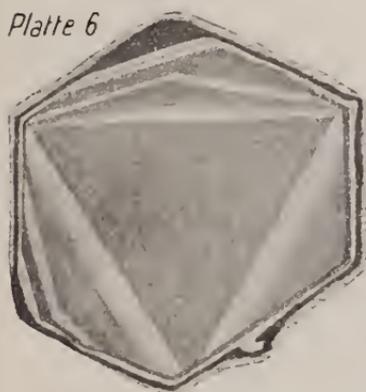
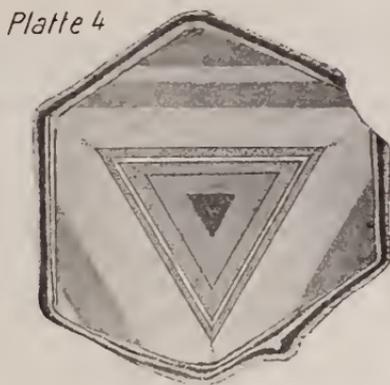
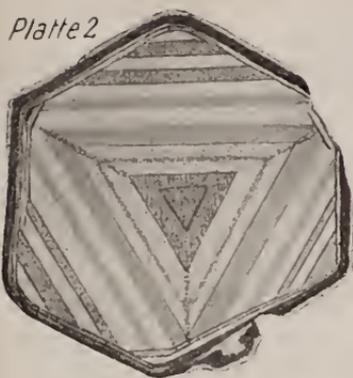


Fig. 2. Oberansicht der Platten 2, 4, 6, 8 in natürlicher Größe.

(Punktiert = Rosa, strichpunktiert = Lichtbraun, vertikal schraffiert = Grau, letzteres schimmert durch die Rosa-Oberschichte durch. Das übrige sind verschiedene Abstufungen von Grün. Vgl. hierzu auch den Längsschnitt Fig. 3.)

keit¹ der Einzelschichten genau einzutragen, wurde ihr jeweiliger Schnitt mit der Oberseite bzw. Unterseite sorgfältig unter der Lupe mit $\frac{1}{10}$ mm-Maßstab gemessen und in einem Vertikalschnitt in Profilform eingetragen (Fig. 3). So ergänzten sich die übereinandergeschichteten Platten in ihren Profilen bald zu einem voll-

¹ Ein gutes Mittel, die infolge der Schräglage der Flächen verschwommene Abgrenzung der Schichtpakete zu beseitigen, besteht darin, daß man die Platten derartig schräg gegen das Licht hält, daß die Schichte (z. B. des Rhomboeders) genau parallel zu den Lichtstrahlen liegt. Dadurch läßt sich die wahre Mächtigkeit der Schichte in voller Schärfe abmessen und gleichzeitig auch eine reinliche Scheidung der oft ungemeyn arten, verschieden abgetönten Schichten vornehmen.

ständigen Längsdurchschnitt, der hinreichende Anhaltspunkte für die Abmessungen der einzelnen Schichten bot.

Wie schon an den Platten selbst erkennbar, konnten die grünen, die farblosen und die roten Schichten ziemlich scharf gesondert werden. Die saftgrünen und faulgrünen Schichten boten dagegen in der Abgrenzung so bedeutende Schwierigkeiten, daß man mehrfach gezwungen war (besonders wegen der ungemein geringen Prismenentwicklung), mehrere solcher zu einer gemeinsamen Schichte zu vereinigen¹.

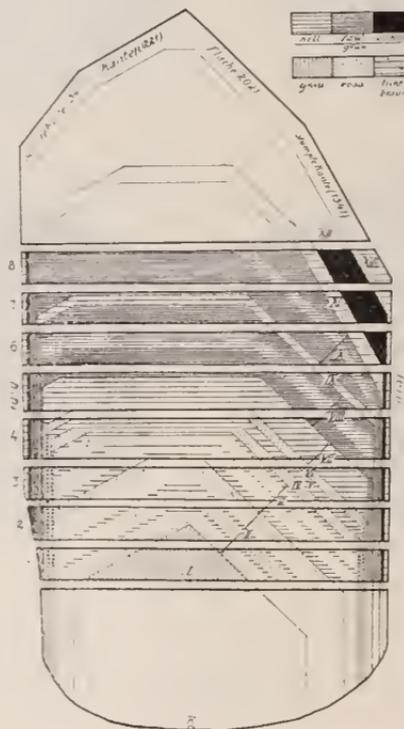


Fig. 3. Ein unkorrigierter Längsschnitt 10i0—10i0.

Eine ganz seltsame Erscheinung zeigten die Rosaschichten. Diese scheinen in den Platten 1—4 förmlich von den Rhomboederkanten auszustrahlen (Fig. 2). Diese Kanten sind im Gebiete der Rosaschichten selbst intensiver gefärbt und ragen auch noch in die andersfarbigen Schichten hinein. Die intensivere Färbung in den Kanten erinnert an die analog geformte Schmutzansammlung in den Kanten mancher wachsender Gipskristalle. Eine Konzentrierung

¹ Der Pleochroismus kommt dabei kaum in Frage, da alle Beobachtungen und Messungen so vorgenommen werden mußten, daß das Licht parallel oder mindestens angenähert parallel zur Hauptachse hindurchging.

des „Farbstoffes“ ist aber schon deshalb ausgeschlossen, weil die Farbe sicherlich nicht als Fremdkörper dem Kristalle zugehört, sondern ihm gemäß seiner chemischen Zusammensetzung eigen ist.

Versucht man sich ein Bild zu machen, wie der wachsende Kristall unmittelbar nach der Ablagerung der Rosaschichte ausgesehen haben könnte, so gewinnt man den Eindruck, als wäre der Kristallkopf sehr stark skelettartig gewachsen und hätte an Stelle der Rhomboeder tiefe Kassetten besessen, die durch die folgende, anders gefärbte und anders zusammengesetzte Schichte wieder ausgeheilt wurden. Eine wirklich allseits befriedigende Erklärung dieser lichtroten Kantenfortwachungen ist bisnun noch nicht gelungen.

Im übrigen sei hinsichtlich der Farbverteilung auf die Figuren-erklärungen von Fig. 2 und 3 verwiesen.

Mit der Rekonstruktion eines aus den Einzelabmessungen entsprechendem schematisierten Profilschnittes waren die wesentlichsten Vorbedingungen für die folgenden Auswertungen gegeben.

Es ist eine logische Grundannahme, daß die Zentraldistanzen (Zd) proportional den Wachstumsgeschwindigkeiten sind, letztere sind aber bei geschichteten Kristallen proportional der Schichtdicke. Fragt man, wie der Kristall aussähe, wenn die betreffende Schichte allein von einem Keimpunkt gewachsen wäre, so hätte man sich einfach vorzustellen, daß vom Keimpunkt aus die gemessenen Schichtdicken in den entsprechenden Richtungen als Zd aufgetragen sind. Für das Wachstum ist nicht die Masse der an einer Fläche angelagerten Schichte maßgebend, sondern das Verhältnis der in derselben Zeit auf den einzelnen Oberflächenanteilen gewachsenen Schichtdicken. Anders ausgedrückt: Der Querschnitt des der Schichte entsprechenden Idealkristalles ist nicht flächengleich mit der gemessenen Querschnittsfläche der Schichte, sondern die, bestimmten Flächennormalen zukommenden, gemessenen Schichtbreiten geben allein die Maße für die Konstruktion des Idealschnittes.

Dabei ergibt sich allerdings sehr häufig der Fall, daß die gemessenen Schichtdicken (= Zd) untereinander nicht verträglich sind. BECKE unterschied bekanntlich reelle und virtuelle Flächen, welche letztere genau die Kombinationskante der zonar benachbarten Flächen tangieren, also nicht mehr als Flächen (Kanten- oder Eckenabstumpfung) zur Ausbildung kommen. Geht man z. B. vom Querschnitt mit gegebener 1120-Zd aus, so müßte eine reelle 1010-Zd kleiner, eine virtuelle 1010-Zd genau gleich sein der halben Diagonale des von der (1120) gebildeten Sechseckes. In unserem Falle ist aber die Zd 1010 öfters größer als dieser höchstzulässige Wert. Es liegen keine Messungsfehler vor, ebensowenig darf aber diese Tatsache vernachlässigt werden. Die Wachstumsmechanik von Schichtkristallen gibt leicht Aufklärung. Man darf eben nie vergessen, daß eine neue Schichte

nicht von einem idealen Keimpunkt aus wächst, sondern von einer schon gegebenen, ihr eigentlich fremden Kernform. Dieser Kern trägt z. B. Flächen, die für die wachsende Schichte virtuell sein sollen, d. h. gar nicht zu erwarten wären. Da muß nun zuerst durch übertriebenes Wachstum diese schichtfremde Fläche zum Verschwinden gebracht, also der für die betreffende Schichte normale Zustand einer virtuellen Fläche in dieser bestimmten Richtung hergestellt werden, ehe das Wachstum so fortschreiten kann, als wäre der Kristall einheitlich vom Keimpunkt aus gewachsen. Es ist genau der gleiche Vorgang wie beim Ausheilen einer abgebrochenen Ecke oder Kante eines Kristalles. Eine einfache Überlegung zeigt sofort, daß z. B. die Kante eines Würfels nie völlig auszuheilen vermöchte, wenn man annähme, daß in der Diagonale die wachsende Schichtdicke bloß $\sqrt{2}$ mal so groß wäre, wie die Dickenzunahme der Würfelfläche, ein Verhältnis, welches tatsächlich bei dem unbeschädigten Würfel besteht (vgl. hiezu Fig. 5 u. 6). Es würde zwar die relative Größe der Verwundung abnehmen, zu Null würde sie aber erst dann, wenn die anderen Flächen unendlich groß würden, was natürlich unmöglich ist. Nun sieht man aber tatsächlich an Kristallen Ausheilungen in kürzester Frist, richtiger gesagt, in kürzestem Abstände von der Wunde erfolgen, ohne eine Spur der Verletzung zu hinterlassen. Demnach muß auch hier ein Wachstum angenommen werden, welches größer ist, als dies durch die einfache virtuelle Zd dieser Richtung gekennzeichnet wird. Wir wollen diese übermäßig vorausseilenden, dem Ausheilen förderlichen Zd als „supervirtuelle Zd“ den einfach virtuellen gegenüberstellen.

Für die Bestimmung der Tracht scheinen sie bei der Aufertigung der üblichen Risse keine Bedeutung zu haben. Sie können einfach auf die gewöhnlichen virtuellen Zd umgerechnet werden, da sich in den supervirtuellen Zd ja nur die Beziehung zu der schichtfremden Kernform ausdrückt, nicht aber der dieser Schicht zukommende Eigencharakter rein zum Vorschein kommt.

Da, wie oben auseinandergesetzt, das zur Berechnung der relativen Zd nötige „Volumen“ nicht jenes der Schichte, sondern jenes des mit den Schichtdicken (= Zd) konstruierten Schemakristalles ist, fallen die supervirtuellen Zd aus der Berechnung aus. Sie zeigen nur an, daß in dieser Richtung der Kristall sich so verhält, als wäre er verwundet und müßte ansheilen. Das Ausheilen kann nun höchstens dazu führen, daß die betreffende Zd endlich den echten virtuellen Grenzwert erreicht. In den einzelnen aufeinanderfolgenden Stadien des Ansheilens wäre das Verhältnis derartig, daß die zunächst miteinander nicht verträglichen reellen und supervirtuellen Zd sich allmählich in ihrem Verhältnis verschieben und sich das Wachstumsgleichgewicht so bis zur Ausbildung echt virtueller Zd hinaufentwickelt.

Die folgende Tabelle (p. 282) gibt die nach den angegebenen Gesichtspunkten erschlossenen reellen, virtuellen (\circ), bzw. super-virtuellen [\square] Zd der einzelnen unterscheidbaren Schichten.

Im einzelnen sei hierzu noch folgendes bemerkt (vgl. Fig. 3).

Schichte I = Kern. Von dem grauen Kern ist nur der Kopf mit 2021 bzw. virtueller 0001 verlässlich zu ermitteln gewesen. Die Prismenzone ist hypothetisch. Im Basisstück sieht man bei scharfer Durchleuchtung die 2021-Fläche und Parallele hiezu in Form scharfer Spurlinien noch ziemlich tief abwärts, schräg gegen außen verlaufen. Auf der 10 $\bar{1}0$ -Seite dagegen (entsprechend der 2021-Kante) sind solche Spuren nicht zu sehen. Auf Grund dieser Wahrnehmungen sind in der Zeichnung (Fig. 3) die Umgrenzungslinien des Basisstückes eingetragen.

Eine irgendwie erkennbare Andeutung trigonaler Prismenentwicklung (10 $\bar{1}0$ oder $\bar{1}010$) im Kerne wurde nicht beobachtet, weshalb die trachtbeherrschende 1120-Fläche auch hier als die alleinige Formträgerin angesehen wurde.

Schichte II. Diese ist eigentlich aus mehreren, nicht scharf abgrenzbaren, sehr hellfarbigen Einzelschichten zusammengesetzt und gegen innen und gegen außen je durch eine deutlich rosafarbige Lage begrenzt. Im Innern wechseln sehr blaß rosa und grün gefärbte, zarte Schichten miteinander ab. Hier waren auch die trigonalen Prismen 10 $\bar{1}0$ und $\bar{1}010$, ersteres in stärkerer Flächenbreite, also geringerer Schichtdicke entwickelt; gleichzeitig war eine starke Wachstumsverminderung in der Hauptachse zu beobachten.

Die Schichte II mit ihren durchwegs reellen Flächen ist auch jene, welche sich in ihrer Tracht am meisten dem Gleichgewichtszustande nähert, d. h. bei der die einzelnen Zd nahezu gleich sind und fast den Wert = 1 aufweisen.

Schichte III. Die folgende, nahezu farblose, schwach grünliche Schichte zeigt eine Verschiebung in der Prismenzone insofern, als die 10 $\bar{1}0$ im Wachstum voreilt, die $\bar{1}010$ dagegen zurückbleibt, so daß mit 1120 und 1010 ein neunseitiges Prisma entstünde, wäre diese Schichte allein gewachsen¹. Das Wachstum in der Hauptachse ist wieder gestiegen.

Schichte IV. Diese deutlich rosafarbige Schichte ist wieder durch ein starkes Zurücktreten des Längenwachstums auffallend.

Schichte V. In dieser grünen Schichte ist im Gegensatz zu IV das Längenwachstum mächtig gefördert.

¹ Schon von Schichte II an, sicher aber von Schichte III an, lassen sich die Verhältnisse in der Prismenzone ganz gut messen, so daß hier keine hypothetischen Werte der Zd eingesetzt erscheinen. Die scharfen, in den einzelnen, geschliffenen Platten sichtbaren Querschnitte durch die einzelnen Prismenanteile der 12 Anwachsschichten lassen die Schwankungen in der Wichtigkeit der die Tracht bestimmenden Prismenflächen gut verfolgen.

Gemessene Zd in mm					Schichte	Relative Zd						
1010	1010	1120	2021	3141		0001	1010	1010	1120	2021	3141	0001
(14,0)	(14,0)	12,3	18,02	—	25,7	I grün	(0,845)	(0,845)	0,732	1,071	—	(1,529)
5,4	6,4	6,3	7,3	—	7,5	II rosa u. grün sehr hell	0,776	0,920	0,905	1,053	—	1,077
(0,8)	0,6	0,7	(3,3) [5,2]	—	4,0	III farblos schwachgrünl.	(0,457)	0,343	0,400	(1,89) [2,98]	—	2,29
(0,345) [0,8]	(0,345) [0,8]	0,3	(0,6) [1,22]	—	0,5	IV rosa	(0,827) [1,915]	(0,827) [1,915]	0,717	(1,435) [2,92]	—	14,96
(0,115) [0,2]	(0,115) [0,2]	0,1	(0,84) [1,03]	—	1,1	V grün	(0,440) [0,763]	(0,440) [0,763]	0,382	(3,21) [3,93]	—	4,20
(0,24) [0,4]	0,24 [0,3]	0,2	(0,53) [0,86]	—	0,5	VI rosa	(0,702) [1,216]	(0,702) [0,913]	0,608	(1,611) [2,605]	—	1,520
(0,24) [0,5]	0,2	0,2	(3,0) [3,2]	—	4,0	VII licht bräun- lichgrün	(0,372) [0,775]	0,310	0,310	(4,65) [4,96]	—	6,200
(0,37) [0,40]	(0,37) [0,40]	0,33	6,0	—	(8,2) [9,0]	VIII fangrün	(0,332) [0,348]	(0,332) [0,348]	0,287	5,216	—	(7,128) [7,825]
(0,123) [0,15]	(0,123) [0,15]	0,1	(0,8)	—	(1,0)	IX grün	(0,434) [0,564]	(0,434) [0,564]	0,376	(3,006)	—	3,760
(0,25)	(0,25)	0,20	(4,54) [8,7]	3,123	(6,4) [13,4]	X fangrün	(0,330)	(0,330)	0,286	(6,567) [12,429]	4,465	(9,143) [19,143]
(0,25)	(0,25)	0,22	(1,00) [1,8]	(1,20) [1,854]	2,0	XI grün	(0,125)	(0,125)	0,411	(2,985) [3,359]	(2,240) [3,460]	3,730
0,45	(0,50)	0,45	7,5	(5,36)	(11,0) [14,3]	XII schwarzgrün	0,301	(0,348)	0,301	5,016	(3,590)	(7,375) [9,580]
0,5	(0,64) [0,7]	0,533	3,2	(2,39) [2,44]	(4,65) [5,2]	XIII lichtbraun	0,372	(0,476) [0,5203]	0,3965	2,380	(1,780) [1,815]	(3,460) [3,865]

Schichte VI verhält sich fast genau wie Schichte IV.

Die dreiseitigen Pyramidenstümpfe, gebildet aus rosa, grün und wieder rosa gefärbten, übereinandergestülpten Kappen, verleihen der 4. Platte (vgl. die Fig. 3) einen ganz besonderen Farben- und Formenreiz, der sich leider in einer einfachen Oberflächendarstellung nicht im entferntesten wiedergeben läßt (vgl. Fig. 2).

Schichte VII. Diese lichtgrüne Schichte hat einen Stich ins Braune und weicht dadurch von der Schichte V ab. Neben dem Längenwachstum ist neuerlich die Ausbildung des trigonalen Prismas $\bar{1}010$ bemerkenswert.

Schichte VIII. Von hier ab wird insbesondere die Bewertung des Wachstums in der Richtung der c-Achse ungemein schwierig, was teils mit der größtenteils dunkelfaulgrünen Eigenfärbung, teils mit dem raschen, aber nicht scharfen Wechsel dunkler und heller Schichten im Zusammenhang steht. So mußten trotz deutlich erkennbarer Mittelschicht in Schichte VIII zwei dunkle und eine helle Lage vereint behandelt werden.

Verläßlich sind außer der Prismenzone die 2021 -Messungen; der Zd_{0001} haftet schon eine gewisse Unsicherheit an, immerhin dürfte aber, wie aus der Platte 7 erhellt (Fig. 3), die Bewertung nicht allzu große Fehler enthalten. Das rasche Wachstum in der c-Richtung ist zweifellos. Der gemessene oder messend geschätzte supervirtuelle Wert unterscheidet sich nur wenig von dem echten, aus 2021 resultierenden virtuellen Wert der Zd_{0001} .

Schichte IX. Die scharf ausgeprägte lichtgrüne Schichte ermöglichte recht gute Messungsergebnisse, die sich mit jenen von Schichte V decken.

Schichte X. Hier ist ein ähnlicher Fall wie bei Schichte VIII. Auch bei diesem dunkelfaulgrünen Schichtpaket war eine hellere Mittelschicht erkennbar, aber zur Messung nicht verwendbar. Gleichwohl wurde sie zur sichereren Einschätzung der hypothetischen Zd_{0001} benützt. Ganz besonders interessant ist das erstmalige Auftreten der ditrigonalen Pyramide $(31\bar{1}1)$ ¹. Sie vor allem deutet darauf hin, daß seit der kräftigeren Entwicklung der grünen Schichten das Längenwachstum stark gesteigert wurde, treten doch nach F. BECKE derartige „Notflächen“ mit Vorliebe als Vermittler zwischen einer langsam wachsenden (Prismen-) Zone und einer rasch voraneilenden Flächengruppe (Spitze) auf.

Schichte XI. Innerhalb der Platten 5—8 bildet diese hellgrüne Schichte neben der Prismenzone nur noch die ditrigonale

¹ Im Profil ist natürlich nur die stumpfe Kante der $31\bar{1}1$ -Pyramide zu sehen. Da die Flächennormale selbst von der Schnittebene des Profils nicht weit abliegt, gibt diese Kantenprojektion trotzdem ein recht anschauliches Bild von der Lage der für unsere Kombination so bezeichnenden Fläche $31\bar{1}1$.

Pyramide ans. Weder 2021 noch 0001 sind erkennbar, da diese sich in dem ganz undurchsichtigen Kopfe bergen. Die Eintragung der Schichtbegrenzung wurde hypothetisch unter der Voraussetzung vorgenommen, daß von Schichte X an bis zur äußeren Umgrenzung die ditrigonale Pyramide ziemlich konstanten Anteil an der Tracht nimmt, also kaum noch tiefer in den Kristallkopf hineinführen kann, und daß im übrigen sich diese grüne Schichte ähnlich verhalten werde, wie die schon unter günstigeren Bedingungen gemessenen Schichten V und IX.

Schichte XII. Auch bei der schwarzgrünen Schichte, der dunkelsten des ganzen Kristalles, ist die Bewertung von 2021 und 0001 unsicher, wogegen die anderen Werte, insbesondere die reelle 1010 sicherstehen. Da der Kopf kaum an den Kanten durchscheinend war, wurde der dunkle Anteil des Kopfes als ziemlich dicht unter die Oberfläche reichend angenommen.

Schichte XIII. Die letzte Schichte ist auffallend licht, ausgesprochen braun. Hier ist zum ersten Male die äußerlich erkennbare 2131 entwickelt. Von ihrer Auswertung hinsichtlich der Schichte XIII allein wurde abgesehen. Auch hier ist das trigonale Prisma 1010 auffällig.

Bei allen Schichten, deren 0001-Entwicklung innerhalb des undurchsichtigen Kopfes liegt, wurde die Annahme gemacht, daß die Größe der hypothetischen 0001-Fläche der einzelnen Schichten sich gesetzmäßig von der letzterkennbaren Flächenbreite der 0001 (in Platte 7) zur Spitze verjüngt.

Die gleiche Färbung einzelner Schichten ist von gleichartigen Verhältnissen der Z_d begleitet, woraus sich schließen läßt, daß in diesem Einzelfalle den einzelnen Farben auch ganz bestimmte Wachstumstypen entsprechen.

Sehr nahe übereinstimmend sind die Rosaschichten IV und VI, ebenso die grasgrünen Schichten V, IX und XI und endlich die dunkel faulgrünen Schichten VIII und X. Dadurch verringert sich die Typenzahl auf 9.

Die Vereinigung der nahezu gleichen und gleichfarbigen Schichten zu Trachtmittelwerten liefert folgende Zahlen für die relativen Z_d¹:

Farbe	1010	1010	1120	2021	3141	0001
rosa	(0,766)	(0,766)	0,663	(1,45)	—	1,358
grasgrün . .	(0,450)	(0,450)	0,390	(3,05)	2,24	3,900
faulgrün . .	(0,330)	(0,330)	0,236	(5,56)	3,80	(7,75)

¹ Zur Ermittlung dieser Daten wurden jeweils die Mittelwerte der reellen Z_d von 1120 und 0001 (bzw. 2021) genommen und die übrigen virtuellen Z_d auf dieser Grundlage ausgewertet.

Mit diesen Angaben ist die Fig. 4 gezeichnet, bei welcher durch Eintragung der Zd in den entsprechenden Richtungen innerhalb der Zonen $[0001-\bar{1}010]$ und $[\bar{1}010-10\bar{1}0]$ die gegenseitigen Beziehungen zum Ausdruck gebracht werden. Dabei ist die eben geschilderte Zusammenfassung einzelner Trachten zu Mittelwerten der Konstruktion zugrunde gelegt.

Die folgende Tabelle läßt im Vergleich mit Fig. 4 (p. 286) gewisse charakteristische Trachteigentümlichkeiten der verschieden gefärbten Schichten erkennen, welche, nach Trachttypen zusammengestellt, etwa folgendes Bild geben.

Farbe und Schichtnummer	Prismenzone	Ansbildung des Kopfes	Längenwachstum (kleinste Zd_{0001} dient als Einheit)
sehr blaß. rosa und grün wechselnd II	neben $11\bar{2}0$ beide trigonale Prismen ($10\bar{1}0$ und $\bar{1}010$)	endigt mit 0001 und Rhomboeder ($20\bar{2}1$)	1
rosa IV, VI	$11\bar{2}0$ allein	0001 allein	fast = 1
grasgrün V, IX, XI	$11\bar{2}0$ allein	0001 allein ($20\bar{2}1$ und $31\bar{4}1$ virtuell)	4
farblos III	neben $11\bar{2}0$ nur das negative Prisma $\bar{1}010$	0001 allein	2
licht bräunlichgrün VII	neben $11\bar{2}0$ nur das negative Prisma $\bar{1}010$	0001 allein	6
grau I	$11\bar{2}0$ allein	spitz mit $20\bar{2}1$ endigend	$1\frac{1}{2}$
lichtbraun XIII	neben $11\bar{2}0$ noch das positive Prisma $10\bar{1}0$	spitz mit $20\bar{2}1$ endigend	$3\frac{1}{2}$
schwarzgrün XII	neben $11\bar{2}0$ noch das positive Prisma $10\bar{1}0$	spitz mit $20\bar{2}1$ endigend	7
faulgrün VIII, X	$11\bar{2}0$ allein	spitz mit $31\bar{4}1$ endigend	$7\frac{1}{2}$

Die Zusammenstellung läßt erkennen, daß eine einfache, lineare Beziehung zwischen der Farbintensität oder einer bestimmten Farbenfolge und der Trachtänderung nicht besteht. Die Anordnung nach dem Verhalten des Längenwachstums, oder der Prismen-

zone oder nach der Form der Kopfausbildung führen jeweils zu verschiedenen Reihen, was insofern vorauszusetzen war, als die verschiedenen durch die Färbung markierten Turmaline ein derartig kompliziertes chemisches System darstellen, daß eine lineare Verschiebung der Konstanten kaum erwartet werden durfte.

Leider ist die Paragenesis des Turmalinkristalls absolut unbekannt und macht es dadurch unmöglich, die hier ermittelten Trachtverschiedenheiten der Turmalinschichten an anderen Vorkommen nachzuprüfen und zu ergänzen.

Im allgemeinen wird man für hellfarbige, rosa, lichtgrüne oder farblose Turmaline eine kurze, mit 0001 abschließende Säule erwarten dürfen. Die dunklen, mehr bräunlich getönten Kristalle pflegen laugsäulig und spitz zu sein. Dem kann man freilich die Rubellitsonnen entgegenhalten, die auffallend gestreckte Formen aufweisen, wie andererseits ganz braune und schwarze Turmaline mit kurzer c-Ausdehnung bekannt sind. Die Tatsache, daß sich, wie vorliegendes Beispiel zeigt, vielfach in den „schwarzen“ Turmalinen Schicht-

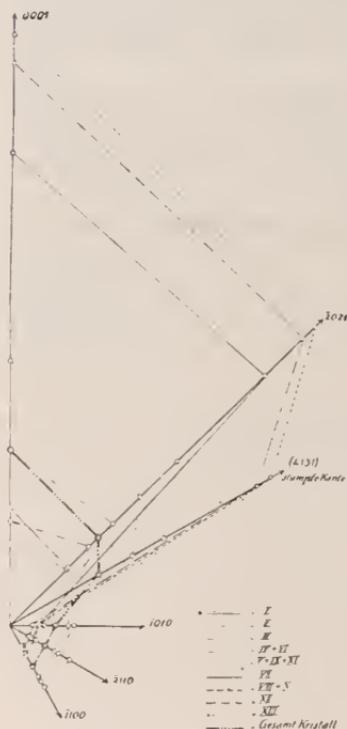


Fig. 4.

kristalle kompliziertesten Aufbaues und verschiedenartigster Färbung verbergen, läßt eine Überprüfung der Sammlungskristalle um so problematischer erscheinen, da die äußere Färbung sich bei dunklen Kristallen als nicht maßgebend erwiesen hat.

Ganz aussichtslos muß es aber bleiben, Schlußfolgerungen über die Trachten ableiten zu wollen, ohne durch die Paragenesis auch nur die geringste Andeutung über die während des Wachstums herrschenden Bedingungen (vor allem Lösungsgenossen) zu besitzen. Turmalintrachtstudien, welche den Zweck verfolgen, den Zusammenhang zwischen Färbung, bezw. chemischer Zusammensetzung und Tracht einwandfrei festzustellen, müßten an ganz anderen, einfarbigen und paragenetisch gut bekannten Kristallen vorgenommen werden.

Schichtenbau und Ausheilungsmechanismus.

Schon an früherer Stelle wurde darauf hingewiesen, daß die Fortwachsung eines bestehenden Kristalles mit einer isomorphen Schichte zu Verhältnissen führt, welche dem Ausheilen eines be-

schädigten Kristalles gleichwertig sind. Gleichzeitig wurde aber aufmerksam gemacht, daß ein Ausheilen nicht möglich wäre, wenn man bloß die Wachstumsgeschwindigkeiten des unbeschädigten Kristalles zugrunde legt.

Die maßgebenden Verhältnisse könnten etwa folgendermaßen beschrieben werden.

Nach unseren, hauptsächlich auf CURIE¹ zurückgehenden Vorstellungen von den Wachstumsvorgängen befindet sich der Kristall mit der Mutterlauge jeweils im Gleichgewicht, solange die Bildungsbedingungen (Temperatur, Druck, Konzentration, Lösungsgenossen usw.) nicht die geringste Veränderung erfahren haben. Für die bestehenden Bedingungen ist dieses Gleichgewicht von der Oberflächenform und mithin von dem Minimum der Oberflächenspannung abhängig, d. h. am wachsenden Kristall bleibt *ceteris paribus* die Form ungeändert, da nur diese eine Tracht das Gleichgewicht unter den obwaltenden Bildungsbedingungen darstellt. Die Masse des Kristalles grenzt sich mit einer Oberfläche gegen die Lösung ab, welche nach W. GIBBS² einerseits von der Flächen-größe, andererseits als unstetige Funktion von der kristallographischen Lage der einzelnen Flächen abhängt.

Unter Außerachtlassung aller molekular- oder atomtheoretischen Raumgitterannahmen, welche jetzt um so unsicherer sind, seitdem wir wissen, daß der ursprüngliche Begriff des Kristallmoleküles als Gitterbaustein nicht mehr aufrecht erhalten werden kann³, läßt sich aus den obigen ganz allgemeinen Grundvorstellungen mit zwingender Notwendigkeit der Schluß ableiten, daß jede gewaltsame Formänderung des wachsenden Kristalles sofort die vollständige Zerstörung des Gleichgewichtes zur Folge haben muß, daß demnach die am Normalkristall geltenden Wachstumsverhältnisse nicht direkt auf die Ausheilung übertragbar sind.

Wie schon WULFF⁴ hervorhob, lassen sich an einer wachsenden Kristallfläche, ohne weitere Annahmen zu machen, zweierlei Wachstumsformen unterscheiden: 1. in der Flächennormalen = „Wachstum“ im engeren Sinne, 2. tangential zur Fläche = „Ausbreitung“. Erstere Form besorgt im wesentlichen die Volumsvergrößerung (Fig. 5, a_1 und a_2), letztere die Vergrößerung der Oberfläche (b_1 und b_2), durch die erst die Kanten zur Ausbildung gelangen. Während die Anlagerung entsprechend a_1 und a_2 mechanisch leicht verständlich ist, wird die Kantenausbildung der Fläche F_1 durch die „Ausbreitung“ KLM, jene

¹ Bull. soc. min. 1885, 8. 145.

² W. OSTWALD, Allg. Chemie. 2. (2.) 141—147.

³ Vgl. hierzu die zahlreichen neueren Arbeiten über Kristallröntgenographie von LAUE, BRAGG usw.

⁴ G. WULFF, Zeitschr. f. Krist. 34, p. 449. 1901.

der Fläche F_2 durch KLN dargestellt. Es ist sofort ersichtlich, daß die Grenze KL in direkter Rückverlängerung zum Keimpunkt O führen muß, bzw. daß jede Fläche sich entsprechend der Anwachspyramide¹ verschiebt.

Nun denke man sich eine Verletzung des Kristalles. Der Einfachheit halber sei angenommen, die Verwundung gehe parallel der Kante eines prismatischen Körpers, so daß mit Verzicht auf die 3. Dimension das Querschnittsbild eine ausreichende Vorstellung des Verhaltens zu geben vermag (Fig. 6). Diesmal sind die Flächen F_1 und F_2 durch die Wundstelle K_1K_2 begrenzt. Ein Fortwachsen nach dem Normaltypus ergäbe für F_1 die „Ausbreitung“ K_1ML_1 und für F_2 die „Ausbreitung“ K_2NL_2 , d. h. die Wundstelle würde

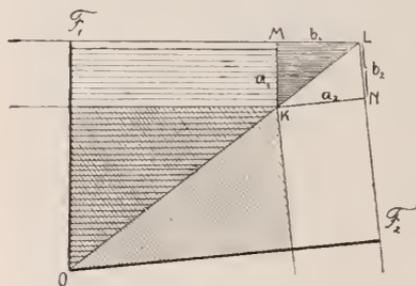


Fig. 5.

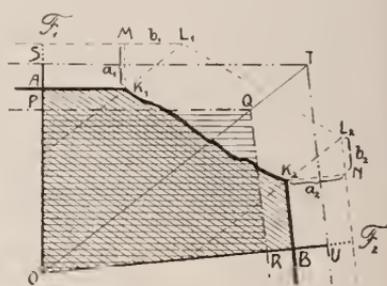


Fig. 6.

sich mit einer Fläche bedecken, welche von unveränderlicher Breite bliebe, also nie zur Ausheilung zu führen vermöchte.

Diese kann nur dann erfolgen, wenn die in diesem Falle der Gleichgewichtsstörung die „Ausbreitung“ bedeutend intensiver verläuft.

Das kann etwa folgendermaßen verstanden werden. Die durch die Verwundung verringerte Masse würde für sich allein unter den gegebenen Bildungsbedingungen einer Ausbildungsform $OPQR$ entsprechen, wobei $OPQR$ flächengleich, bzw. volumsgleich mit dem verletzten Kristall (OK_1K_2B) ist. Wäre also der Kristall mit der Lösung im Gleichgewicht, so könnte er nur an der theoretischen Oberfläche PQR fortwachsen. Damit ist aber der „Ausbreitungsbereich“ von K_1 (K_2) bedeutend erweitert, das „Wachstum“ dagegen verzögert (von A nach S). Es wäre der Fall gar nicht undenkbar, daß die Störung des Gleichgewichtes die Abtragung einer Schichte und gleichzeitige Auffüllung der Wundstelle

¹ F. BECKE. Lotos v. 26, XI. 1892.

bis zur Herstellung der Normalform veranlassen könnte¹. Der hiezu nötige Energieaufwand wäre eben dadurch gegeben, daß ja infolge der Verwundung und der dadurch hinzutretenden neuen Diffusionskonstante ein Überschuß über das mögliche, den Bedingungen entsprechende Minimum der Oberflächenspannung vorliegt. Wie ein Wärmegefälle zu einem allgemeinen Wärmeausgleich führt, so müßte auch hier die überschüssige Spannungsenergie einen Ausgleich im Sinne der theoretischen Form PQR herbeiführen.

Der Vorgang wäre demnach so, daß in Übereinstimmung mit der durch die Massenverringerung zurücktretenden kleineren, theoretischen Oberfläche das „Wachstum“ von F_1 und F_2 etwas langsamer erfolgt (nach ST), dagegen jenes von K_1K_2 (= „Ausbreitung“ von F_1 und F_2) beschleunigt erscheint. Vielleicht steht hiemit auch die so häufig beobachtete lockere Fügung und inhomogene Art der Ausheilung im Zusammenhang.

Ganz analoge Verhältnisse bestehen auch bei dem Übereinanderwachsen isomorpher Schichten. Die Kernschichte ist mit der neu wachsenden Schichte ebensowenig im Gleichgewicht wie der verletzte Kristall mit seiner Lösung. Die Hüllschichte wächst genau so, als wäre sie an einen verwundeten Kristall eigener Zusammensetzung angeschlossen und gehorcht demnach den gleichen Gesetzen.

Ersichtlich hat die stärkere „Ausbreitung“ der die Kantenausheilung besorgenden Flächen (F_1 und F_2) zur Folge, daß der Schichtenansatz an der Störungsstelle rascher und ausgiebiger erfolgt, als dies sonst (KL) zu erwarten wäre. Darin aber wurzelt der Begriff der supervirtuellen Zd , wie er in der vorstehenden Notiz verwendet wurde.

Ob sich dieser Begriff auch wird beim Studium von Skelettbildungen verwenden lassen, kann erst eine dahinzielende Untersuchung lehren.

Wien, im April 1917.

¹ Es sei hier an die interessanten Versuche von PRZIBRAM (Formregulation verletzter Kristalle — Zeitschr. f. Krist. 39. p. 577. 1904) erinnert, in denen diese theoretische Möglichkeit verwirklicht erscheint. Wenn es auch zweckmäßig wäre, noch umfänglichere diesbezügliche Beobachtungsreihen anzustellen, um das Rätselhafte des Vorganges völlig zu klären, sei doch hier auf diese theoretisch mögliche Erscheinung neuerlich verwiesen.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Centralblatt für Mineralogie, Geologie und Paläontologie](#)

Jahr/Year: 1917

Band/Volume: [1917](#)

Autor(en)/Author(s): Tertsch Hermann Julius

Artikel/Article: [Trachtstudien an einem geschichteten Turmalinkristall. 273-289](#)