

## Die Anwendung der Häufungsmethode auf zweikreisige Kristallmessung.

Von **T. J. Woyno** in Zürich.

Mit 7 Textfiguren.

(Schluß.)

### Vereinfachte Formel für $\varrho'$ .

Die genaue Formel für die Berechnung der Koordinate  $\varrho'$  ist

$$\sin \varrho' = \sin \varrho_1 \cos \varrho - \cos \varrho_1 \sin \varrho \cos \varphi \dots \dots \dots (2)$$

Nun darf, solange  $\varphi$  klein ist, d. h. für Punktmengen, welche in der Nähe des Äquators der Messung liegen,  $\cos \varphi = 1$  gesetzt werden. Dann folgt:

$$\sin \varrho' \approx \sin \varrho_1 \cos \varrho - \cos \varrho_1 \sin \varrho$$

und

$$\varrho' \approx \varrho_1 - \varrho \dots \dots \dots 2a)$$

Ist dagegen  $\varphi$  annähernd gleich  $90^\circ$ , was in der Nähe des Pols der Messung eintritt, so ist  $\cos \varphi = 0$  zu setzen, dann ist

$$\sin \varrho' = \sin \varrho_1 \cos \varrho \dots \dots \dots (2b)$$

Von den Formeln (2 a) und (2 b) verdient die erste wegen ihrer Einfachheit besondere Beachtung; die zweite bedarf keiner weiteren Erklärung, weil ihre Berechnung auf die Formel (1) zurückgeführt werden kann.

Die in (2) auftretenden Größen  $\varrho_1$  und  $\varrho$ , nämlich die Polabstände des neuen Koordinatenanfangs  $p_1$  (Fig. 2) und des Punktes  $p$ , können sich zwar beide sehr stark ändern, je nachdem, in welcher Entfernung vom Pol das Häufungsgebiet liegt; ihre Differenz  $\varrho_1 - \varrho$  kann jedoch bei kleiner Ausdehnung der Häufungsgebiete, die hier in Frage kommt, niemals groß werden. Also kann der bei der Berechnung dieser Differenz begangene Fehler absolut genommen nicht groß sein. Die Größe  $\varphi$  ändert sich im Gegenteil stark bei derselben relativen Lage des Punktes innerhalb der Punktmenge: sie kann, wie es p. 115 bemerkt wurde, zwischen  $\varrho'$  und  $90^\circ$  variieren. Es empfiehlt sich also, bei der Berechnung von  $\varrho'$  darauf zu achten, daß  $\cos \varphi$  bei wachsendem  $\varphi$  nicht mehr gleich 1 gesetzt werden darf. Dieser Umstand setzt eine Grenze für die Anwendung der vereinfachten Formel (2 a):  $\varrho' \approx \varrho_1 - \varrho^1$ . Es hat sich aber als zweckmäßig erwiesen, diese Formel wegen ihrer Einfachheit

<sup>1</sup> Theoretisch ist (2 a) auch für jedes  $\varphi$  richtig, wenn  $\varrho_1 = 90^\circ$  ist, also wenn der Anfangspunkt des neuen Koordinatensystems auf dem Äquator der Messung liegt. Dann ist  $\sin \varrho' = \cos \varrho$  und  $\varrho' = 90^\circ - \varrho$ .

stets anzuwenden und nötigenfalls bei größeren Werten  $\varphi$  Korrekturen anzubringen.

Die Korrekturen bekommt man durch den Vergleich der exakten Formel (2) mit der approximativen (2 a). Wir haben nämlich

$$\sin \varrho' = \sin \varrho_1 \cos \varphi - \cos \varrho_1 \sin \varphi \cos \varphi \dots \dots \dots (2)$$

und

$$\sin \varrho' - \delta = \sin (\varrho_1 - \varrho) = \sin \varrho_1 \cos \varrho - \cos \varrho_1 \sin \varrho \quad (\text{aus 2a})$$

Die als Zuwachs des Sinuswertes ausgedrückte Differenz  $\delta$  wurde in der zweiten Gleichung mit dem Minuszeichen eingesetzt, weil durch Weglassen des Faktors  $\cos \varphi$  die rechte Seite der Gleichung (2) verkleinert wird.

Es folgt

$$\delta = \sin \varrho \cos \varrho_1 (1 - \cos \varphi) = 2 \sin \varrho \cos \varrho_1 \sin^2 \frac{\varphi}{2}.$$

Will man statt  $\delta$  eine in Minuten ausgedrückte Korrektur  $\delta'$  haben, so kann man, unter der Annahme, daß  $\delta$  eine Differenz im Bogenmaß bedeutet,  $\delta' = 3438 \delta$  setzen; 3438 ist nämlich die Anzahl Minuten in der Bogeneinheit. Die Formel (2 a) mit Korrektur lautet jetzt

$$\varrho' = \varrho_1 - \varrho + \delta' \dots \dots \dots (2a')$$

wo

$$\delta' = 2 \cdot 3438 \cdot \sin \varrho \cos \varrho_1 \sin^2 \frac{\varphi}{2}.$$

$\delta'$  kann bequem mit Rechenschieber gerechnet werden, wobei man die trigonometrischen Skalen nach vorne kehrt. Die Zahl 3438 ist als Zeichen  $\varrho'$  auf der Zunge eingetragen, freilich nur auf der Seite der arithmetischen Skalen. Man kann sie aber, um das Umkehren der Zunge während der Rechnung zu vermeiden, leicht auf die Seite der trigonometrischen Skalen übertragen, wenn man die Zunge so nach links herauszieht, daß das Zeichen  $\varrho'$  genau auf den Strich des Einschnittes auf der Kehrseite eingestellt ist, und dann mit einer scharfen Nadel eine Marke durch die Anfangsstriche 1—1 einritz. Bei richtiger Ausführung dieser Operation kommt die Marke ein klein wenig rechts von  $1^{\circ}58'$  der ST-Skala zu liegen.

Die auf dem Rechenschieber vorhandenen trigonometrischen Skalen erlauben den Winkel  $\frac{\varphi}{2}$  nur bis zum kleinsten Werte von  $34'$  einzustellen. Ist  $\frac{\varphi}{2}$  noch kleiner, dann muß  $\varphi$  nicht als  $\sin \frac{\varphi}{2}$ , sondern direkt in Minuten ausgedrückt werden; die Formel für  $\delta'$  erscheint dann in der Gestalt

$$\delta' = \frac{\varphi^2}{2 \cdot 3438} \cdot \sin \varrho \cos \varrho_1.$$

Bei Anwendung letzterer Formel ist das Umkehren der Zunge zwischen dem arithmetischen und dem trigonometrischen Teil der Rechnung unvermeidlich.

Es hat sich herausgestellt, daß die hier vorgeschlagene vereinfachte Rechnung nach der Formel  $q' = q_1 - q + \delta'$ , in welcher  $\delta'$  mit Rechenschieber ermittelt wird, recht genaue Resultate liefert. Als Beispiel möge folgende Tabelle dienen, in welcher Resultate einiger Proberechnungen zusammengestellt wurden. Die ersten drei Kolonnen enthalten die gegebenen Werte  $q$ ,  $q$  und  $q_1$ , die vierte die entsprechenden Resultate der genauen Rechnung nach Formel (2), und zwar mit siebenstelligen Logarithmen (Log. R.). Die fünfte Kolonne enthält die Differenzen  $q_1 - q$ , wie sie für die Näherungsformel gebildet werden; sie wurden in allen fünf berechneten Fällen gleich  $3^0$  gesetzt. Schließlich sind in der letzten Kolonne (Korr.) die mit Rechenschieber gerechneten Korrekturen  $\delta'$  angegeben, welche, zu  $3^0$  addiert, die Resultate der approximativen Rechnung geben. Wie man sieht, ist die Übereinstimmung zwischen IV und V + VI sehr gut. Die Tabelle zeigt gleichzeitig, wie sich das Azimut  $q$  beim Verschieben der Punktmenge vom Pol zum Äquator ändert; alle fünf Werte  $q$  wurden aus ein und demselben Werte  $q' = 3^0$  berechnet.

I	II	III	IV	V	VI
Gegeben			Log. R.	Diff.	Korr.
$q$	$q$	$q_1$	$q'$	$q_1 - q$	$\delta'$
90°	3°	6°	5° 59' 30"	3°	2° 58,9'
25° 25' 56"	7	10	3 40 3	3	40,0
10 18 42	17	20	3 15 17	3	15,3
6 37 11	27	30	3 9 2	3	9,1
4 59 20	37	40	3 6 1	3	6,2

Was die praktische Anwendung der Näherungsformeln (2a) und (2a') anbetrifft, so läßt sich für jede gegebene Punktmenge leicht entscheiden, für welche Werte die Korrektur  $\delta'$  notwendig ist. Man braucht nur unter den gegebenen Resultaten diejenigen mit größtem  $q$  auszusuchen und aus den entsprechenden Werten  $q$ ,  $q_1$  und  $q$  die Korrekturen  $\delta'$  mit Rechenschieber zu berechnen. Ist man dabei zu einem Werte von  $\delta'$  gelangt, der für die verlangte Genauigkeit vernachlässigt werden darf, so können alle übrigen  $q'$  durch bloße Subtraktion  $q_1 - q$  gebildet werden (vgl. Punkte No. 11, 12, 4, 24, 19 und 35 in den Tabellen p. 149, 150). Nach diesen Erörterungen stellt sich der Gang der Rechnung bei der Darstellung einer Punktmenge in gleichmäßigen Koordinaten  $q', q'$ , solange keine weiteren kristallographisch gleichwertigen Punktmenge mit ihr in demselben Bilde vereinigt werden sollen, folgendermaßen dar:

1. Es wird ein bestimmter Punkt  $\varphi_1 \varrho_1$  innerhalb der Menge als Anfangspunkt des neuen Koordinatensystems gewählt. Die Werte  $\varphi_1, \varrho_1$  können entweder durch bloße Wahl unter den Werten  $(\varphi) \varrho$  der Messung oder als arithmetisches Mittel aus allen Azimuten bzw. Poldistanzen erhalten werden.

2. Durch Subtraktion aller Azimute  $(\varphi)$  der Messung von  $\varphi_1$  erhält man die Werte  $\varphi$ , bezogen auf das Azimut des neuen Anfangspunktes, wie sie in den Formeln (1) und (2) auftreten.

3. Die Abszissen  $\varphi'$  der Punkte werden durch Rechnung nach der genauen Formel

$$\sin \varphi' = \sin \varphi \sin \varrho \dots \dots \dots (1)$$

oder einer von den approximativen

$$\varphi' \sim \varphi \sin \varrho \dots \dots \dots (1a)$$

$$\varphi' \sim \varrho \sin \varphi \dots \dots \dots (1b)$$

erhalten. Für die Wahl der Formel ist die Angabe des Diagramms Fig. 4 maßgebend.

4. Die Ordinate  $\varrho'$  wird zunächst nach der vereinfachten Formel

$$\varrho' \sim \varrho_1 - \varrho + \delta' \dots \dots \dots (2a')$$

wo

$$\delta' = 2.3438 \cdot \sin \varrho \cos \varrho_1 \sin^2 \frac{\varphi}{2}$$

oder

$$= \frac{\varphi^2}{2 \cdot 3438} \sin \varrho \cos \varrho_1$$

für die Punkte mit größten  $\varphi$  berechnet, bis zu einem Werte  $\varphi$ , für welchen  $\delta'$  praktisch gleich Null wird. Für alle übrigen Punkte gilt dann die Formel

$$\varrho' \sim \varrho_1 - \varrho \dots \dots \dots (2a)$$

Die Punkte können nun in rechtwinkligen gleichmäßigen Koordinaten  $\varphi' \varrho'$  z. B. auf Millimeterpapier graphisch dargestellt werden. Das Zusammenfallen von Punkten mit gleichen  $\varphi' \varrho'$  kann bis zum gewissen Grade durch mehrfaches Umkreisen derselben Stelle zum Ausdruck gebracht werden. Ist die Häufung an einer bestimmten Stelle zu stark für diese Darstellungsart, so kann man z. B. die zusammenfallenden Punkte in einem besonderen Teilbilde nebeneinander eintragen, wenn man ein Koordinatenfeld in ausreichend große Quadrate teilt und jedem Wertepaar  $\varphi' \varrho'$  ein besonderes Quadrat zuweist.

### Vereinigung gleichwertiger Punktmengen.

Messungsergebnisse, welche sich auf ein und dieselbe Kristallform beziehen, müssen, wenn sie voll ausgenützt werden sollen, in einem einzigen Bilde zur Darstellung gelangen. Erst auf diese Weise erhält man eine Grundlage für die Kritik und Auswahl der Resultate. Die Vereinigung der Punktmengen kommt im allgemeinen

Fälle durch Verschiebung des ganzen Gebietes auf der Kugeloberfläche, Drehung um die Koordinatenanfangspunkte und Spiegelung in den durch  $q'$ - und  $q''$ -Achse gehenden Großkreisebenen zustande; in besonderen Fällen sind nicht alle diese Operationen notwendig. Durch Verschiebung, welche man zweckmäßig in eine Drehung um die Polachse der Messung und eine Schiebung auf einem Meridian zerlegt, werden die Anfangspunkte  $p_1$  und  $p_2$  (vgl. Fig. 6) zur Deckung gebracht; durch Drehung und Spiegelung wird die Übereinstimmung aller gleichwertiger Richtungen innerhalb der Punktmenge erreicht. In Fig. 5 sind diese Operationen schematisch dargestellt. Zwei Punktmenge (1 und 2), deren analoge Orientierung

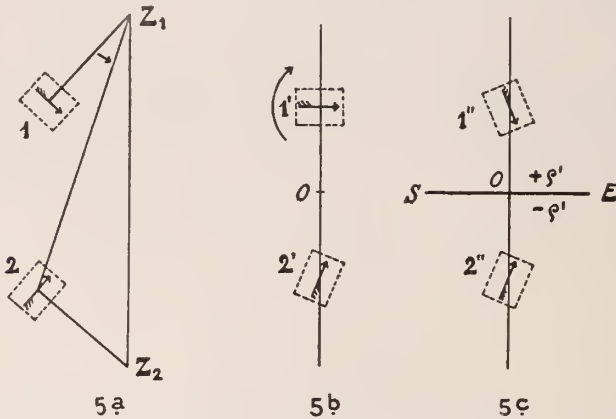


Fig. 5 a—c.

in bezug auf  $Z_1$  und  $Z_2$  durch einseitig befiederte Pfeile angedeutet ist, liegen in Fig. 5 a getrennt auf der Kugel.  $Z_1$  ist die Polachse der Messung. Durch Drehung um den Winkel  $\angle Z_1 2$  werden die beiden Punktmenge auf den gleichen Meridian gebracht (Fig. 5 b). Die darauffolgende Zusammenschiebung auf dem Meridian wurde absichtlich weggelassen: sie würde  $1'$  und  $2'$  in irgendeinem Punkte  $O$  zusammenbringen. Man sieht, daß die gegenseitige Orientierung von  $1'$  und  $2'$  noch falsch ist. In 5 c ist  $1''$  durch Drehung um seinen Anfangspunkt in symmetrische Lage zu  $2''$  gebracht worden und kann durch Spiegelung in SE zur vollen Deckung mit  $2''$  gelangen.

Die praktische Ausführung der Verschiebung, Drehung und Spiegelung stellt sich folgendermaßen dar.

Für die Verschiebung der Punktmenge ist keine besondere Rechenoperation nötig, weil durch Berechnung der Koordinaten  $q'$   $q''$  die Punktmenge von der Kugel losgetrennt werden und nur noch durch die Richtung von  $q'$  den Zusammenhang mit der ursprünglichen

Orientierung behalten. Die erste Teiloperation, nämlich die Drehung um die Achse  $Z_1$  wird durch Berechnung von  $\varphi$  erledigt; die zweite, welche eine Verschiebung längs des Meridians der Messung erfordert, — durch Berechnung von  $\varphi'$ . Man kann also, wenn zwei Punktmengen in neuen Koordinaten  $\varphi' \varphi'$  dargestellt werden sollen, ihre Anfangspunkte  $p_1$  und  $p_2$  ohne weiteres in denselben Punkt der Projektion legen. Dabei muß aber beachtet werden, daß nur der Anfangspunkt  $p_1$  der ersten Punktmenge mit seinen Koordinaten  $\varphi_1 \varphi_1$  mehr oder weniger willkürlich festgesetzt werden darf; die Lage aller anderen Anfangspunkte  $p_2, p_3 \dots p_n$  ist durch diese erste

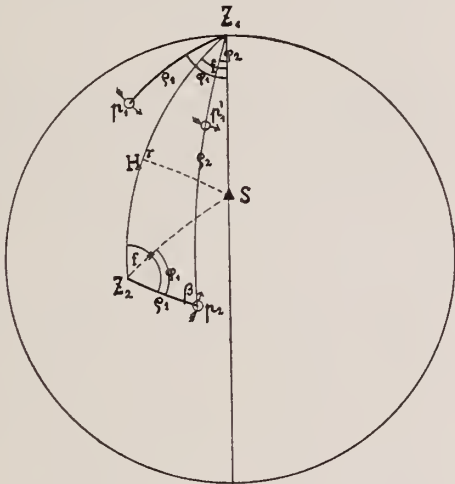


Fig. 6.

Wahl bestimmt und muß auf Grund der kristallographischen Symmetrie ermittelt werden. Zu diesem Zwecke werden, bevor man zur Berechnung der Koordinaten  $\varphi' \varphi'$  der Punkte schreitet, vor allem die Positionswinkel  $\varphi_1 \varphi_1$  des ersten Anfangspunktes entsprechend den jeweiligen Verhältnissen in die Lage  $\varphi_2 \varphi_2, \varphi_3 \varphi_3, \dots \varphi_n \varphi_n$  genau (mit Logarithmen) umgerechnet. Diese Rechnung läßt sich unter gleichzeitiger Bestimmung des für die Operation der Drehung nötigen Drehwinkels folgendermaßen ausführen.

Es sei in Fig. 6  $Z_1$  die Polachse der Messung, welche durch Drehung um die Symmetrieachse  $S$  in die Lage  $Z_2$  gebracht wird<sup>1</sup>. Die Positionswinkel  $\varphi$  von  $Z_2$  können im rechtwinkligen Dreieck  $Z_1 S H$  berechnet werden, wenn die Zähligkeit der Symmetrieachse  $S$  (Winkel  $Z_1 S Z_2$ ) und ihre Entfernung  $Z_1 S$  von der Polachse bekannt sind.

<sup>1</sup> In Fig. 6 ist die Achse  $S$  dreizählig.



Ist die Lage von  $Z_2$  bekannt, so können die Koordinaten  $q_1 q_1$  des Anfangspunktes  $p_1$  der ersten Punktmenge in  $q_2 q_2$  des kristallographisch gleichwertigen Punktes  $p_2$  der zweiten Menge ungerechnet werden. Es ist

$$\begin{array}{l} p_1 Z_1 = p_2 Z_2 = q_1 \quad \text{und} \quad p_2 Z_1 = q_2 \\ \sphericalangle p_1 Z_1 S = \sphericalangle p_2 Z_2 S = q_1 \quad \sphericalangle p_2 Z_1 S = q_2. \end{array}$$

Nun sind im Dreieck  $Z_1 p_2 Z_2$  die Seiten  $Z_1 Z_2 = r$ ,  $p_2 Z_2 = q_1$  und der eingeschlossene  $\sphericalangle Z_1 Z_2 p_2 = f + q_1$  bekannt; daraus können  $p_2 Z_1 = q_2$ ,  $\sphericalangle p_2 Z_1 Z_2 = f - q_2$  und  $\sphericalangle Z_1 p_2 Z_2 = \beta$  berechnet werden. Für die Berechnung ist Schema 4 der Physiographie von ROSENBUSCH-WÜLFING (4. Aufl. I, 1. p. 21, 22) zu verwenden.

Aus Fig. 6 ergibt sich unmittelbar, daß  $\beta$  der Winkel ist, um welchen eine von den Punktmenge gedreht werden muß, damit die gleichen Richtungen in beiden Punktmenge übereinstimmen. Nach der Drehung um  $Z_1$  (erste Teiloperation) liegt nämlich  $p_1$  in der Lage  $p_1'$ ; sein Pfeil steht senkrecht auf dem Meridian  $p_2 Z_1$  und muß um den Winkel  $\beta$  gegen den Uhrzeiger gedreht werden, um in die gleiche Lage wie  $p_2$  zu gelangen.

Bei Drehung um den Winkel  $\beta$  ist darauf zu achten, daß der Sinn dieser Drehung davon abhängt, ob wir die Punktmenge auf Pauspapier mit Millimeterpapier als Unterlage eintragen, oder direkt mit Winkel und Zirkel auf das Zeichenpapier. Im ersteren Falle bleibt das Koordinatensystem fest und die bereits eingetragene Punktmenge wird weggedreht; im zweiten ist die Punktmenge unbeweglich und das Koordinatensystem für die neue Punktmenge wird unter passendem Winkel  $\beta$  neu eingezeichnet.

Was schließlich die Operation der Spiegelung anbetrifft, so kann sie darauf beruhen, daß man vor dem Eintragen einer Punktmenge die Vorzeichen von  $q'$  oder von  $q'$  ändert. Die Operation  $q' / -q'$  entspricht der Spiegelung in einer zum Meridian senkrechten Großkreisebene; die  $q' / -q'$  in der Meridianebene. Beim Schema Fig. 5c ist eine Spiegelung  $q' / -q'$  dargestellt.

Ist bei Vereinigung der Punktmenge eine Spiegelung nötig, so muß der Drehwinkel entsprechend modifiziert werden, damit die gleichen Richtungen in beiden Punktmenge zunächst in symmetrische Stellung gelangen.

Es braucht nicht besonders hervorgehoben zu werden, daß bei allen besprochenen Operationen das WULFF'sche Netz gnte Dienste leistet.

Als Beispiel für die vorausgehenden Erörterungen wurden aus der auf p. 107 erwähnten Untersuchung über Zinkblendekristalle von Tiffin 48 Beobachtungen herausgegriffen, welche nach der Poldistanz in zwei Gruppen zu je 24 Flächen zerfallen. Der Gang

## Erste Punktmenge.

No.	I	II	III	IV	V	VI	VII
	$\varrho$	$(\varphi)$	$(\varphi)$ Einheitslage	$\varphi$	$\varphi'$	$\varrho'$	$\delta'$
1	28° 52'	45° 8'	45° 8'	- 18	- 8,7	- 7	
2	28 38	44 40	44 40	+ 10	+ 4,8	+ 7	
3	28 47	44 34	44 34	+ 16	+ 7,7	- 2	
4	28 52	45 53	45 53	- 63	- 30,3	- 7	0,24
5	29 13	44 46	44 46	+ 4	+ 19,6	- 28	
6	28 21	45 3	45 3	- 13	- 6,2	+ 24	
7	28 42	74 32	45 28	- 38	- 18,2	+ 3	
8	28 50	74 53	45 7	- 17	- 8,2	- 5	
9	28 23	74 47	45 13	- 23	- 10,9	+ 22	
10	28 23	165 6	45 6	- 16	- 7,6	+ 22	
11	29 4	161 15	41 15	+ 215	+ 104	- 16	2,86
12	28 44	161 21	41 21	+ 209	+ 100	+ 4	2,68
13	28 35	164 52	44 52	- 2	- 1	+ 10	
14	28 17	165 17	45 17	- 27	- 12,9	+ 28	
15	28 36	195 16	44 44	+ 6	+ 2,89	+ 9	
16	28 48	194 54	45 6	- 16	- 7,7	- 3	
17	28 44	195 4	44 56	- 6	- 2,89	+ 1	
18	28 52	285 5	45 5	- 15	- 7,3	- 7	
19	29 9	285 31	45 31	- 41	- 19,9	- 24	0,104
20	28 37	285 25	45 25	- 35	- 16,8	+ 8	
21	28 52	285 9	45 9	- 19	- 9,2	- 7	
22	29 16	285 28	45 28	- 38	- 18,6	- 31	
23	28 38	314 36	45 24	- 34	- 16,3	+ 7	
24	28 47	314 20	45 40	- 50	- 24,0	- 2	0,15

$$\text{Anfangspunkt: } \begin{cases} \varphi_1 = 44^\circ 50' \\ \varrho_1 = 28^\circ 45' \end{cases}$$

der Rechnung ist in den Tabellen p. 149/150 dargestellt. Die ersten beiden Kolonnen  $\varrho$  und  $(\varphi)$  enthalten die aus der Messung hervorgehenden Positionswinkel; in jeder Gruppe liegen die Flächenpole auf sechs symmetrischen Meridianen bei ungefähr gleicher Poldistanz. Zunächst wurden also alle Azimute auf die Einheitslage reduziert (III. Kolonne), was durch die Subtraktionen  $120^\circ - (\varphi)$ ,  $(\varphi) - 120^\circ$ ,  $240^\circ - (\varphi)$  usw. geschieht. Dann wurde aus allen Poldistanzen  $\varrho$  der ersten Punktmenge das arithmetische Mittel gebildet; als Resultat davon erscheint die Poldistanz  $\varrho_1 = 28^\circ 45'$  des Anfangspunktes des neuen Koordinatensystems; auf dieselbe Weise wird das Azimut  $\varphi_1 = 44^\circ 50'$  aus allen  $(\varphi)$  erhalten.



## Zweite Punktmenge.

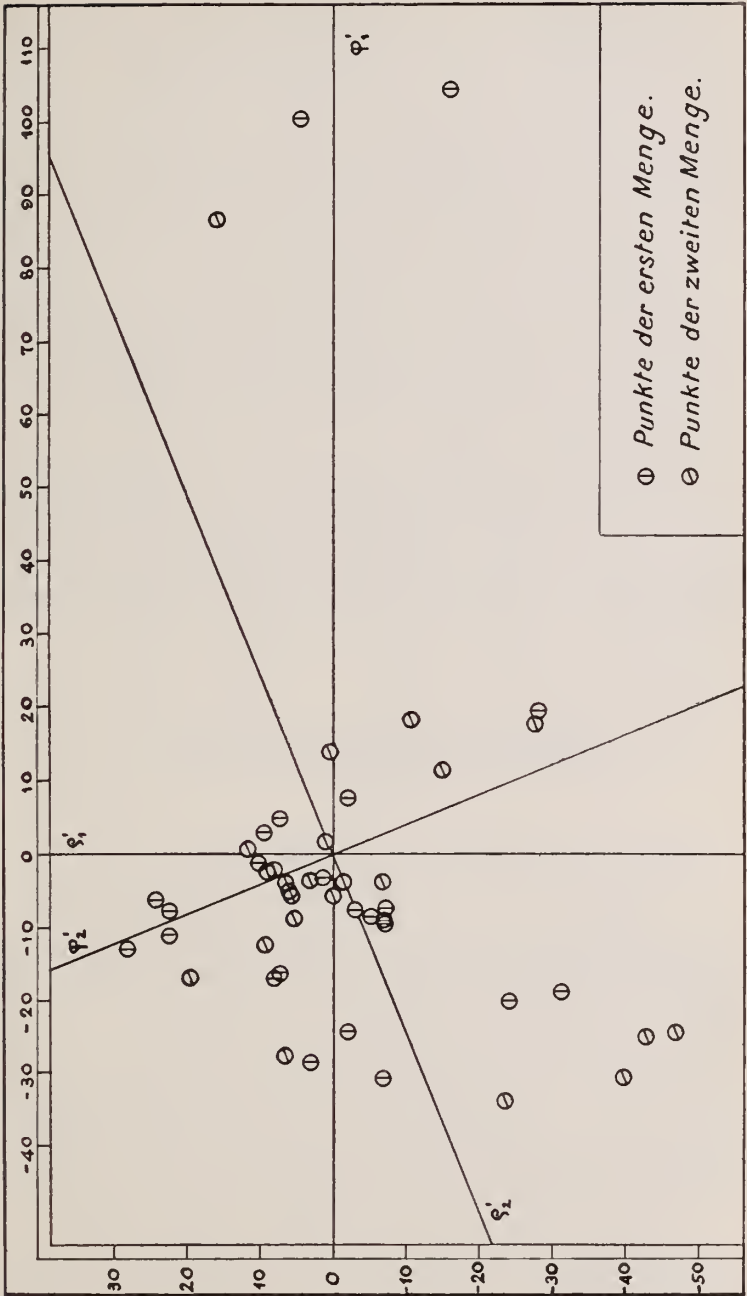
No.	I	II	III	IV	V	VI	VII
	$-q$	$(q)$	$(q)$ Einheitslage	$q$	$q'$	$q'$	$\delta'$
25	79°38'	28°28'	28°28'	-17	-17	-13	
26	79 59	27 58	27 58	+13	+13	+ 8	
27	79 38	28 16	28 16	- 5	- 5	-13	
28	78 25	28 29	28 29	-18	-18	-86	
29	80 14	27 55	27 55	+16	+16	+23	
30	79 57	91 44	28 16	- 5	- 5	+ 6	
31	79 45	91 16	28 44	-33	-32	- 6	
32	79 46	91 30	28 30	-19	-19	- 5	
33	80 34	91 24	28 36	-25	-25	+43	
34	79 50	91 57	28 3	+ 8	+ 8	- 1	
35	80 31	91 14	28 46	-35	-34	+40	0,035
36	79 50	148 2	28 2	+ 9	+ 9	- 1	
37	79 49	148 11	28 11	<u>+ 0</u>	<u>+ 0</u>	- 2	
38	79 55	148 11	28 11	<u>+ 0</u>	<u>+ 0</u>	+ 4	
39	79 46	211 59	28 1	+10	+10	- 5	
40	80 30	211 18	28 42	-31	-30	+39	
41	79 52	211 56	28 4	+ 7	+ 7	+ 1	
42	79 53	268 4	28 4	+ 7	+ 7	+ 2	
43	79 56	268 9	28 9	+ 2	+ 2	+ 5	
44	79 57	268 3	28 3	+ 8	+ 8	+ 6	
45	79 54	268 4	28 4	+ 7	+ 7	+ 3	
46	79 53	331 53	28 7	+ 4	+ 4	+ 2	
47	80 31	331 40	28 20	- 9	- 9	+40	
48	79 59	332 13	28 47	+24	+24	+ 8	

$$\text{Anfangspunkt (aus } q_1, q_1): \begin{cases} q_2 = 28^\circ 11' \\ q_2 = -79^\circ 51' \end{cases}$$

$$\text{Winkel } \beta = 112^\circ 12'.$$

Nun wurden  $q_1, q_1$  auf die Lage  $q_2, q_2$  genau umgerechnet, wovon hier nur das Resultat  $q_2 = -79^\circ 51'$ ,  $q_2 = 28^\circ 11'$  und der Drehwinkel  $\beta = 112^\circ 12'$  mitgeteilt werden sollen.

Die Subtraktion der Werte  $(q)$  von  $q_1$  bzw.  $q_2$  liefert in beiden Gruppen die auf die Meridiane der Anfangspunkte bezogenen Azimute  $q$  (Kolonne IV). Daraus und aus den entsprechenden Werten  $q$  wurden, ausnahmslos nach der vereinfachten Formel (1a):  $q' = q \sin \varrho$ , die Werte  $q'$  mit Rechenschieber berechnet, und zwar in folgender Gruppierung:



Einstellung der Zunge	Flächen
$\varrho = 28^{\circ}20'$ . . . . .	No. 9, 14; 6, 10.
28 40 . . . . .	„ 7, 12, 13, 15, 17, 20, 23, 24; 2, 3, 16.
29 0 . . . . .	„ 4, 11, 19; 1, 8, 18, 21.
29 20 . . . . .	„ 5, 22; —.

Bei der zweiten Punktmenge wurde nur einmal auf  $\varrho = 80^{\circ}$  eingestellt und mit Glasläufer ermittelt, daß bis zu  $\varrho = 28'$  keine Änderung der Werte  $\varrho$  beim Umrechnen in  $\varrho'$  nötig ist; deshalb sind nur für die Flächen No. 31, 35 und 40 neue Werte  $\varrho'$  eingesetzt worden.

Die Berechnung von  $\delta'$  für die Formel  $\varrho' = \varrho_1 - \varrho + \delta'$  wurde nur für die Flächen No. 11, 12, 4, 24, 19 in der ersten und die Fläche No. 35 in der zweiten Gruppe mit den in der Kolonne VII angegebenen Resultaten durchgeführt. Daraus ergaben sich die Korrekturen für die Flächen 11 und 12, bei allen übrigen wurde  $\varrho' \approx \varrho_1 - \varrho$  gesetzt.

Die Punktmenge 1 konnte nun mit ihren Koordinaten  $\varrho' \varrho'$  in die Projektion eingetragen werden (Fig. 7). Nach Drehung des Koordinatensystems um  $112^{\circ}$  gegen den Uhrzeiger wurde die Punktmenge 2 mit ihr vereinigt. Die Zugehörigkeit der einzelnen Punkte zur ersten oder zweiten Punktmenge wurde durch parallel zur Koordinatenrichtung  $\varrho'$  gezeichneten Durchmesser der kleinen Kreise bezeichnet.

## Künstliche Schiebung im Titanit.

Von A. Johnsen in Kiel.

Mit 1 Textfigur.

### I. Künstliche Schiebung im Sphen.

O. MÜGGE<sup>1</sup> hat es sehr wahrscheinlich gemacht, daß die in vielen gesteinsbildenden Titanitkristallen annähernd // {221} eingelagerten Zwillingslamellen infolge von Schiebung //  $\sigma_1 = [1\bar{1}0]$  längs der irrationalen Ebene  $K_1 = (1, 1, 0.4108 \dots)$  entstanden sind und daß die zweite Kreisschnittsebene dieser Deformation //  $K_2 = (\bar{1}31)$  liegt<sup>2</sup>.

Um diese oder ähnliche Schiebungen künstlich zu bewirken, preßte ich fünf Sphenkristalle. Von vier Binnentaler Zwillingen nach (100) wurde je eines der beiden Individuen durch Abschleifen entfernt, während ein einfacher Kristall aus einer unregelmäßigen Verwachsung mehrerer Sphenindividuen vom St. Gott-

<sup>1</sup> O. MÜGGE, N. Jahrb. f. Min. etc. 1889. II. p. 98 u. Taf. II.

<sup>2</sup> Diese und alle folgenden Indizes sind auf das DES CLOIZEAUX'sche Achsenkreuz bezogen.

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

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

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

Jahr/Year: 1918

Band/Volume: [1918](#)

Autor(en)/Author(s): Woyno T. J.

Artikel/Article: [Die Anwendung der Häufungsmethode auf zweikreisige Kristallmessung. \(Schluß.\) 142-152](#)