

4157; 4261 4263 4265 4267; 4371 4372 4374 4376; 5161 5162  
 5163 5164 5165; 5271 5272 5273 5274 5275 5276 5277; 5381  
 5382 5383 5384 5385 5387; 5491 5492 5493 5496; 6171 6172  
 6173 6174 6175 6176; 6281 6283 6285 6287 6289; 6391 6392  
 6394 6395; 6.4.10.1 6.4.10.3 6.4.10.9 6.4.10.11; 6.5.11.3; 7181  
 7182 7183 7184 7185 7186 7188; 7291 7292 7293 7294 7295;  
 7.3.10.1 7.3.10.2 7.3.10.3 7.3.10.4 7.3.10.5; 7.4.11.1 7.4.11.2 7.4.11.3  
 7.4.11.4; 8191 8192 8193; 8.2.10.1 8.2.10.3 8.2.10.5 8.2.10.7 8.2.10.9  
 8.2.10.11; 8.3.11.2 8.3.11.4; 8.4.12.1; 8.6.14.3; 9.1.10.1; 9.2.11.1  
 9.2.11.2 9.2.11.3 9.2.11.5; 9.3.12.1 9.3.12.4; 10.3.13.1; 10.4.14.1  
 10.4.14.3 10.4.14.5; 11.2.13.1.

Institut f. Mineralogie u. Petrographie d. Universität Leipzig.

Eingegangen am 28. April 1919.

## Das Lauephotogramm des Eises.

Von **R. Gross** in Greifswald.

Mit 4 Textfiguren.

Nachdem F. RINNE<sup>1</sup> aus der Symmetrie eines Basis-Lauephotogramms in Anlehnung an NORDENSKJÖLD'sche Beobachtungen meßbarer Kristalle und unter Verfolgung des Isotypiegedankens das Eis als dihexagonal-pyramidal angesprochen hatte, wies O. MÜGGE<sup>2</sup> auf seine bereits früher<sup>3</sup> geäußerte Ansicht hin, daß die Flächensymmetrie von Basisplatten des Eises trigonal sei und das Eis wahrscheinlich rhomboedrisch kristallisiere. Der Widerspruch zwischen Lauephotogramm und Formenentwicklung des gewachsenen Kristalls kommt nach O. MÜGGE so zustande, daß die photographierte Eisplatte ein Zwillings nach (0001) gewesen sei.

Ich hatte die von RINNE veröffentlichten Aufnahmen seinerzeit als Assistent des Leipziger Instituts auszuführen und kann mich der MÜGGE'schen Deutung nur schwer anschließen. Die photographierten Platten waren durch Überfrieren größerer, offener Wasserspiegel entstanden. Die mikroskopische Untersuchung im konvergenten Licht zeigte, daß die Eisdecken aus vielen Kristallindividuen von 1 bis 8 mm horizontalem Durchmesser zusammengesetzt waren, wobei die optischen Achsen der einzelnen Individuen im allgemeinen nahe, aber nicht völlig genau in der Plattennormale

<sup>1</sup> F. RINNE, Das Kristallsystem und das Achsenverhältnis des Eises. Ber. sächs. Ges. d. Wiss. 69. 57. 1917.

<sup>2</sup> O. MÜGGE, Über die Symmetrie der Eiskristalle. Centralbl. f. Min. etc. H. 9 u. 10. 137. 1918.

<sup>3</sup> O. MÜGGE, Über die Plastizität der Eiskristalle. N. Jahrb. f. Min. etc. II. 211. 1895.

standen. Es wurde nun zunächst ein möglichst großes, optisch homogenes Plattenstückchen mit möglichst nahe vertikaler optischer Achse unter dem Mikroskop herausgesucht, sein Umfang markiert und das 0,15 cm starke Röntgenstrahlenbündel so auf das Präparat geschickt, daß ein Mitdurchstrahlen anders orientierter Nachbarpartien ausgeschlossen war. So wurden drei Lauephotogramme an verschiedenen Präparaten aufgenommen und jedesmal entstand (von Versuch zu Versuch in gesteigerter Klarheit) unverkennbar das Photogramm Fig. 1.

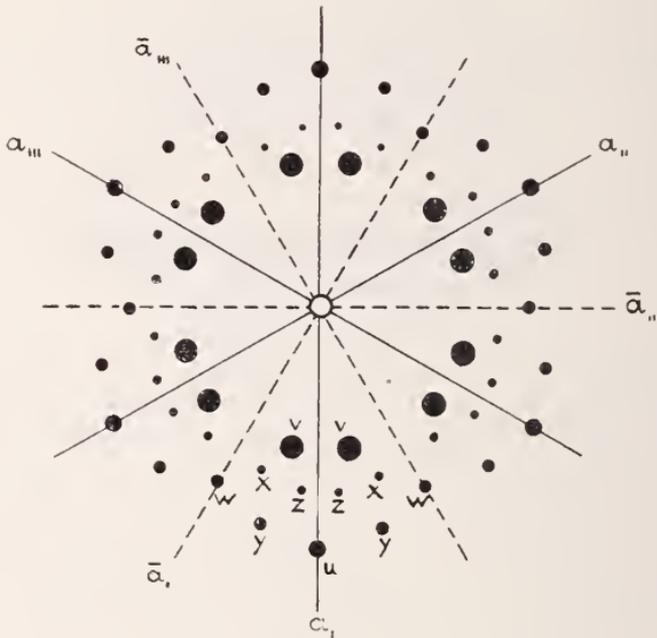


Fig. 1 nach F. RINSE.

Die Beugungsflecken waren ganzrandig, so daß die durchstrahlten Zwillingskomponenten als hintereinander liegende Platten vom Röntgenstrahl getroffen sein müßten. Außerdem müßte in jeder der drei Aufnahmen die Plattendicke der beiden Zwillingskomponenten zufällig gleich geworden sein, da die abwechselnden Sextanten genau gleiche Fleckenintensitäten aufweisen.

Ich prüfte deshalb, ob das Lauephotogramm in bezug auf eine Struktur deutbar ist und fand, daß eine sehr einfache Strukturannahme zu auffallend guter Übereinstimmung zwischen beobachteten und berechneten Schwärzungswerten führt.

Ich machte die Eisaufnahme seinerzeit absichtlich mit sehr weicher Röntgenstrahlung<sup>1</sup>. (Die Wehneltskala zeigte Fenster-

<sup>1</sup> Vgl. R. GROSS, Ber. sächs. Ges. d. Wiss. 70. 11. 1918.

nummer  $6\frac{1}{2}$  und die Härtereregulierung der verwendeten Lilienfeldröhre garantierte Konstanz des Primärspektrums während der Exposition.) Eine gleichzeitig aufgenommene Steinsalzphotographie wurde gemäß der Formel <sup>1</sup>

$$W \% = \sum_r \left| \sum_n A_n \cdot e^{2i\pi r(\alpha_n h + \beta_n k + \gamma_n l)} \right|^2 \cdot J_r \frac{e^{-\mu_r t \cdot \sec \vartheta} - e^{-\mu_r t}}{\mu (\sec \vartheta - 1)}$$

für die verschiedenen in den Beugungsflecken enthaltenen Wellenlängen nach  $J_r$  ausgewertet und ergab für das Primärspektrum die Kurve Fig. 2. Die Krümmung der Kurve entspricht den ge-

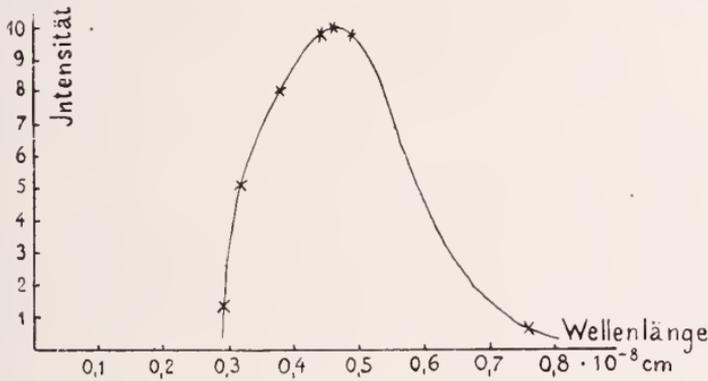


Fig. 2.

wöhnlich an Lilienfeldröhren gemessenen <sup>2</sup>, nur ist die ganze Kurve und damit auch  $\lambda_{min}$  um 0,1 Å nach rechts verschoben.

Fassen wir das Lauephotogramm als einheitlich und nicht als zwillingsmäßige Übereinanderlagerung zweier Photogramme auf, so

<sup>1</sup> W = photometrierte und reduzierte Schwärzung,

r = Ordnungszahl = 1, 2, 3 . . . ,

$A_n$  = Atomgewicht des nten im Elementarparallelepiped sitzenden Atoms,

$\alpha_n, \beta_n, \gamma_n$  sind definiert durch die Beziehung:  $\alpha_n \mathfrak{M} + \beta_n \mathfrak{N} + \gamma_n \mathfrak{P} = \mathfrak{r}_n$ , wenn  $\mathfrak{r}_n$  den Verschiebungsvektor darstellt, der einen Punkt des Grundgitters nach dem nten Punkt des eingeschalteten Gitters bringt.  $\mathfrak{M}, \mathfrak{N}, \mathfrak{P}$  sind die das Elementargitter erzeugenden Vektoren,

hkl = kristallographische Indizes,

$\mathcal{A}_{(hkl)}$  = Fläche des primitiven Parallelogramms auf (hkl),

$J_r$  = Primärintensität der in rter Ordnung spiegelnden Wellenlänge,

$\mu$  = ihr Absorptionskoeffizient,

t = Präparatdicke,

$\vartheta$  = doppelter Gleitwinkel.

<sup>2</sup> Vgl. R. GROSS und N. BLASSMANN, Drahtförmige Kristalle von Wolfram. N. Jahrb. f. Min. etc. Beil.-Bd. XLII. 1918. p. 728.

kommen wegen der deutlichen Hexagonalität der Fleckenanordnung nur die Raumgruppen  $\mathfrak{D}_{6,h}^{1-4}$ ,  $\mathfrak{C}_{6,v}^{1-4}$ ,  $\mathfrak{D}_6^{1-6}$  und  $\mathfrak{D}_{3,h}^{1-4}$  in Betracht. Für alle diese ist  $T_h$  die Translationsgruppe, und wir wählen als Elementarparallelepiped ein gerades Prisma, bei dem drei in einer Ecke zusammenstoßende Kanten die Winkel  $90^\circ$ ,  $90^\circ$ ,  $60^\circ$  resp.  $90^\circ$ ,  $90^\circ$ ,  $120^\circ$  miteinander einschließen. Nimmt man als Lage der Basiskanten dieses Prismas die Richtungen  $a_1 a_n$  (Fig. 1, Stellung A) und das Verhältnis der Höhe zur Basiskante  $= c : a = 1,6 \text{ ca.}^1$  an, so werden die Indizes der Beugungsflecken  $n, v, w, x, y, z$  der Reihe nach (1121), (1231), (2021), (1452), (1342), (2352). Diese Festlegung ist zunächst willkürlich. Wir hätten ebensogut eine Stellung A mit dem Achsenverhältnis  $nc : ma$  ( $m = 1, 2, 3 \dots$ ,  $n = 1, 2, 3 \dots$ ) oder eine Stellung B (Richtung der Basiskanten  $\bar{a}_1 \bar{a}_n$ , Fig. 1) mit einem Achsenverhältnis  $nc : ma' = nc : m \frac{a}{2} \sqrt{3}$  ( $m = 1, 2, 3 \dots$ ,  $n = 1, 2, 3 \dots$ ) wählen können. Die angegebenen Indizes (hikl) würden dann bezüglich zu (mh, mi, mk, nl), resp. [m(h-i), m(i-k), m(k-h), 2nl].

Ich stelle nun das Feld aller möglichen Indizes dar (Fig. 3), indem ich auf der Abszisse l, auf der Ordinate ( $h^2 + i^2 + hi$ ) auftrage. Danu kann ich für jede der obigen Achsenannahmen und bestimmte Größe des Elementarparallelepipeds von vornherein drei Grenzen ziehen, durch die das Feld ODEO der zu erwartenden Beugungsflecken herausgeschnitten wird.

Die Grenze ODA entspricht der Bedingung, daß keine gespiegelte Grundwellenlänge  $< \lambda_{\min}$  sein darf, also für Stellung A

$$2nc \left( \frac{h^2}{m^2} + \frac{hi}{m^2} + \frac{i^2}{m^2} + \frac{3l^2}{4n^2c^2} \right) > \lambda_{\min} \text{ oder } > 0,28 \cdot 10^{-8} \text{ cm.}$$

Für Stellung B ist  $a'$  statt  $a$  zu setzen.

Die Grenze OE verlangt, daß der Zentralabstand des Beugungsflecken den halben Durchmesser der photographischen Platte nicht überschreitet, also

$$5,30 \cdot \text{tg } \theta < 4,5 \text{ cm.}$$

Schließlich ist Grenze CDE durch die Forderung gegeben, daß der die Intensität regulierende Lorentzfaktor nicht zu klein werden darf, also:

$$\frac{1}{f_{(hkl)}} = \frac{1}{(h^2 + i^2 + hi + \frac{3l^2 m^2 a^2}{4n^2 c^2}) m^2 n^2 c^2 a^2} > \frac{1}{23}$$

<sup>1</sup> Vgl. F. RINSE, l. c. Der Abstand der vorderen, der Röhre zu-gekehrten Seite des Präparats von der photographischen Schicht betrug 5,64 cm, die Dicke des Präparats 0,7 cm. Als genaue Orte des ausgedehnten Beugungsflecken wurden solche Punkte der Messung zugrunde gelegt, daß als Abstand des idealen Beugungszentrums von der photographischen Platte 5,30 cm einzusetzen sind. R. Gross, l. c.

Für jede Stellung A und  $nc : ma$ , resp. B und  $nc : ma'$  läßt sich nun ein Diagramm wie Fig. 3 in der Weise entwerfen, daß die Grenzen ODEO die auf dem Photogramm vorhandenen Indizes möglichst eng umschließen. Aus der Lage von ODA ergibt sich

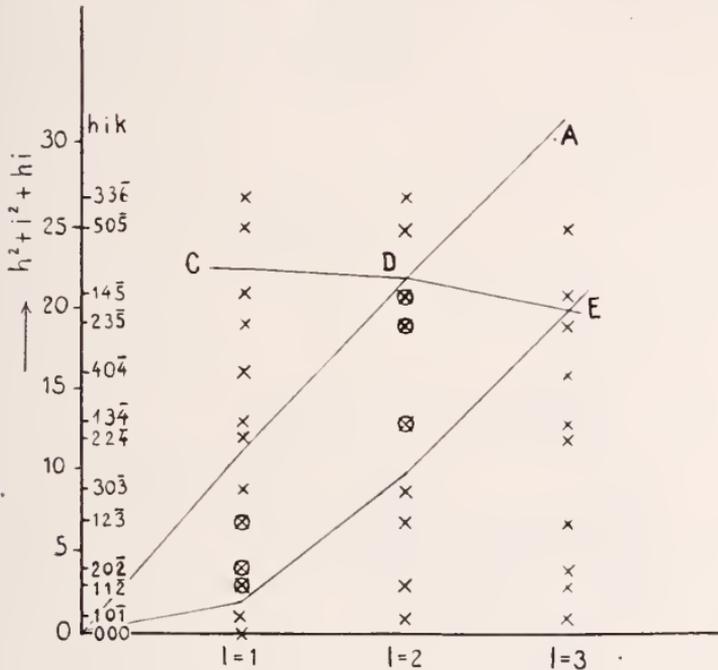


Fig. 3.

dann ein Anhaltspunkt für die absolute Größe von  $ma$  und  $nc$  und damit für die Zahl  $Z$  der im Elementarparallelepiped enthaltenen Molekel.

$$Z \cdot \frac{(2 + 16) \cdot 1,65 \cdot 10^{-24}}{m^2 a^3 \cdot nc \cdot \sqrt{3}} = \text{spez. Gew.} = 0,9161.$$

Über den Verbleib der innerhalb ODEO liegenden und auf der photographischen Platte nicht erschienenen Indizes muß dann der Strukturfaktor Auskunft geben.

Wir vernachlässigen die H-Atome als Beugungszentren und erhalten Tabelle 1 (p. 206).

Die Lösungen sind sämtlich identisch, solange die Schwärzungsverhältnisse uns nicht nötigen, die  $\alpha_n, \beta_n, \gamma_n$  der höhermolekularen Elementarparallelepipeda feiner abzustimmen. Dazu besteht aber vorläufig kein Anlaß<sup>1</sup>. Kolonne 3 und 4 der Tab. 2 sind in vor-

<sup>1</sup> Versuchsweise vorgenommene Veränderungen der  $\alpha_n, \beta_n, \gamma_n$  um wenige Prozent machten sich bereits störend bemerkbar.

Tabelle 1.

| Stellung | Achsenverhältnis | Z  | Erzeugende Punkte im Elementarparallelepiped<br>(Orte der Sauerstoffatome) |                   |                  |                   |                   |                   |                   |                   |
|----------|------------------|----|--|-------------------|------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| A        | $c : a$          | 2  | 000  | $\frac{111}{332}$ |                  |                   |                   |                   |                   |                   |
|          | $c : 2a$         | 8  | 000  | $\frac{110}{22}$  | $\frac{100}{2}$  | $\frac{010}{2}$   | $\frac{111}{662}$ | $\frac{221}{332}$ | $\frac{211}{362}$ | $\frac{121}{632}$ |
|          | $2c : a$         | 4  | 000  | $\frac{111}{334}$ | $\frac{001}{2}$  | $\frac{113}{334}$ |                   |                   |                   |                   |
|          | $2c : 3a$        | 18 |  |                   |                  |                   |                   |                   |                   |                   |
|          | $3c : a$         | 6  | 000  | $\frac{111}{336}$ | $\frac{001}{3}$  | $\frac{111}{332}$ | $\frac{002}{3}$   | $\frac{115}{336}$ |                   |                   |
|          | $3c : 2a$        | 24 |  |                   |                  |                   |                   |                   |                   |                   |
| B        | $c : a'$         | 6  | 000  | $\frac{110}{33}$  | $\frac{220}{33}$ | $\frac{011}{32}$  | $\frac{201}{32}$  | $\frac{121}{332}$ |                   |                   |
|          | $c : 2a'$        | 24 |  |                   |                  |                   |                   |                   |                   |                   |
|          | $2c : a'$        | 12 |  |                   |                  |                   |                   |                   |                   |                   |

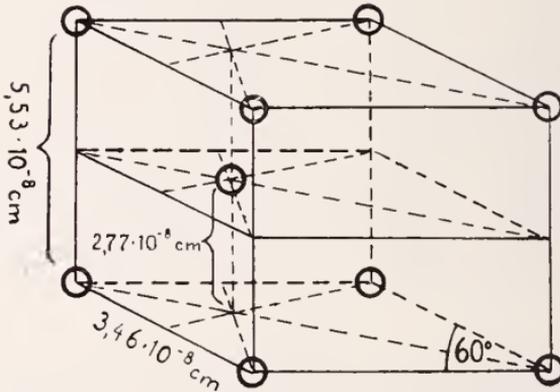


Fig. 4.

züglicher Übereinstimmung, wenn man bedenkt, daß die photometrierten Schwärzungszahlen kein Energiemaß, sondern nur eine Rangordnung darstellen.

Die RINNE'sche Achsenanordnung mit zwei Molekülen im Elementarparallelepiped ist also auch röntgenometrisch die einfachste. Das ihr entsprechende, zur Erklärung der Beugungsflecken ausreichende Gitter zeigt Fig. 4. Es ist dihexagonalbipyramidal ( $\mathcal{D}_{6h}^4$ ). Welche Meroedrierung durch die Lagen der H-Atome und durch die oben erwähnte feinere Abstimmung der  $\alpha_n, \beta_n, \gamma_n$  erreicht wird, läßt sich aus den vorliegenden Lauephotogrammen nicht ableiten.

Greifswald, Mineralogisches Institut, 3. Mai 1919.

Eingegangen den 8. Mai 1919.

Tabelle 2.

| Symbol | hkl  | Intensität<br>berechnet | Schwärzung<br>beobachtet | Zentralabstand | I. Ordnung |                     |                   | II. Ordnung                   |           |                     |                   |                                |
|--------|------|-------------------------|--------------------------|----------------|------------|---------------------|-------------------|-------------------------------|-----------|---------------------|-------------------|--------------------------------|
|        |      |                         |                          |                | $\lambda$  | Struktur-<br>faktor | Lorenz-<br>faktor | Intensität<br>I. Ord-<br>nung | $\lambda$ | Struktur-<br>faktor | Lorenz-<br>faktor | Intensität<br>II. Ord-<br>nung |
| u      | 1121 | 2,91                    | 3                        | 3,70           | 0,986      | 0                   | 3,3               | —                             | 0,493     | 4                   | 13,2              | 2,91                           |
| w      | 2021 | 0,721                   | 2                        | 3,30           | 0,756      | 3                   | 4,3               | 0,25                          | 0,378     | 1                   | 17,2              | 0,471                          |
| v      | 1231 | 4,11                    | 4                        | 2,41           | 0,445      | 3                   | 7,3               | 4,11                          | —         | —                   | —                 | —                              |
| .      | 3031 | 0                       | 0                        | —              | 0,349      | 0                   | 9,3               | —                             | —         | —                   | —                 | —                              |
| y      | 1342 | 0,704                   | 2                        | 3,52           | 0,459      | 1                   | 14,2              | 0,704                         | —         | —                   | —                 | —                              |
| z      | 2352 | 0,253                   | 1                        | 2,82           | 0,322      | 1                   | 20,2              | 0,253                         | —         | —                   | —                 | —                              |
| x      | 1452 | 0,234                   | 1                        | 2,70           | 0,293      | 4                   | 22,2              | 0,234                         | —         | —                   | —                 | —                              |

# 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: 1919

Band/Volume: [1919](#)

Autor(en)/Author(s): Gross Rud.

Artikel/Article: [Das Lauephotogramm des Eises. 201-207](#)