

**Zeitschrift:** Schweizerische mineralogische und petrographische Mitteilungen =  
Bulletin suisse de minéralogie et pétrographie

**Band:** 28 (1948)

**Heft:** 1: Festschrift P. Niggli zu seinem 60. Geburtstag den 26. Juni 1948

**Artikel:** Zur Kristallographie von Tinzenit

**Autor:** Parker, Robert L.

**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-23056>

#### Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

#### Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

#### Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

**Download PDF:** 22.02.2026

**ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>**

# Zur Kristallographie von Tinzenit

Von *Robert L. Parker*, Zürich

## 1. Einleitung

Das Ca-Mn-Al-Silikat Tinzenit wurde von J. JAKOB erstmals als selbständige Mineralart erkannt und nach der Ortschaft Tinzen im Oberhalbstein benannt. In Arbeiten der Jahre 1923, 1926 und 1933 hat er die Ergebnisse seiner Untersuchungen über Chemismus, Optik und Auftreten der neuen Mineralart mitgeteilt. Seither ist von E. SANERO (1936) Tinzenit auch auf der Lagerstätte Cassagna in Ligurien gefunden worden. In einer eingehenden, den Manganerzen in den Radiolariten Graubündens gewidmeten Monographie hat neuerdings TH. GEIGER (1948) die älteren Daten über Tinzenit zusammengestellt und diese durch zahlreiche neue paragenetische Beobachtungen sowie durch Messungen an röntgenometrischen Pulverdiagrammen bereichert. Das als Bestandteil der in den Manganerzen und ihren Nebengesteinen vorhandenen Zerrklüften auftretende Mineral war diesen Autoren wohl ausschliesslich in grob- bis feinblätteriger oder auch dichter Ausbildung bekannt, weshalb die Beurteilung seiner Symmetrie nur auf dem Umwege über die optisch-mikroskopische Untersuchung erfolgen konnte. Auf Grund einer solchen hat J. JAKOB (1933) Tinzenit für monoklin gehalten.

Anlässlich eines Besuches der an der Furtschella gelegenen Lagerstätte von Parsettens (Val d'Err) hat Herr Dr. HERMANN GEIGER (Basel) eine Suite von Stufen mit besonders reichlicher Tinzenitführung gesammelt. Herr Dr. FR. WEBER (Lugano) hatte die Freundlichkeit, den Schreibenden auf dieselben aufmerksam zu machen und ihm mitzuteilen, dass sich wohl auch messbare Kristalle des Mangan-silikats auf diesen Stufen befinden. In der Folge stellte Herr Dr. GEIGER sein Material dem Schreibenden für Untersuchungszwecke zur Verfügung und ermöglichte durch sein grosszügiges und verständnisvolles Entgegenkommen die vorliegende erste kristallographische Beschreibung des Tinzenites. Hierfür sei ihm auch an dieser Stelle der herzlichste Dank ausgesprochen.

Auf den in Frage stehenden Stufen ist Tinzenit vorwiegend von orangegelber bis orangeroter Farbe. Er weist nur dort einen mehr gelblichen Ton auf, wo er in dichter Ausbildung auftritt und stellenweise mit glatter glänzender Oberfläche versehen ist, die den Eindruck eines Rutschharnisches erweckt. Solche dichte oder blass blätterige Ausbildungen sind aber auf den Stufen nur ausnahmsweise vorhanden, indem weit vorwiegend eine eigentlich (dünn-)tafelige Ausbildung zu finden ist. Dieselbe besitzt, wie die Lupenuntersuchung beweist, einen an diesem Mineral bisher wohl kaum beobachteten Grad der äusseren Formentwicklung, indem an diesem glas- bis etwas harzigglänzenden, weitgehend durchsichtigen Material zahlreiche eigentliche Kristallflächen mit scharfer Kantenausbildung zu beobachten sind. Die Hoffnung, goniometrisch messbare Kristalle zu finden, hat sich denn auch erfüllt, wenn auch nicht in dem Masse, wie zunächst hätte erwartet werden können. Es macht sich nämlich allenthalben eine sehr starke Tendenz zur Aggregatbildung bemerkbar, die im einfachsten Fall zur subparallelen Verwachsung zweier Individuen nach den Tafeloberflächen führt, häufig aber zu fächerartiger Verknüpfung mehrerer oder sogar zu unregelmässig gehäuften Paketen vieler Individuen führt. So bieten viele der drusigen Partien der Klüfte den Anblick von Krusten mehr oder weniger dicht gedrängter Kriställchen, an denen immer nur einige wenige glänzende Kristallflächen frei liegen und der Beobachtung zugängig sind. Versuche, einzelne günstig erscheinende Kriställchen aus ihrem Verband herauszubrechen, scheiterten sehr oft an der geringen ca. 4 betragenden Härte, sowie der nicht unerheblichen Sprödigkeit des Minerals, die gerne zum Zerbrechen des gewünschten Individuums führten. Bei einer minutiosen Durchmusterung der Stufen unter der Binokularlupe gelang es durch allersorgfältigstes Lostrennen doch ca. zehn einigermassen freientwickelte mit mehr oder weniger zahlreichen Kristallflächen versehene Individuen zu gewinnen. Unter diesen waren eigentliche Einzelkristalle nicht vorhanden. Stets waren wenigstens Bruchstücke anderer Individuen besonders an den Tafeloberflächen angewachsen, doch war an acht Proben (im folgenden als Kristalle 1—8 bezeichnet) die Flächenführung eines Hauptkristalls soweit unbehindert zu erfassen, dass sie gesondert für sich studiert werden konnte.

Obschon auf den Stufen Kristalle von 5 mm oder mehr Durchmesser vorkommen, waren doch die zur näheren Untersuchung gewonnenen Individuen durchwegs viel kleiner. Ihre grössten Ausmasse erreichten höchstens 1 mm oder etwas darüber, blieben aber

an den morphologisch günstigsten Exemplaren unter diesem Wert. Diese kleinen Dimensionen haben die Untersuchung etwas erschwert und müssen berücksichtigt werden, wenn im folgenden etwa von „grosser“ oder „kleiner“ Ausbildung einer Fläche gesprochen wird, was immer relativ zu verstehen ist. Schon die Untersuchung mit der Binokularlupe zeigte, dass die Kristalle einen ausgesprochen asymmetrischen Habitus aufweisen. Auch unter Berücksichtigung der üblichen Verzerrungen konnten keine Anzeichen von Flächen-Gleichwertigkeiten beobachtet werden, die auf das Vorhandensein von Spiegelebenen oder Symmetrieachsen hätten schliessen lassen. So mit erschien die Zugehörigkeit zum triklinen System festzustehen, was natürlich das Interesse der kristallographischen Untersuchung nur erhöhen konnte. Gleichzeitig ergab sich aber die Notwendigkeit, die früher als monoklin gedeutete Optik zu revidieren. Der Schreibende hat darum Herrn Dr. HANS WALDMANN (Basel), dessen 1947 beschriebene Untersuchungsmethode mit der Glashohlkugel für den vorliegenden Fall bestens geeignet erschien, die Übernahme dieses Teils der Untersuchung vorgeschlagen. Dieser hat in einer mit der vorliegenden gleichzeitig erscheinenden Arbeit die Resultate seiner kristalloptischen Untersuchung des Tinzenits niedergelegt.

## 2. Wahl der Aufstellung und graphische Auswertung

Angesichts des aus der niedrigen Symmetrie resultierenden Mangels an vorgegebenen Achsenrichtungen oder natürlichen Fixpunkten erschien es unerlässlich, zunächst an einem typischen Kristall eine orientierende Voruntersuchung durchzuführen. Zu diesem Zwecke wurde das beste der zur Verfügung stehenden Individuen ausgesucht, dessen relativ reichliche und regelmässige Flächenführung und glänzende Beschaffenheit zuverlässige Messungen und charakteristische Entwicklungsverhältnisse zu ergeben versprachen. Im Habitus stimmte der Kristall sehr annähernd mit der Figur 1 überein, die im wesentlichen nach diesem Vorbilde gezeichnet wurde.

Als c-Achsen- und Grundkreiszone für die zweikreisige Messung wurde die einzige am Kristall gewählt, die sämtliche vorhandenen Flächen in einer Operation zu erfassen gestattet. Sie ist zugleich die einzige, die ringsum ausgebildet ist, was daher röhrt, dass die Zonenachse ursprünglich nahezu senkrecht auf der Stufe stand, also von Hause aus Vertikalachse war. Messtechnisch war diese Wahl nicht unbedingt günstig. Denn die Zone ist durch starke Streifungen und Riefungen ausgezeichnet, was zu einer komplizierten Signal-

gebung führt. Dieselbe bleibt zwar streng innerhalb der Zone, so dass die Justierung dadurch nicht beeinträchtigt wird. Doch wirkt sich die schwierige und z. T. unsichere Signaldeutung auf die Wahl des  $\varphi$ -Nullpunktes aus. Andererseits erleichtert gerade diese Beschaffenheit der Zone ihr Auffinden an anderen Kristallen und damit deren gleichartige Aufstellung. Die Wahl dieser Zone zur Grundzone scheint auch deswegen eine natürliche zu sein, weil sie parallel der schwach ausgeprägten Streckungsrichtung des Individuums verläuft.

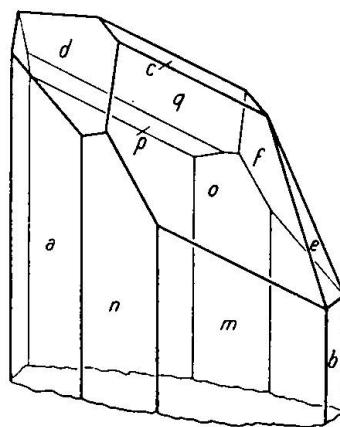


Fig. 1. Tinzenit: typischer Kristall in normaler Aufstellung. Es bedeuten: a (100), b (010), c (001), d (101), e (011), f ( $\bar{1}01$ ), g (110), h (210), i (111), j ( $\bar{1}\bar{1}1$ ), k ( $\bar{2}\bar{2}3$ )

An Hand der gemessenen Positionen der 13 vorhandenen Flächen wurde eine gnomonische Projektion entworfen, die die durch die grösseren gefüllten Kreise gekennzeichneten Pole von Figur 2 umfasste. Bei der Indizierung dieses Flächenkomplexes waren drei Gesichtspunkte leitend: 1. nur wirklich vorhandene Flächen zu Hauptpinakoiden zu wählen; 2. das Basispinakoid entsprechend dem Vorschlag von M. A. PEACOCK (1937) so zu wählen, dass  $0^\circ < \varphi_{001} < 90^\circ$ ; 3: diejenige Wahl der Haupt- und Einheitspinakoide zu bevorzugen, die die allgemein einfachsten Symbole mit sich bringt. Wie aus dem Projektionsbilde Figur 2 hervorgeht, war es möglich, allen diesen Anforderungen Rechnung zu tragen. Die angeschriebenen Indizes a =  $\langle 100 \rangle$ , b =  $\langle 010 \rangle$ , c =  $\langle 001 \rangle$ , d =  $\langle 101 \rangle$ , e =  $\langle 011 \rangle$ , f =  $\langle \bar{1}01 \rangle$ , g =  $\langle 110 \rangle$ , h =  $\langle 210 \rangle$ , i =  $\langle 111 \rangle$ , j =  $\langle \bar{1}\bar{1}1 \rangle$ , k =  $\langle \bar{2}\bar{2}3 \rangle$  sind mit Ausnahme des zuletzt genannten Symbols von denkbar einfacherem Charakter. Diese q-Fläche lässt sich nur in eine stärker besetzte Zone eingliedern, woraus hervorgeht, dass bei irgend einer anderen Wahl der Achsen und Einheitsfläche, die ihr einfachere Indizes einbringen

könnte, eine entsprechende Komplizierung aller übrigen Symbole Hand in Hand gehen müsste. Die gewählte Aufstellung schien deshalb eine zweckmässige zu sein und wurde bei der Verarbeitung der anderen Kristalle beibehalten.

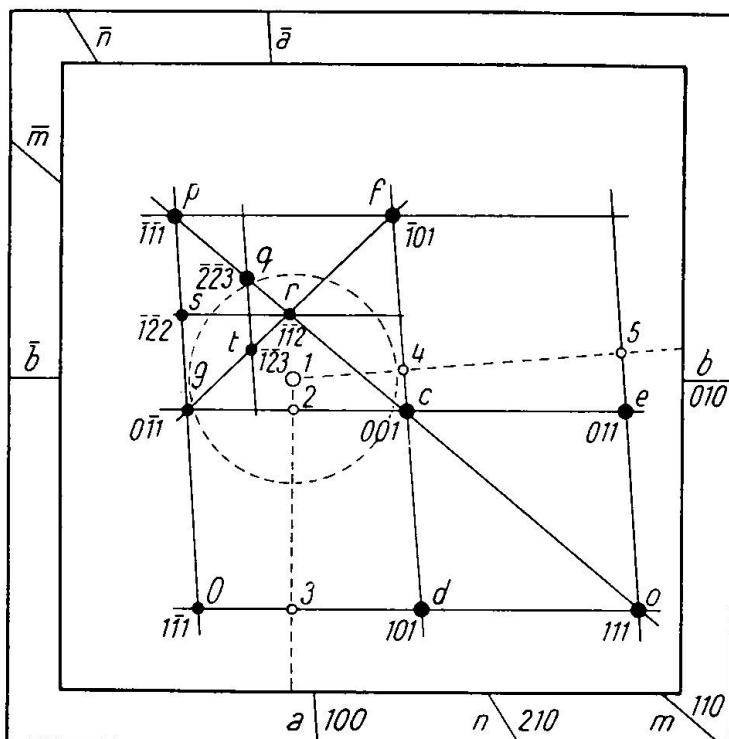


Fig. 2. Gnomonische Projektion der Formen von Tinzenit

Aus der gnomonischen Projektion wurden auf Grund vorsichtiger Messungen die Artkonstanten überschlagsmässig bestimmt. Die Resultate waren folgende (Grundkreisradius = 2 cm):

**Gemessener Abstand zwischen Punkten 1,2 der Projektion =  $2 \operatorname{tg}(\beta - 90) = 0,57$ ,  
daraus:  $\beta = 106^\circ$**

$$\text{„} \quad \text{„} \quad \text{„} \quad \text{„} \quad 1,3 \text{ der Projektion, } = 2 \operatorname{tg} (\beta - 90 + \omega_1) = \\ = 4,38, \text{ daraus: } \omega_1 = 49^{\frac{1}{2}}{}^0$$

Aus diesen Werten ergibt sich  $\omega_2 = (180 - \beta - \omega_1) = 24\frac{1}{4}^\circ$

$$\text{und } \frac{\sin \omega_1}{\sin \omega_2} = \frac{c}{a} = 1,83.$$

Gemessener Abstand zwischen Punkten 1,4 der Projektion =  $2 \operatorname{tg} (\alpha - 90^\circ) = 2,13$ ,  
daraus  $\alpha = 137^\circ$

$$\text{„ „ „ „ } 1,5 \text{ der Projektion} = 2 \operatorname{tg} (a - 90 + \eta_1) = \\ = 6,54, \text{ daraus } \eta_1 = 26^\circ$$

Aus diesen Werten ergibt sich  $\eta_2 = (180 - a - \eta_1) = 17^\circ$

$$\text{und } \frac{\sin \eta_1}{\sin \eta_2} = \frac{c}{b} = 1,50.$$

Für das Achsenverhältnis ergeben sich also die Werte

$$a : b : c = 0,82 : 1 : 1,50$$

Auf der zu  $c = (001)$  polaren Zonenlinie konnte mit Hilfe des Winkelpunktes der Winkel  $[010]/[1\bar{1}0] = \varepsilon_1$  gemessen werden. Er betrug  $43^\circ$ .

Aus  $\frac{\sin \varepsilon_1}{\sin \varepsilon_2} = \frac{a}{b} = 0,82$ , ergibt sich  $\varepsilon_2 = 56^\circ$  und daraus  $\gamma = (180 - \varepsilon_1 - \varepsilon_2) = 81^\circ$ .

Wie ersichtlich, entspricht dieses Achsenverhältnis den von M. A. PEACOCK (1937) gemachten Vorschlägen für die Orientierung trikliner Kristalle auch in der Hinsicht, dass  $b > a$ . Von den drei Achsenwinkeln  $\alpha = 137^\circ$ ,  $\beta = 106^\circ$ ,  $\gamma = 81^\circ$  sind entsprechend der Wahl von  $(001)$  die beiden ersten stumpf, wie das von der normalisierten Aufstellung gefordert wird.

Der Anblick des Projektionsbildes lässt keinen Zweifel zu, dass die habituelle Asymmetrie der Kristalle einer tatsächlich triklinen Symmetrie entspricht. Dabei macht das häufige Erscheinen von Fläche und Gegenfläche in der Grundzone, der einzigen, die ringsum verfolgt werden konnte, wahrscheinlich, dass Zentrosymmetrie vorhanden ist, dass also Tinzenit der triklin holoedrischen Klasse angehört. In diesem Sinne ist auch die Tatsache zu deuten, dass von den acht genau untersuchten Kristallen vier (es sind Kristalle 3, 4, 6 und 7) eine Flächenfolge aufweisen, die sich zu der an Kristall 1 beobachteten invers verhält. Diese Individuen sind also so beschaffen, dass die gemessenen Positionen nur mit denjenigen von Kristall 1 in Übereinstimmung gebracht werden können, wenn der  $\varphi$ -Nullpunkt im Westpunkt angenommen und der positive Richtungssinn im Gegenuhrzeigersinn gewählt wird. Diese Beziehung ergibt sich von selber, wenn bald das eine, bald das andere Ende eines zentrosymmetrischen triklinen Kristalls nach oben gestellt wird. Unter Berücksichtigung und Gleichsetzung dieser beiden, offenbar gleichhäufigen Fälle konnten alle bis jetzt erwähnten Formen auch an anderen Individuen nachgewiesen und nach ihrer Wichtigkeit ziemlich eindeutig in folgende Gruppen eingeteilt werden:

- I. Häufig, meist gross: a, m, n, p, q.
- II. Häufig, mittelgross: o, d.
- III. Häufig, klein: c.
- IV. Weniger häufig, klein: b.
- V. Selten, klein: e, f.

Ausserdem wurden einige andere Formen gefunden, die nach den gemessenen Positionen in die gnomonische Projektion eingetragen

und indiziert wurden. Es sind die durch kleine gefüllte Kreise dargestellten Pole in Figur 2. Durchwegs waren diese Formen im Vergleich zu den anderen relativ sehr klein, was bei der ohnehin sehr kleinen Ausbildung der Kristalle bedeutet, dass die jeweilen reflektierenden Oberflächenteile wirklich minimale Ausmasse hatten. Trotzdem war an ihrem Vorhandensein nicht zu zweifeln. Das Einstellen der äusserst lichtschwachen Signale war recht schwierig. An erster Stelle muss eine Form  $s = (1\bar{2}2)$  erwähnt werden, die als einzige dieser zusätzlich gefundenen sich an zwei Individuen vorfand. Sie kann wohl zu e und f in die eben erwähnte Gruppe V gestellt werden. Die anderen Formen waren  $g = (0\bar{1}1)$ ,  $O = (1\bar{1}1)$ ,  $r = (\bar{1}\bar{1}2)$  und  $t = (\bar{1}\bar{2}3)$ , die alle in eine VI. Gruppe (sehr selten und klein) einzureihen sind. Weitere Einzelheiten über diese Formen werden weiter unten gegeben.

### 3. Die Formenführung

Die an Kristall 1 vorgefundenen Formen wurden alle auch an anderen Individuen beobachtet. Sie sind zweifellos die wichtigsten der Mineralart und werden im folgenden in bezug auf ihre Position und Ausbildung charakterisiert. Anschliessend folgen dann Angaben über seltenere Formen, die erst im weiteren Verlauf der Untersuchung gefunden wurden.

a (100): wurde an allen untersuchten Kristallen mit meist mittelbreiten bis schmalen Flächen beobachtet. Am Kristall 3 fand sich die Form in einer breiten, jedoch deutlich aus zwei Teilen bestehenden Fläche, von deren Signalen nur eine sich auf die a-Position beziehen liess. Auch sonst wurden mehrfach Signale aufgenommen, die beträchtlich ( $\pm$  ca.  $2^{\circ}$ ) von derselben abwichen. Eine Tendenz, von Vizinalflächen begleitet oder ersetzt zu werden, ist bei dieser Form somit unverkennbar. Sie kann angesichts der Unregelmässigkeit der erhaltenen Winkelwerte nicht einheitlich formuliert werden. Das beste Mittel aus denjenigen Signalen, die sich der an Kristall 1 gefundenen Position näherten, beträgt  $\varphi = 85^{\circ} 52'$  bei einer maximalen Abweichung von  $0^{\circ} 24'$ .

b (010): ist weniger konstant vorhanden als a und konnte mit Sicherheit nur an der Hälfte der gemessenen Kristalle festgestellt werden. Die Flächen waren durchwegs schmal und zeigten öfters lebhaften Glanz. Die Übereinstimmung ihrer Positionen mit den jeweilen errechneten  $\varphi$ -Nullpunkten war verschieden gut. Bei Kri-

stall 1 betrug die Abweichung nur  $0^{\circ} 25'$ . Maximale Abweichungen waren  $0^{\circ} 44'$  (Kristall 2) und  $0^{\circ} 57'$  (Kristall 3).

c (001): konnte an 6 der bearbeiteten Kristalle nachgewiesen werden. Die Flächen waren stets sehr schmal, was öfters eine Streckung des Signals in der [110]-Zone und eine entsprechende Unsicherheit der Einstellung mit sich brachte. Die aus den zuverlässigen Einstellungen berechnete beste mittlere Position beträgt  $\varphi = 14^{\circ} 14\frac{1}{2}'$ ,  $\varrho = 48^{\circ} 25'$ . Die grössten Abweichungen betrugen für  $\varphi 0^{\circ} 04'$ , für  $\varrho 0^{\circ} 28'$ .

d (101): ist in mittelgrosser oder gar (Kristall 2) grosser Entwicklung an 6 der bearbeiteten Kristallen festgestellt worden. Die erhaltenen Signale waren scharf und z. T. sehr gut. Als bestes Mittel für die Position ergab sich  $\varphi = 60^{\circ} 37'$  (maximale Abweichung  $0^{\circ} 48'$ ) und  $\varrho = 67^{\circ} 59\frac{1}{2}'$  (maximale Abweichung  $0^{\circ} 33'$ ).

e (011): ist eine seltene, aber als gesichert zu betrachtende Form. An Kristallen 1 und 2 erscheint sie mit schmalen dreieckigen Flächen. Für dieselben ergibt sich als mittlere Position  $\varphi = 5^{\circ} 00'$  und  $\varrho = 72^{\circ} 54'$ . Eine schmale, etwas rauhe Fläche an Kristall 3, an der die Position  $\varphi = 5^{\circ} 21'$  und  $\varrho = 71^{\circ} 56'$  gemessen wurde, scheint trotz der  $0^{\circ} 58'$  betragenden Abweichung im  $\varrho$ -Wert ebenfalls dieser Form anzugehören. An den übrigen Kristallen war e nicht vorhanden.

f ( $\bar{1}01$ )?: ist mit kleinen Flächen nur an Kristallen 1 und 2 vorhanden. Die mittlere Position lautet  $\varphi = -60^{\circ} 59\frac{1}{2}'$ ,  $\varrho = 61^{\circ} 59'$ .

m (110) und n (210): diese Formen sind an allen Kristallen zugegen und dominieren dank ihrer oft breiten Entwicklung die Vertikalzone, ja den Habitus der Kristalle als Ganzes, denen sie einen tafeligen Aspekt verleihen. Wo nur eine stark hervortretende „Tafelfläche“ am Kristall beobachtet wird, erweist sie sich in der Regel als aus Elementen beider Formen aufgebaut, die in Lamellen wechselnder Breite und oft mangelhafter Parallelität miteinander alternieren. Makroskopisch macht sich dies in einer nie fehlenden Streifung und Riefung bemerkbar. Diese Verhältnisse bedingen eine manchmal starke Streuung der Signale, die aber ganz an die Zone gebunden ist. Es war stets möglich, den Kristall so zu justieren, dass die Signale von a, b und dem m—n-Komplex mit höchstens minimalen Abweichungen in die Grundkreiszone fallen.

Isolierte Signale, die der Form m zugeordnet werden konnten, wurden praktisch nicht beobachtet. Stets mussten die auf diese Lage rückführbaren Signale aus einer Serie oder einem Haufen herausgelesen werden, was indessen meistens befriedigend gelang. Denn zu diesen Signalen ist öfters ein streng zentrosymmetrisches vorhan-

den, was für die anderen nicht zutrifft. Mit Vorliebe tritt das m-Signal als Anfang eines Signalzuges auf, das sich oft über  $2^{\circ}$ ,  $3^{\circ}$ , ja sogar  $6^{\circ}$  bis zu  $\varphi$ -Werten von ca.  $46^{\circ}$  erstrecken kann. Die beste mittlere Position für die der m-Lage zugeordneten Signale lautet  $\varphi = 39^{\circ} 32\frac{1}{2}'$ . Die maximale Abweichung ist  $0^{\circ} 37'$ . Mittelwerte für andere, besonders als Endpunkte der Züge hervortretende Signale lauten  $\varphi = 41^{\circ} 36'$  und  $\varphi = 46^{\circ} 05'$ . Mitunter lagen die Signalzüge ausschliesslich zwischen den zuletzt erwähnten Positionen und führten kein für m deutbares Signal. Als Symbole der durch diese Winkel charakterisierten Lagen kämen  $(12 \cdot 11 \cdot 0)$  (berechnet  $\varphi = 41^{\circ} 54\frac{1}{2}'$ ) und  $(970)$  (berechnet  $\varphi = 46^{\circ} 17'$ ) in Frage. Angesichts der vorhandenen Streuung und der Unsicherheit in der Zuordnung der Reflexe an bestimmt umgrenzte Oberflächenteile müssen aber solche Formen als völlig ungesichert gelten.

Die Signalgebung bei den der Lage  $(210)$  zuzuordnenden Flächen und Flächenteilen war viel weniger komplex als bei  $(110)$ . Einfache (allenfalls von einem Nebensignal begleitete) Signale waren hier das typische. Im Gegensatz zu dieser geringen Streuung am Einzelindividuum ist die von Kristall zu Kristall zu beobachtende Variation eine ziemlich erhebliche. Unter Weglassung einiger besonders stark aus der Reihe fallender Messungen wurde als bestes Mittel  $\varphi = 57^{\circ} 34\frac{1}{2}'$  errechnet mit einer maximalen Abweichung von  $0^{\circ} 33\frac{1}{2}'$ .

$\text{o } (111)$ : ist sehr konstant an den Kristallen vorhanden und wurde überall gefunden, wo die Vorderseite des Individuums überhaupt Beobachtungen zuliess. Gross und breit ist die Form an den Kristallen 1 und 2 ausgebildet, sonst fand sie sich meist in mittelgrosser Entwicklung. Obgleich vielfach von recht glänzender Beschaffenheit, lieferte die Form nur an Kristallen 1 und 2 einfache scharfe Signale. Das scheint auf die Anwesenheit von Akzessorien zu beruhen, die in der Regel bewirken, dass mehrere einander nahegelegene Signale in Erscheinung treten. Das Mittel der an den einfachen Signalen gemessenen Positionen lautet:  $\varphi = 32^{\circ} 36\frac{1}{2}'$ ,  $\varrho = 75^{\circ} 57\frac{1}{2}'$ , bei Abweichungen von nur  $0^{\circ} 01\frac{1}{2}'$  für  $\varphi$  und  $0^{\circ} 07'$  für  $\varrho$ . Die an den Signalhaufen ausgeführten Messungen führten zu den mittleren Positionen  $\varphi = 33^{\circ} 49'$ ,  $\varrho = 76^{\circ} 14'$  bei maximalen Abweichungen von  $0^{\circ} 43'$  für  $\varphi$  und  $0^{\circ} 48'$  für  $\varrho$ . Aus diesen Werten ergibt sich als wohl zuverlässigstes Gesamtmittel  $\varphi = 32^{\circ} 54\frac{1}{2}'$  und  $\varrho = 76^{\circ} 01\frac{1}{2}'$ .

$\text{p } (111)$ : ist an allen untersuchten Kristallen vorhanden. Die Flächen sind oft sehr gross, wurden aber auch in unter mittelgrosser Ausbildung gefunden. Die Signale sind mitunter flau und schwer einstellbar oder bei glänzender Flächenbeschaffenheit verdoppelt.

Als bestes Mittel der gemessenen Positionen ergibt sich  $\varphi = -126^\circ 22\frac{1}{2}'$ ,  $\varrho = 62^\circ 47\frac{1}{2}'$ . Maximale Abweichungen waren für  $\varphi 1^\circ 0'$ , für  $\varrho 0^\circ 38'$ .

$q(\bar{2}\bar{3}3)$ : wurde an allen Kristallen gefunden und ist fast stets gross entwickelt und als herrschende Terminalfläche zu bezeichnen. Die Signalgebung war z. T. ziemlich gut, öfters aber für die Einstellung ungünstig, indem sich eine Streckung in der [110]-Zone oder Nebensignale bemerkbar machten. An Kristall 4 war die Bildung von solchen anscheinend auf das Vorhandensein kleinerer schuppenförmiger Akzessorien zurückzuführen. Vielleicht deshalb wichen einige der Messresultate so stark von den übrigen ab, dass sie bei der Mittelwertbildung ausgeschieden werden mussten. Als bestes Mittel wurde erhalten  $\varphi = -113^\circ 45'$  (maximale Abweichung  $0^\circ 13'$ ) und  $\varrho = 46^\circ 31'$  (maximale Abweichung  $0^\circ 22'$ ).

$s(\bar{1}22)$ : wurde zuerst als winzige Fläche an Kristall 2, später in womöglich noch kleinerer Ausbildung an Kristall 4 gefunden. Die sehr lichtschwachen und schwer einstellbaren Signale ergeben im Mittel die Position  $\varphi = -148^\circ 25'$  (beidseitige Abweichung  $0^\circ 41'$ ) und  $\varrho = 51^\circ 39'$  (Abweichung  $0^\circ 10'$ ).

$t(\bar{1}23)$ : lieferte an Kristall 4 ein einfaches und trotz sehr geringer Lichtstärke recht deutliches Signal bei  $\varphi = -133^\circ 43'$ ,  $\varrho = 27^\circ 47'$ .

$r(\bar{1}12)$ : die ganz schmale, aber absolut deutliche Fläche an Kristall 4 lieferte ein sehr schwaches und gestrecktes Signal. Die Position wurde bestimmt zu  $\varphi = -92^\circ 42'$ ,  $\varrho = 35^\circ 47'$ .

$O(1\bar{1}1)$ : wurde ebenfalls an Kristall 4 als ganz schmale Fläche am linken Rand beobachtet und an Hand eines sehr schwachen, aber einfachen Signals eingestellt. Die Position ergibt sich als  $\varphi = 112^\circ 31'$ ,  $\varrho = 64^\circ 55'$ .

$g(011)$ : lieferte als kleine rauhe dreieckige Fläche an Kristall 5 unerwarteter Weise ein recht brauchbares Signal der Position  $\varphi = 164^\circ 04'$ ,  $\varrho = 46^\circ 54'$ .

#### 4. Rechnerische Auswertung

Eine Winkeltabelle für die Tinzenitformen wurde nach den von V. GOLDSCHMIDT ausgearbeiteten Methoden und Formeln\*) berechnet, wobei folgende Grundwerte als Ausgang dienten:

---

\*) V. GOLDSCHMIDT (1886, 1897, 1934).

1 :	$\varphi_{001} = 14^\circ 14'$ ,	$\varrho_{001} = 48^\circ 25'$ .
Sie liefern	$x'_0 = 0,2860$ ,	$y'_0 = 1,0901$
2 : $\varphi_{100} = 85^\circ 52' = \nu$		
3 : $\varphi_{111} = 32^\circ 54'$	$\varrho_{111} = 76^\circ 01'$	liefern $p'_0 = 1,9002$ $q'_0 = 2,1446$
$\varphi_{101} = 60^\circ 37'$	$\varrho_{101} = 67^\circ 59'$	" $1,8738$ —
$\varphi_{1\bar{1}\bar{1}} = -126^\circ 22'$	$\varrho_{1\bar{1}\bar{1}} = 62^\circ 47'$	" $1,8565$ $2,1061$
$\varphi_{223} = -113^\circ 45'$	$\varrho_{223} = 46^\circ 31'$	" $1,8816$ $2,1351$
		Mittelwerte $p'_0 = 1,8780$ $q'_0 = 2,1286$

In der Tabelle sind ausser den zweikreisigen Positionswinkeln  $\varphi$  und  $\varrho$  auch für jede Form die Winkel A, B und C zu den Hauptpinakoiden (100), (010) und (001) enthalten.

Tabelle 1. *Winkeltabelle*

Formen	$\varphi$	$\varrho$	A	B	C
c 001	14° 14'	48° 25'	76° 22'	43° 32'	0° 00'
b 010	0 00	90 00	85 52	0 00	43 32
a 100	85 52	90 00	0 00	85 52	76 22
m 110	39 36	90 00	46 16	39 36	47 28½
n 210	57 22	90 00	28 30	57 22	56 55
e 011	5 04	72 50½	81 13	17 51	25 41
g 011	164 36	47 07½	81 46	134 57	91 25
d 101	60 25	68 04	33 07	62 45	43 15
f 101	-58 58	61 38	136 00	63 01	59 38
o 111	32 46	75 56	54 23	35 20	31 53
O 111	112 42	66 54	34 46	111 18	80 50
p 111	-126 29	63 08	138 54	122 02	102 29½
q 223	-113 31	46 24	133 05	106 48	84 22
r 112	-93 41	33 06	123 06	92 00	64 30½
s 122	-149 32	52 04	116 37	132 50	99 07
t 123	-137 52	26 46	109 00½	109 31	72 59

Aus den oben angeführten Werten von  $\varphi_{001}$ ,  $\varrho_{001}$  und  $\varphi_{100}$  sowie den berechneten Positionswinkeln  $\varphi = 32^\circ 46'$ ,  $\varrho = 75^\circ 56'$  der Einheitsfläche (111) wurde das Achsenverhältnis von Tinzenit mit folgenden Werten berechnet:

$$a:b:c = 0,7994 : 1 : 1,4542 .$$

$$\alpha = 136^\circ 57', \beta = 105^\circ 28', \gamma = 81^\circ 29' .$$

Der Vergleich der gemessenen mit den berechneten Positionen gestaltet sich folgendermassen: für die Hauptformen, die mehrfach eingemessen werden konnten und für die eine zweckentsprechende

Mittelwertbildung durchführbar war, ist die Übereinstimmung, wie folgende Tabelle zeigt, durchwegs eine ausgezeichnete. Die grösste Abweichung beträgt  $0^{\circ} 21'$ , und die Differenzen sind meist wesentlich kleiner. Ähnlich gute Resultate ergeben sich bei der selteneren Form g (011), die deswegen ebenfalls in die Tabelle aufgenommen wurde und als gesichert gelten kann.

Tabelle 2

Formen	Differenzen zwischen gemessenen und berechneten Werten	
	$\gamma$	$\varrho$
d (101)	+ 0° 12'	- 0° 04'
e (011)	- 0 04	+ 0 03½
m (110)	- 0 03½	-
n (210)	+ 0 12	-
o (111)	+ 0 08½	+ 0 05½
p (1̄11)	- 0 06½	- 0 21
q (2̄23)	+ 0 14	+ 0 07
g (011)	- 0 11	- 0 13½

Für die an Kristallen 1 und 2 gefundene Form f (101) ergibt sich die Tatsache, dass, obwohl die zwei gemessenen  $\varphi$ -Werte nur  $0^{\circ} 31\frac{1}{2}'$  auseinander liegen, die Differenzen zwischen dem Mittelwert aus diesen und dem berechneten  $\varphi$ -Wert volle  $2^{\circ} 48'$  beträgt. Es muss dies dahin gedeutet werden, dass das gewählte einfache Symbol die Flächenlage nur unbefriedigend wiedergibt und durch dasjenige einer benachbarten Lage zu ersetzen wäre. Für die in Frage kommende Vizinale kommt bei der starken Annäherung an eine einfache Lage nur ein Symbol von sehr komplexem Charakter in Betracht. Die Deutung von f als (101) kann auf Grund der vorliegenden Messungen nicht als gesichert gelten.

Für die übrigen Formen, die in sehr kleinen Flächen vorkommen und nur einmal gemessen werden konnten, sind ebenfalls sehr beträchtliche Abweichungen zwischen beobachteten und berechneten Werten bei wenigstens einem der Positionswinkel vorhanden. Keine dieser Formen kann als gesichert betrachtet werden.

### Transformationen

Obgleich die gewählte Aufstellung und Indizierung den konventionellen Regeln entspricht und an Einfachheit nichts zu wünschen übrig lässt, kann doch die Frage gestellt werden, ob unter

Heranziehung weiterer an sich möglicher, jedoch nicht beobachteter Flächenlagen eine noch befriedigendere Achsenwahl getroffen werden könnte. Eine solche Möglichkeit muss schon deswegen in Erwägung gezogen werden, weil das aus den Beobachtungen an Kristall 1 gefolgte Achsenkreuz ein sehr schiefes ist und namentlich mit seinem Winkel  $\alpha = 137^\circ$  von den sonst bevorzugten mehr rechtwinkligen Systemen stark abweicht. Aus der Betrachtung der Zonen-

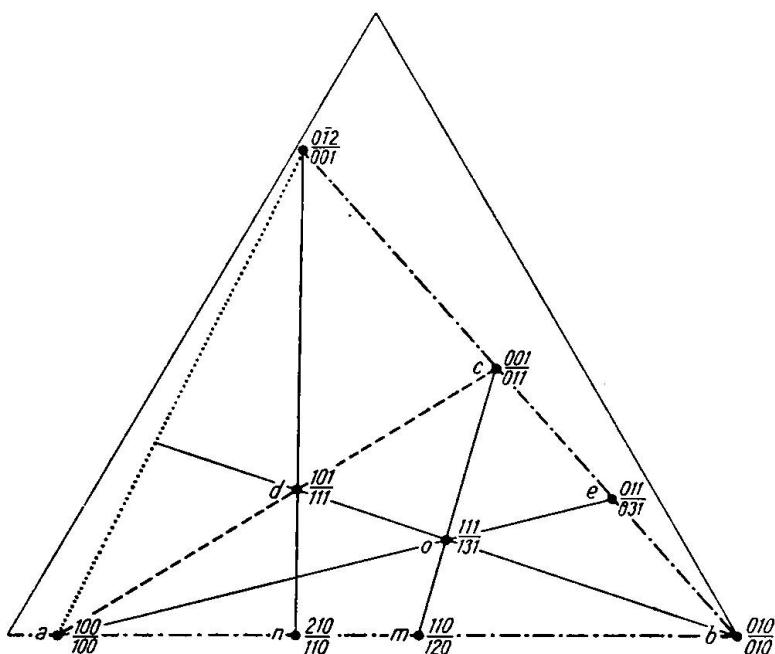


Fig. 3. Dreiecksprojektion der im oberen, vorderen, rechten Quadrant liegenden Flächen von Tinzenit. Von den jedem Pol zugeordneten Indizes beziehen sich die oberen auf die normale, die unteren auf eine alternative Aufstellung (siehe Text). Strichpunktiert: gemeinsame a- und c-Achsenzonen beider Aufstellungen. Gestrichelt resp. punktiert: b-Achsenzone der normalen resp. alternativen Aufstellung

verläufe in der gnomonischen Projektion Figur 2, sowie besonders deutlich in Figur 3, die in sogenannter winkeltreuer Dreiecksprojektion (R. L. PARKER, 1938) die im rechten vorderen oberen Quadrant liegenden Flächen wiedergibt, geht nun hervor, dass die Zonenlinie  $n-d-p=[\bar{1}21]$  die Zone  $b-e-c-g=[100]$  in einem Punkt schneidet, der wesentlich zentraler liegt als  $c(001)$ . Es ist der Pol der Fläche  $(0\bar{1}2)$  mit den Positionswinkeln  $\varphi=84^\circ 51'$ ,  $\varrho=16^\circ 01'$ . Wählte man diese Form zum Basispinakoid, so wäre, falls die Formen a und b ihre Symbole beibehalten, ein Achsenkreuz festgelegt, dessen Winkel folgende (graphisch bestimmte) Werte aufweisen:

$\alpha = 90\frac{1}{2}^\circ$ ,  $\beta = 106^\circ$ ,  $\gamma = 94^\circ$  und somit an „Orthogonalität“ allen Ansprüchen genügen. Wie aus Figur 3 ersichtlich ist, ergibt sich nun d als natürliche Einheitsfläche (111), was zur Folge hat, dass f, O und p resp. zu (111), (111) und (111) werden und folgende Transformationsformeln den Übergang der alten (ungestrichenen) in die neuen (einfach gestrichenen) Indizes und umgekehrt vermitteln:

$$\begin{array}{ll} h' = h & h = h' \\ k' = (2k + l) & k = \frac{1}{2}(k' - l') \\ l' = l & l = l' \end{array}$$

Das für die neue Aufstellung gelende Achsenverhältnis lautet nach graphischer Bestimmung:

$$a : b : c = 0,58 : 1 : 1,04$$

Trotzdem diese Aufstellung den konventionellen Regeln Genüge leistet und somit an sich verwendet werden könnte, bietet ihre Bevorzugung gegenüber der ursprünglichen keine eindeutigen Vorteile. Denn es muss den Vorzügen eines mehr rechtwinkligen Achsenkreuzes die Tatsache entgegengestellt werden, dass die häufige und oft recht gross entwickelte Einheitsform o nun die Indizes (131) erhält, die für eine Hauptform doch unnatürlich kompliziert erscheinen. Es wurden also für die Winkeltabelle (S. 485) die auf die ursprüngliche Aufstellung bezüglichen Indizes beibehalten. Die Positionsinkel der einzelnen Flächen sind natürlich in beiden Fällen gleich.

Anschliessend an diese Transformation kann die Frage noch diskutiert werden, ob zwischen Tinzenit und dem ebenfalls triklinen Mineral Axinit morphologische Verwandtschaftsbeziehungen aufgedeckt werden können. Solche wurden von vorne herein vermutet, weil ja der habituellen Entwicklung von Tinzenit mit ihrem tafeligen scharfkantigen Gepräge eine Ähnlichkeit zu manchen Axinitausbildungen nicht abgesprochen werden kann.

Versuche haben gezeigt, dass eine befriedigende Parallelisierung beider Formensysteme nicht zu erreichen ist, solange die bis jetzt benutzte Grundzone als solche beibehalten wird. Die wohl grösste Annäherung, die unter diesen Umständen erzielt werden kann, zeigt die stereographische Projektion Figur 4. Sie gibt die Flächenverteilung des Tinzenits wieder, die resultiert, wenn an der zuletzt besprochenen Aufstellung die Vorzeichen der h-Indizes gewechselt werden. Zweifellos enthält das Projektionsbild axinitartige Züge, die besonders dadurch unterstrichen werden, dass nach den von H. WALDMANN (1948) ermittelten optischen Daten des Mangansili-

kats die optische Achsenebene einen nur kleinen Winkel mit der Zone [211] bildet und damit eine ganz ähnliche diagonale Stellung im Stereogramm aufweist, wie das bei Axinit der Fall ist (Aufstellung und optische Daten von M. A. PEACOCK, 1937). Allein die metrischen Beziehungen, sowie die Einzelheiten der Flächenverteilung und der Zonenverläufe lassen doch eine nähere Übereinstimmung vermissen und deuten darauf hin, dass diese Lösung nicht das Richtige trifft.

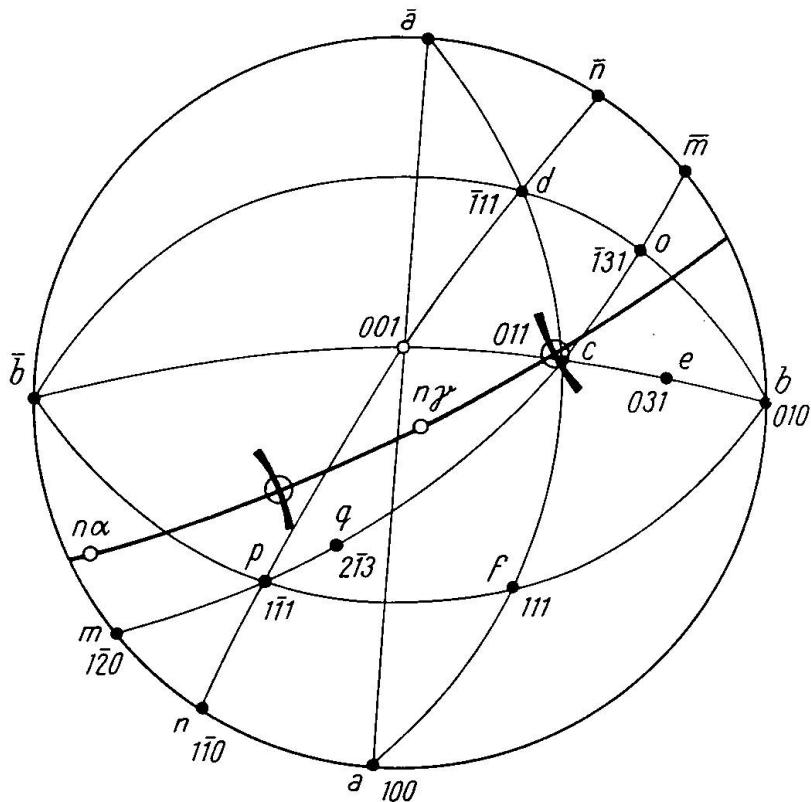


Fig. 4. Stereographische Projektion der Formen von Tinzenit in einer Aufstellung, bei der die optische Achsenebene (kräftig ausgezogener Grosskreis) eine analoge Lage besitzt wie bei Axinit

Wesentlich besser vermag ein Parallelisierungsversuch zu befriedigen, der aus einer Vertauschung der ursprünglichen [110]- und [001]-Zonen des Tinzenits hervorgeht und an folgende Transformationsgleichungen gebunden ist (doppelt gestrichene Indizes entsprechen der neuen, ungestrichene Indizes der ursprünglichen Aufstellung).

$$\begin{aligned} h'' &= -(k+l) & h &= k'' \\ k'' &= h & k &= k'' - l'' \\ l'' &= h - k & l &= -h'' - k'' + l'' \end{aligned}$$

Folgende Tabelle lässt beurteilen, welch' weitgehende Angleichung an die Axinitmorphologie durch diese Umstellung erzielt wird. Sie enthält links die Formen von Tinzenit mit ihren ursprünglichen und neuen Symbolen, rechts die korrespondierenden Formen des Axinit.

Tabelle 3

	Tinzenitformen		Axinitformen	
	Symbol e alt	neu		
*p	(11̄)	(010)	b	(010) (1)
*a	(100)	(011)	r	(011) (2)
*m	(1̄10)	(1̄10)	M	(1̄10) (3)
*d	(101)	(1̄11)	x	(1̄11) (4)
*n	(210)	(1̄21)	s	(1̄21) (5)
*c	(001)	(100)	a	(100) (6)
r	(11̄2)	(110)	m	(110) (9)
g	(01̄1)	(001)	c	(001) (10)
O	(1̄11)	(012)	z	(012) (11)
f	(10̄1)	(111)	n	(111) (12)
t	(1̄23)	(1̄11)	Y	(1̄11) (14)
s	(1̄22)	(01̄1)	e	(01̄1) (15)
b	(01̄0)	(101)	v	(101) (18)
*o	(1̄1̄1)	(210)	X	(210) (-)
*q	(22̄3)	(120)	r'	(120) (-)
e	(01̄1)	(201)	"	(201) (-)

Es ist ersichtlich, dass eine Parallelisierung der Formen durchwegs möglich ist. Geordnet ist die Tabelle nach der von P. LEANDER FEHR (1943) durch Mittelung der Fundorts- und Kombinationspersistenzwerte ausgearbeiteten Rangliste der Axinitformen, wobei die in Klammern beigefügten Zahlen die Stellung dieser Formen unter den 20 wichtigsten angeben. Es ist auffallend, dass von den 16 Tinzenitformen 13 mit diesen in Parallele gestellt werden können. Weiterhin ist festzustellen, dass von den 8 Formen, die S. 479 als die häufigsten des Tinzenits charakterisiert wurden und hier mit einem \* versehen sind, 6 mit den 6 ranghöchsten Axinitformen übereinstimmen.

Vom Standpunkt der Metrik ist die Annäherung zu Axinit keine gute. Bei der Parallelisierung der zwei Formenkomplexe müssen also beträchtliche Deformationen in Kauf genommen werden. Trotzdem ist die räumliche Verteilung der Flächenlagen und vor allem der Verlauf der Zonen ein hinreichend ähnlicher, um die Konstruk-

tion eines Idealbildes des Tinzenites (Fig. 5) zu erlauben, in welchem die „axinitähnliche“ Aufstellung und Ausbildung augenfällig zur Geltung kommen. Es kann zum Schlusse dieser Diskussion noch erwähnt werden, dass nach einer mündlichen Mitteilung von Herrn Professor E. BRANDENBERGER zwischen röntgenometrischen Pulver-

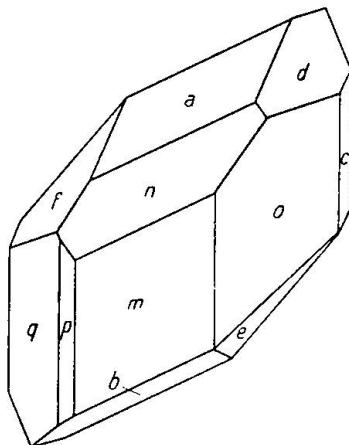


Fig. 5. Tinzenit: Idealbild in einer die morphologische Ähnlichkeit mit Axinit deutlich zeigenden Aufstellung (siehe Text). Es bedeuten: a (011), b (101), c (100), d (111), e (201), f (111), m (110), n (121), o (210), p (010), q (120)

aufnahmen von Tinzenit und solchen von Axinit auffallende Ähnlichkeiten bestehen, namentlich zwischen den unter kleinen Winkeln auftretenden Linien beider Diagramme. Auch scheinen chemische Analogien zu bestehen, deren Interpretierung aber bis heute noch nicht überzeugend gelang.

### Summary

On specimens collected at the Furtschella, Parsettens (Val d'Err) by Dr. HERMANN GEIGER (Basle), well-developed crystals of the manganese silicate Tinzenite were found for the first time. Two-circle goniometric measurements proved these to be triclinic with an axial ratio  $a:b:c = 0,799:1:1.454$ ,  $\alpha = 136^\circ 57'$ ,  $\beta = 105^\circ 28'$ ,  $\gamma = 81^\circ 29'$ . The forms found may be listed as follows: I. frequent and large: a (100), m (110), n (210), p (111), q (223). II. frequent and medium-sized: o (111), d (101). III. frequent and small: c (001). IV. less frequent and small: b (010). V. rare and small: e (011), f (101), s (122). VI. very rare (mostly uncertain) and small: g (011), O (111), r (112), T (123). An angle-table is given and some alternative settings are discussed.

### Literaturverzeichnis

- P. LEANDER FEHR, 1943: Zur Morphologie des Axinit. Schweiz. Min. Petr. Mitt. 23, 1—71.
- TH. GEIGER, 1948: Manganerze in den Radiolariten Graubündens. Beiträge zur Geologie der Schweiz, Geotechnische Serie, 27.
- V. GOLDSCHMIDT, 1886: Index der Krystallformen der Mineralien. 1. Band, Berlin.
- 1897: Krystallographische Winkeltabellen. Berlin.
- 1934: Kursus der Kristallometrie. Berlin.
- J. JAKOB, 1923: Vier Mangansilikate aus dem Val d'Err (Kt. Graubünden). Schweiz. Min. Petr. Mitt. 3, 227—237.
- 1926: Die Tinzenitvarietäten aus dem Val d'Err (Kt. Graubünden). Schweiz. Min. Petr. Mitt. 6, 200—202.
- 1933: Die Manganerzlagerstätten zwischen Val d'Err und Roffna (Oberhalbstein), ihre Begleitmineralien und ihre Genesis. Schweiz. Min. Petr. Mitt. 13, 17—39.
- R. L. PARKER, 1938: Ein Netz zur Winkeltreuen Dreiecksprojektion. Schweiz. Min. Petr. Mitt. 18, 475—479.
- M. A. PEACOCK, 1937: On the crystallography of Axinite and the normal setting of triclinic crystals. Amer. Min. 22, 588—620.
- E. SANERO, 1936: Ricerche chimiche sulla tinzenite e parsettensite della miniera di Cassagna (Liguria). Period. di Min. 7, 123—132.
- H. WALDMANN, 1947: Glashohlkugel für Kristall- und Edelsteinuntersuchungen und ihre Verwendung als Zusatzgerät zum Universaldrehtisch. Schweiz. Min. Petr. Mitt. 27.
- 1948: Über die Kristallogistik von Tinzenit. Schweiz. Min. Petr. Mitt. 28.

Mineralogische Sammlung Eidg. Techn. Hochschule.

Eingegangen: 13. Februar 1948.