

ZEITSCHRIFT FÜR KRISTALLOGRAPHIE

(KRISTALLGEOMETRIE, KRISTALLPHYSIK,
KRISTALLCHEMIE)

BEGRÜNDET VON P. GROTH

HERAUSGEBER UND SCHRIFTFLEITER

PROFESSOR DR. PAUL NIGGLI
ZÜRICH

*

NEUNUNDFÜNFZIGSTER BAND

MIT 152 TEXTFIGUREN, 1 TAFEL
UND 1 KARTENSKIZZE



AKADEMISCHE VERLAGSGESELLSCHAFT M. B. H.
LEIPZIG

Reprinted with the permission of Akademische Verlagsgesellschaft, Frankfurt

JOHNSON REPRINT
CORPORATION

111 Fifth Avenue, New York, N.Y. 10003

JOHNSON REPRINT
COMPANY LIMITED

Berkeley Square House, London, W. 1

First reprinting, 1965, Johnson Reprint Corporation

Printed in Germany

Lessing-Druckerei Wiesbaden

X. Über ein neues Mineral von Långban.

Von

G. Aminoff in Stockholm.

Mit einer chemischen Analyse von G. Karl Almström.

(Mit 7 Textfiguren.)

Das betreffende Mineral wurde in Långban von einem Sammler bemerkt, welcher einige Stufen davon der Mineralogischen Abteilung des Reichsmuseums sandte. Vorbereitende Untersuchungen ergaben, daß hier ein neues Stibiat vorliegt, was durch spätere ausführliche Untersuchungen bestätigt wurde. Das neue Mineral hat den Namen Swedenborgit erhalten. Die tiefgehende Kenntnis der nutzbaren Mineralien und deren Bearbeitung, welche in den Arbeiten De Ferro und De Cupro zum Vorschein kommt, dürfte hinreichend dazu berechtigen, den Namen Emanuel Swedenborgs mit einem Mineral zu verknüpfen.

Art des Vorkommens. Das Mineral wurde zuerst in dem Arbeitszimmer »England« im westlichen Teil der Grube angetroffen. Es kommt nur kristallisiert vor, und zwar sind die Kristalle in Schlieren von Kalkspat in einem skarnführenden, körnigen Eisenglanz eingebettet. Die Kristalle erreichen eine Größe von 7—8 mm.

Begleitende Mineralien sind Richterit, Manganophyll, ein Berzeliitähnliches Mineral, sowie auch ein weißes, hexagonales Mineral, welches mit den bisher bekannten Mineralien von Långban nicht identifiziert werden kann. Die Resultate der Untersuchung der letztgenannten Mineralien werden später mitgeteilt werden.

Kristallform. Swedenborgit kristallisiert hexagonal. Andeutung einer Hemiedrie fehlt vollkommen. Mit der Bestäubungsmethode konnte keine Polarität der c -Achse nachgewiesen werden. Habitus in der Regel prismatisch. Folgende Formen sind nachgewiesen:

$$G_1 \begin{cases} c & q & o & x & p & y & m \\ 0 & \frac{1}{2}0 & \frac{1}{3}0 & \frac{1}{3}0 & 10 & 20 & \infty 0 \\ 0004 & 10\bar{1}4 & 10\bar{1}3 & 10\bar{1}2 & 10\bar{1}1 & 20\bar{2}1 & 10\bar{1}0 \end{cases}$$

Fig. 1.



Swedenborgitkristalle in Kalkspat. Natürl. GröÙe.

Aus 36 Werten von pp_0 , erhalten durch Messung von drei Kristallen, wurde berechnet:

$$\begin{aligned} p_0 &= 1,8832, \\ c_1 &= 2,8248, \\ c_{10} = c : a &= 1,6309. \end{aligned}$$

Hieraus berechnete Winkel und Koordinaten sind in Tabelle 1 zu finden.

Tabelle 1.

Swedenborgit. Hexagonal holoedrisch.

$$c = 2,8248; \log c = 0,45099; \log a_0 = 0,78769; \log p_0 = 0,27490; a_0 = 0,6432; p_0 = 1,8832; G_1$$

Nr.	Buchstaben	Synb. pq	Bravais	φ	ϱ	ξ_0	τ_0	ξ	η	x		y	$d = \lg \varrho$
										(Prismen)	$[x : y]$		
1	c	0	0004	—	0°00	0°00	0°00	0°00	0°00	0	0	0	
2	m	$\infty 0$	10 $\bar{1}$ 0	0°00	90°00	0°00	90°00	0°00	90°00	0	∞	∞	
3	q	$\frac{1}{2}0$	10 $\bar{1}$ 4	0°00	25°43	0°00	25°43	0°00	25°43	0		0,4708	0,4708
4	o	$\frac{1}{3}0$	10 $\bar{1}$ 3	0°00	31°36	0°00	31°36	0°00	31°36	0		0,6277	0,6277
5	x	$\frac{1}{3}0$	10 $\bar{1}$ 2	0°00	43°46	0°00	43°46	0°00	43°46	0		0,9416	0,9416
6	p	10	10 $\bar{1}$ 1	0°00	62°02	0°00	62°02	0°00	62°02	0		1,8832	1,8832
7	y	20	20 $\bar{2}$ 1	0°00	75°08	0°00	75°08	0°00	75°08	0		3,7664	3,7664

Die beobachteten Kristalle waren sämtlich von der Kombination cpm (Fig. 2). Nur ein Kristall (Fig. 3) zeigte die reichere Kombination $eqo\alpha p\gamma m$. In Tabelle 2 sind beobachtete und ausgeglichene Winkel aufgeführt.

Fig. 2.

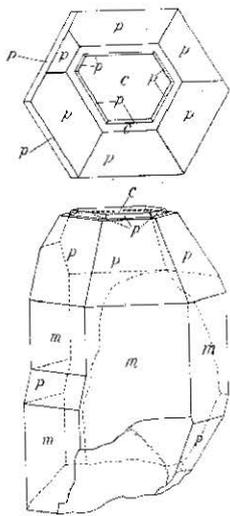


Fig. 3.

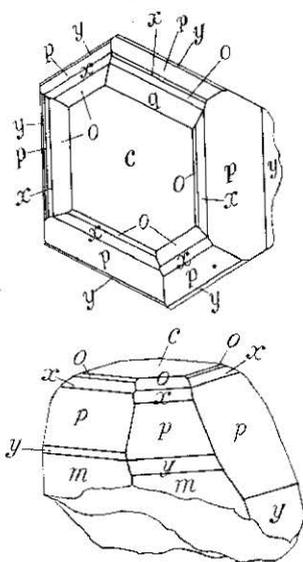


Tabelle 2.

	Grenzen	Anzahl Winkel	Mittel	Nach Tabelle 1
1011	64° 58' — 62° 09'	18	62° 02'	62° 02'
1014	25 11	4	25 11	25 13
1013	31 57 — 32 13	6	32 05	31 56
1012	43 15 — 43 19	6	43 17	43 16
2021	75 02 — 75 15	5	75 08	75 08

Optische Eigenschaften. Das Mineral ist optisch negativ. An einem natürlichen Prisma, gebildet von zwei Flächen der Pyramide p , dessen brechende Kante folglich parallel der Zone $(10\bar{1}0):(10\bar{1}1)$ war,

wurden die Brechungskoeffizienten bestimmt. Der brechende Winkel des Prismas war $55^{\circ}53'$. Folgende Werte wurden erhalten (Tabelle 3):

Tabelle 3.

λ	n_o	n_e	$n_o - n_e$
486 $m\mu$	1,7823	1,7791	0,0031
527 >	1,7775	1,7748	0,0027
540 >	1,7765	1,7738	0,0027
589 >	1,7724	1,7700	0,0024
656 >	1,7696	1,7668	0,0028
687 >	1,7684	1,7658	0,0026

Die Kristalle sind in der Regel vollkommen wasserklar, nur ausnahmsweise wurden trübe Kristalle beobachtet. Sie sind farblos bis weingelb. Etliche Kristalle mit einer stärkeren, honiggelben Farbe sind beobachtet worden.

Kohäsion. Das Mineral hat eine ansehnliche Härte, etwa 8. Eine deutliche Spaltbarkeit parallel (0001) ist vorhanden.

Chemische Zusammensetzung. Dr. phil. G. Karl Almström hatte die Freundlichkeit, eine quantitative Analyse auszuführen, welche folgendes Resultat ergab:

Tabelle 4.

	I	II	III	Zusammensetzung	Mol.-Quot.	
Sb_2O_5	54,17	—	—	54,17	0,169	0,174
P_2O_5	—	0,23	—	0,23	0,002	
Al_2O_3	—	34,72	—	34,72	0,340	1,99
CaO	0,94	—	—	0,94	0,017	
MgO	0,51	0,52	—	0,52	0,013	0,169
Na_2O	—	—	8,50	8,50	0,137	
K_2O	—	—	0,24	0,24	0,002	0,13
H_2O	0,39	—	—	0,39	0,022	
				99,68		

Die Analyse wurde an Material ausgeführt, das bei 120° getrocknet worden war. Nr. I wurde an 0,3075 g, Nr. II an 0,2932 g und Nr. III an 0,3274 g ausgeführt. Das Mineral wird von Chlorwasserstoff nicht zersetzt, auch nicht in Gegenwart von Weinsäure; es wird auch von konzentrierter Schwefelsäure nicht zersetzt. Beim Schmelzen mit Natriumkarbonat kann $\frac{2}{3}$ der Menge aufgeschlossen werden; der Rest kann durch

Die beobachteten Kristalle waren sämtlich von der Kombination epm (Fig. 2). Nur ein Kristall (Fig. 3) zeigte die reichere Kombination $epoxyym$. In Tabelle 2 sind beobachtete und ausgeglichene Winkel aufgeführt.

Fig. 2.

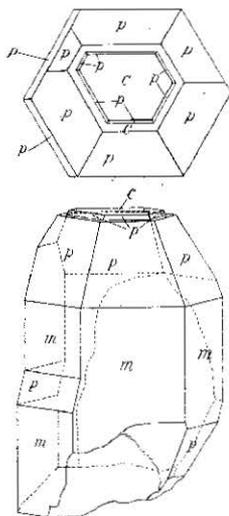


Fig. 3.

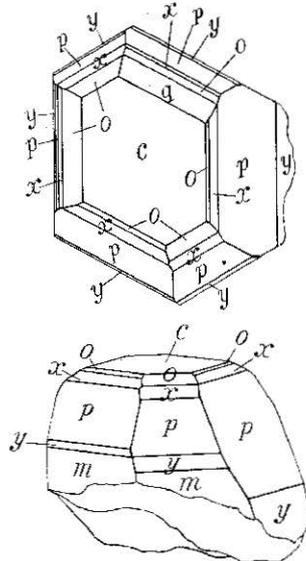


Tabelle 2.

	Grenzen	Anzahl Winkel	Mittel	
			Tabelle 1	Nach Tabelle 1
10 $\bar{1}$ 1	61°58' — 62°09'	18	62°02'	62°02'
10 $\bar{1}$ 4	25 41	4	25 44	25 43
10 $\bar{1}$ 3	31 37 — 32 43	6	32 05	31 56
10 $\bar{1}$ 2	43 13 — 43 49	6	43 17	43 16
20 $\bar{2}$ 1	73 02 — 73 45	5	73 08	73 08

Optische Eigenschaften. Das Mineral ist optisch negativ. An einem natürlichen Prisma, gebildet von zwei Flächen der Pyramide p , dessen brechende Kante folglich parallel der Zone $(10\bar{1}0):(10\bar{1}1)$ war,

wurden die Brechungskoeffizienten bestimmt. Der brechende Winkel des Prismas war 55°53'. Folgende Werte wurden erhalten (Tabelle 3):

Tabelle 3.

λ	ω	ϵ	$\omega - \epsilon$
486 $\mu\mu$	1,7823	1,7791	0,0031
527 >	1,7775	1,7758	0,0017
540 >	1,7765	1,7738	0,0027
589 >	1,7724	1,7700	0,0024
656 >	1,7696	1,7668	0,0028
687 >	1,7684	1,7658	0,0026

Die Kristalle sind in der Regel vollkommen wasserklar, nur ausnahmsweise wurden trübe Kristalle beobachtet. Sie sind farblos bis weingelb. Etliche Kristalle mit einer stärkeren, honiggelben Farbe sind beobachtet worden.

Kohäsion. Das Mineral hat eine ansehnliche Härte, etwa 8. Eine deutliche Spaltbarkeit parallel $\{0004\}$ ist vorhanden.

Chemische Zusammensetzung. Dr. phil. G. Karl Alnström hat die Freundlichkeit, eine quantitative Analyse auszuführen, welche folgendes Resultat ergab:

Tabelle 4.

	I	II	III	Zusammenstellung	Mol.-Quot.	
Sb_2O_3	54,17	—	—	54,17	0,169	0,174
P_2O_5	—	0,23	—	0,23	0,002	
Al_2O_3	—	34,72	—	34,72	0,340	1,99
CaO	0,94	—	—	0,94	0,017	
MgO	0,51	0,52	—	0,52	0,013	0,169
Na_2O	—	—	8,50	8,50	0,137	
K_2O	—	—	0,24	0,24	0,002	0,13
H_2O	0,39	—	—	0,39	0,022	
				99,68		

Die Analyse wurde an Material ausgeführt, das bei 120° getrocknet worden war. Nr. I wurde an 0,3075 g, Nr. II an 0,2932 g und Nr. III an 0,3274 g ausgeführt. Das Mineral wird von Chlorwasserstoff nicht zersetzt, auch nicht in Gegenwart von Weinsäure; es wird auch von konzentrierter Schwefelsäure nicht zersetzt. Beim Schmelzen mit Natriumkarbonat kann $\frac{2}{3}$ der Menge aufgeschlossen werden; der Rest kann durch

Schmelzen mit Kaliumpyrosulfat in Lösung gebracht werden. *Ti*, *Zr*, *Th*, seltene Erden sowie *Be* sind in dem Mineral nicht vorhanden. Vollkommen reine Stücke des Minerals enthalten auch nicht *Fe*, *Mn* oder *Zn*. Das Antimon ist in dem Mineral in fünfwertiger Oxydationsstufe vorhanden. Das Mineral ist frei von Halogenen, Schwefel und *As*.

Wie die Analyse zeigt, hat das Mineral die Zusammensetzung:

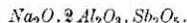
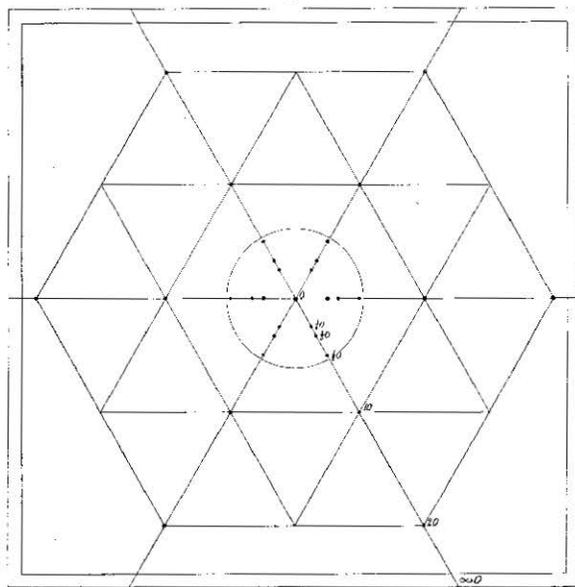


Fig. 4.



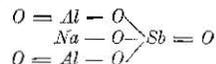
Gnomonische Gesamtprojektion der Swedenborgitformen.

Hierbei ist die unbedeutende Wassermenge außer acht gelassen.

Weiter wird angenommen, daß kleine Mengen von $\overset{II}{RO} Na_2O$ und K_2O ersetzen, sowie auch, daß eine kleine Menge von Sb_2O_5 durch P_2O_5 ersetzt wird. Das Mineral dürfte als ein Stibiät von der Zusammensetzung:

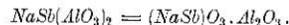


oder in Strukturformel



angesehen werden.

Rein formell kann das Mineral auch als ein Aluminaat geschrieben werden:



Eine morphologische Beziehung zu dem seltenen Mineral Nordenskiöldin von Langesund verdient hervorgehoben zu werden:

Swedenborgit: $Na(AlO)_2SbO_4$; hexagonal; $c = 4,6309$,

Nordenskiöldin: $Ca(BO)_2SnO_4$; trigonal; $c = 4,6442$,

oder, als Borat bzw. Aluminaat geschrieben:

Swedenborgit: $NaSh(AlO_3)_2$,

Nordenskiöldin: $CaSn(BO_3)_2$.

Struktur. Um Daten in bezug auf die Struktur des Minerals zu erhalten, wurden einerseits ein Lauephotogramm an 0001, andererseits ein Drehphotogramm um die c -Achse exponiert. Das Lauephotogramm zeigte vollkommene hexagonale Symmetrie. Folgende Symmetrieklassen sind somit möglich:

$$D_{3h}, C_{6v}, D_6 \text{ und } D_{6h}.$$

Die morphologisch festgestellte Symmetrieklasse D_{6h} stimmt also mit der Symmetrie des Lauephotogrammes überein.

Das Lauephotogramm (Fig. 5) wurde in gnomonischer Projektion indiziert und verschiedene Indizesfelder wurden geprüft, wobei sich als Resultat ergab, daß das Achsenverhältnis $c:a = 4,634$ den relativen Dimensionen des Elementarvolumens entspricht. Das Indizesfeld (Fig. 6) ist in der von Groß¹⁾ ursprünglich vorgeschlagenen Weise konstruiert, nur mit der von H. Espig²⁾ benutzten Veränderung. Als Ordinate wurde gewählt:

$$y = h^2 + i^2 + hi + \frac{3}{4} \frac{a^2}{c^2} l^2.$$

Hierdurch wird die Vereinfachung erzielt, daß die Wellenlängengrenzen als gerade Linien erscheinen.

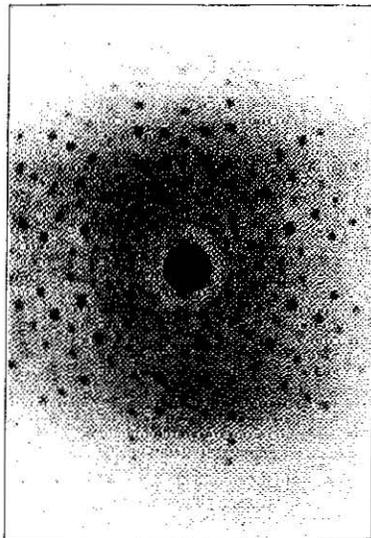
Die Lauephotogramme wurden mit einer sehr hart betriebenen Lilienfeldröhre aufgenommen. Nachdem aus dem Drehphotogramm und dem Achsenverhältnis die Dimensionen des Elementarvolumens berechnet waren,

1) Centralblatt für Mineralogie usw. 1919, S. 243.

2) Abhandl. math.-phys. Klasse d. Sächs. Akad. Wiss., Bd. 58, Nr. III, S. 22.

zeigte es sich bei der Berechnung der Wellenlängen, daß Reflexe mit λ bis 0,162 Å hinab auf dem Lauephotogramm vorhanden waren. (Dem Primärfleck am nächsten gelegene Reflexe von 5161.) Das Indizesfeld wurde dementsprechend mit $\lambda_{\min} = 0,16$ Å konstruiert.

Fig. 5.



Lauephotogramm von Swedenborgit an 0001.

Als ein wichtiges Merkmal des Indizesfeldes, welches unten diskutiert wird, mag hervorgehoben werden, daß keine Indizeskombinationen erster Ordnung vorkommen, welche die Bedingung

$$4h + 2i + 3l = 3(x + 4)$$

$$(x = 0, 1, 2, 3 \dots)$$

erfüllen.

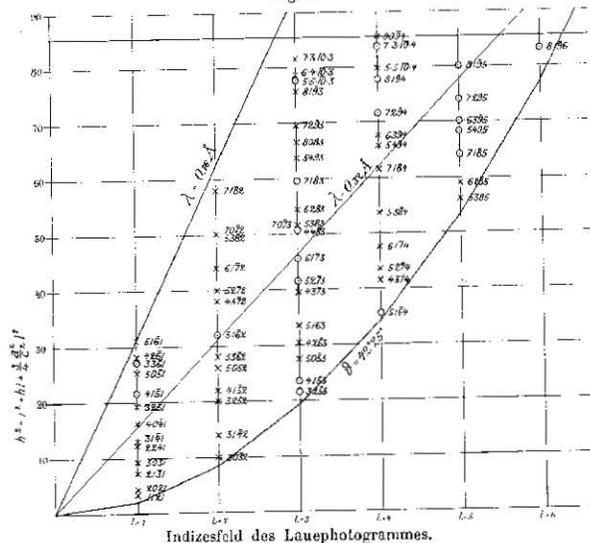
Das Drehphotogramm wurde mit Fe-Strahlung exponiert. Aus den Beziehungen

$$\cot \mu = \frac{b}{r}; \quad \frac{c}{n} = \frac{\lambda}{\cos \mu},$$

wo b = Abstand von der O -Schicht bis zur n -Schicht, r = Abstand Kristall-Film, μ = Winkel zwischen Drehachse und Sekundärstrahl und $n = 1, 2, 3, \dots$, wird berechnet:

$$\begin{aligned} l = 1; & c = 8,91 \text{ \AA}, \\ l = 2; & c = 8,81 \text{ \AA} \\ l = 3; & c = 8,73 \text{ \AA} \\ l = 4; & c = 8,80 \text{ \AA} \end{aligned} \quad \text{Mittel: } c = 8,81 \text{ \AA}.$$

Fig. 6.



Aus dem goniometrisch gefundenen und von dem Indizesfeld bestätigten Achsenverhältnis $c : a = 1,634$ wird dann berechnet $a = 5,40$ Å. Die Dimensionen des Elementarparallelepipedes sind also:

$$\begin{aligned} c &= 8,81 \text{ \AA}, \\ a &= 5,40 \text{ \AA}. \end{aligned}$$

Gemäß der Analyse, berechnet auf 100%, enthält das Mineral auf ein Molekül Sb_2O_5 , 0,04 Mol. P_2O_5 , 2,00 Mol. Al_2O_3 , 0,10 Mol. CaO , 0,08 Mol. MgO , 0,81 Mol. Na_2O , 0,01 Mol. K_2O und 0,13 Mol. H_2O . Das Gewicht des Moleküles ist also $588,55 \times 4,65 \times 10^{-24}$ g. Die Dichte

ist nach einer Bestimmung von Dr. Almström 4,285. Die Anzahl der Moleküle im Elementarvolumen ist dann:

$$N = \frac{5,40\sqrt{3} \times 8,81 \times 4,28}{2 \times 1,65 \times 588,55} = 0,98 (\sim 1).$$

Das Elementarvolumen enthält demnach ein Molekül der Zusammensetzung $Na_2O \cdot 2Al_2O_3 \cdot Sb_2O_5$.

Im Elementarvolumen sind also 2 Atome Sb , 2 Atome Na , 4 Atome Al und 12 Atome O zu placieren. Sämtliche mit D_{6h} isomorphe Raumsysteme enthalten sowohl 2-, 4- als 12-zählige Lagen. Es ist also kein Grund vorhanden, um anzunehmen, daß Atome ein und derselben Art strukturell ungleichwertige Lagen einnehmen.

Bei der Bestimmung des Raumsystems sind zunächst fehlende Indizeskombinationen in den Interferenzbildern in Betracht zu nehmen. Aus dem Indizesfeld (Fig. 6) ist ersichtlich, welche Indizeskombinationen in dem Lauephotogramm fehlen. Flecken, deren Schwärzung nur von Spiegelung erster Ordnung herrühren, sind oberhalb der mit $\lambda = 0,32 \text{ \AA}$ bezeichneten Linie gelegen. Die Indizierung des Drehdiagrammes ergab folgendes Resultat¹⁾:

$$l = 0; 11\bar{2}0, 21\bar{3}0, 30\bar{3}0, 22\bar{4}0, 31\bar{4}0, 40\bar{7}0, 32\bar{5}0, 41\bar{5}0,$$

Anm.: 10 $\bar{7}0$ fehlt, kann aber bei dem Drehen von dem Kristall abgeschirmt worden sein.

$$l = 1; 10\bar{7}1, 20\bar{2}1, 21\bar{3}1, 31\bar{4}1, 40\bar{7}1, 32\bar{5}1,$$

Anm.: 0001 fehlt, ist aber jedenfalls von dem Kristall abgeschirmt. Weiter fehlen 11 $\bar{2}1$, 30 $\bar{3}1$ und 22 $\bar{4}1$.

$$l = 2; 10\bar{7}2, 11\bar{2}2, 20\bar{2}2, 21\bar{3}2, 30\bar{3}2, 22\bar{4}2, 31\bar{4}2, 40\bar{7}2, 32\bar{5}2, 41\bar{5}2,$$

Anm.: 0002 fehlt.

$$l = 3; 10\bar{7}3, 20\bar{2}3, 21\bar{3}3, 31\bar{4}2, 40\bar{7}3,$$

Anm.: 0003, 11 $\bar{2}3$, 30 $\bar{3}3$, 22 $\bar{4}3$ fehlen.

$$l = 4; 11\bar{2}4, 20\bar{2}4, 21\bar{3}4, 30\bar{3}4,$$

Anm.: 0004 fehlt. An der Kante des Films tritt noch ein Reflex auf, der jedoch seiner schiefen Lage wegen nicht mit Sicherheit indiziert werden konnte.

Sowohl in dem Lauephotogramm²⁾ wie in dem Drehphotogramm fehlen alle Indizeskombinationen, welche die Beziehung

$$4H + 2I + 3L = 3(x+1)$$

erfüllen.

Da angenommen werden kann, daß das Diffraktionsvermögen der Sb -Atomen mindestens 4 mal so stark ist wie dasjenige der übrigen Atome

1) Hierzu kommen die β -Linien 22 $\bar{4}0$ und 41 $\bar{5}0$.

2) In erster Ordnung.

($Na^+ = 10$, $Al^{+++} = 10$, $O^{++} = 10$, $Sb^{++++} = 4$), so muß die Intensitätsverteilung in den Interferenzbildern wesentlich von der Placierung der Sb -Atome abhängen. Die Lage der Sb -Atome muß also wenigstens charakteristische und wiederkehrende Züge in der Intensitätsverteilung erklären. Andererseits können derartige Lagen der Sb -Atome nicht akzeptiert werden, aus denen Intensitäten berechnet werden, die wesentlich den observierten Schwärzungen widersprechen.

Die Möglichkeiten der Placierung¹⁾ zweier strukturell gleichwertiger Atome, welche in den Raumsystemen $D_{6h}^{1...4}$ vorhanden sind, können folgenderweise geschrieben werden (Origo ist in ein Atom gelegt):

$$000, 00\frac{1}{2} \dots (\alpha)$$

$$000, \frac{2}{3}\frac{1}{3}0 \dots (\beta)$$

$$000, \frac{2}{3}\frac{1}{3}\frac{1}{2} \dots (\gamma)$$

Eine Entscheidung zugunsten von α , β oder γ kann jetzt gemacht werden, indem man die berechnete Intensität mit der beobachteten vergleicht. Hierbei wird die Intensität in erster Annäherung proportional $n(S)^2$ gesetzt, wo n Frequenzfaktor und $(S)^2$ Strukturfaktor ist.

$l = 0$.

Indizeskombinationen, wo

$$H + 2I = 3x \quad (x = 0, 1, 2, 3 \dots): \quad \alpha \quad \beta \quad \gamma$$

$$S^2 = 0, \quad S^2 = 4, \quad S^2 = 4$$

$$\text{Übrige Indizeskombinationen:} \quad = 0, \quad = 1, \quad = 4$$

	11 $\bar{2}0$	20 $\bar{2}0$	21 $\bar{3}0$	30 $\bar{3}0$	22 $\bar{4}0$	31 $\bar{4}0$	40 $\bar{7}0$	32 $\bar{5}0$	41 $\bar{5}0$
nS^2 :	$\beta = 12$	3	6	12	12	6	3	6	24
Schwärzung:	4	0	4	2	3	4	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	4

Die Intensitätsverteilung wird also von β und γ gut wiedergegeben, während α natürlich nicht in Frage kommen kann.

$l = 1$.

$$H + 2I = 3x: \quad \alpha \quad \beta \quad \gamma$$

$$S^2 = 0, \quad S^2 = 4, \quad S^2 = 0$$

$$\text{Übrige:} \quad = 0, \quad = 1, \quad = 3$$

	10 $\bar{7}1$	11 $\bar{2}1$	20 $\bar{2}1$	21 $\bar{3}1$	30 $\bar{3}1$	22 $\bar{4}1$	31 $\bar{4}1$	40 $\bar{7}1$	32 $\bar{5}1$	41 $\bar{5}1$
nS^2 :	$\beta = 6$	24	6	12	24	24	24	6	12	48
$\gamma =$	48	0	48	36	0	0	36	18	36	0
Schwärzung:	1	0	4	2	0	0	2	$\frac{1}{2}$	2	0

α und β kommen also nicht in Frage, während γ gut die Schwärzung wiedergibt. In dem Lauephotogramm fehlt 33 $\bar{6}4$, eine Indizeskombination, die nach der Alternative γ den Strukturfaktor 0 bekommt.

1) Niggli, Geometrische Kristallographie des Diskontinuums, 1919, und Wyckoff, The analytical expression of the results of the theory of space-groups, 1922.

$l = 2.$

$$H + 2I = 3z: \quad \begin{matrix} \alpha & \beta & \gamma \\ S^2 = 4, & S^2 = 4, & S^2 = 4 \\ \text{Übrige } 1): & = 4, & = 4, & = 1 \end{matrix}$$

	0002	1012	1122	2022	2132	3032	2212	3112	4072	3252	4252	
$nS^2:$	$\alpha:$	4	24	24	48	24	24	48	48	24	48	48
	$\beta = \gamma:$	4	6	24	6	12	24	24	12	6	12	48
Schwärzung:		0	4	2	4	4	2	2	4	4	2	4

In dem Lauephotogramm fehlt auch 51 $\bar{2}$, für welche in β und γ $nS^2 = 6$; in α $nS^2 = 24$ berechnet wird. β und γ geben also die Experimente wieder, während sich α wesentlich von den experimentellen Resultaten unterscheidet. 0002 wäre möglicherweise auf einem stärker exponierten Film erschienen. Wahrscheinlich ist auch, daß andere Atome die Intensität dieser Indizeskombination herabsetzen.

 $l = 3.$

$$H + 2I = 3z: \quad \begin{matrix} \alpha & \beta & \gamma \\ S^2 = 0, & S^2 = 4, & S^2 = 0 \\ \text{Übrige:} & = 0, & = 4, & = 3 \end{matrix}$$

	0003	1013	1123	2023	2133	3033	2213	3113	4073	
$nS^2:$	$\beta:$	4	6	24	6	12	24	24	12	6
	$\gamma:$	0	48	0	48	36	0	0	36	48
Schwärzung:		0	4	0	4	1 $\frac{1}{2}$	0	0	2	2

γ gibt die Schwärzung gut wieder, währenddem β , sowie natürlich auch α , nicht in Frage kommen können. In dem Lauephotogramm (erster Ordnung) fehlen 4483, 7183 und 3.5.10.3, die alle in γ den Strukturfaktor 0 erhalten.

 $l = 4.$

$$H + 2I = 3z: \quad \begin{matrix} \alpha & \beta & \gamma \\ S^2 = 4, & S^2 = 4, & S^2 = 4 \\ \text{Übrige:} & = 4, & = 4, & = 1 \end{matrix}$$

	0004	1014	1124	2024	2134	3034	
$nS^2:$	$\alpha:$	4	24	24	24	48	48
	$\beta = \gamma:$	4	6	24	6	12	24
Schwärzung:		0	0	2	4	4	2

β und γ geben die beobachtete Schwärzung im wesentlichen besser wieder als α , jedoch ist die Übereinstimmung weniger gut als bei den Indizeskombinationen mit $l = 0$, $l = 1$, $l = 2$ und $l = 3$. Auch die Reflexe des Lauephotogrammes mit $l = 4$ werden mit β oder γ wesentlich besser erklärt als mit α .

β und γ geben nämlich den Strukturfaktor 4 für 6354, 5.5.10.4 und 9094, die auf der Platte in erster Ordnung vorhanden sind, den Struktur-

1) Für 0002 und 0004 wird $S^2 = 4$ in α , β und γ .

faktor 4 dagegen für 7294, 8194 und 7.3.10.4, die auf der Platte fehlen, während α für alle sieben genannten Indizeskombinationen denselben Strukturfaktor, oder 4, gibt.

Die Überlegung führt also zum Resultat, daß die Placierung der Sb-Atome gemäß der Alternative γ sein muß oder von dem Typus 000, $\frac{2}{3}\frac{1}{3}\frac{1}{3}$. Die Struktur des Mineralen gehörte demnach dem Systeme D_{6h}^1 an, dem einzigen, wo derartige zweizählige Lagen vorhanden sind (Niggli und Wyckoff, l. c.).

$$\frac{1}{3}\frac{2}{3}\frac{1}{3}, \frac{2}{3}\frac{1}{3}\frac{1}{3} \text{ oder } \frac{1}{3}\frac{1}{3}\frac{1}{3}, \frac{2}{3}\frac{1}{3}\frac{1}{3}.$$

Wie der Verfasser früher¹⁾ gezeigt hat, ist es für diese Atomlagen charakteristisch, daß der Strukturfaktor gleich Null ist für diejenigen Indizeskombinationen, welche die Bedingung

$$4H + 2I + 3L = 3(v + 4)$$

erfüllen.

Die Na-Atome nehmen eine der Lagen

$$000, 00\frac{1}{2} \text{ oder } 00\frac{1}{4}, 00\frac{3}{4}$$

ein; sie befinden sich also auf den hexagonalen Schraubachsen.

Die Al-Atome sind vierzählig. Vierzählige Lagen sind sowohl an den hexagonalen Schraubachsen als auch an den trigonalen Achsen möglich oder gemäß Wyckoff (l. c.):

$$\begin{aligned} & 00u, 00\bar{u}, 00\left(\frac{1}{2}-u\right), 00\left(u+\frac{1}{2}\right) \dots \dots \dots (\alpha) \\ & \frac{1}{3}\frac{2}{3}u, \frac{2}{3}\frac{1}{3}\left(u+\frac{1}{2}\right), \frac{2}{3}\frac{1}{3}\bar{u}, \frac{1}{3}\frac{2}{3}\left(\frac{1}{2}-u\right) \dots \dots \dots (\beta) \end{aligned}$$

Gemäß (α) würden somit die Na- und die Al-Atome auf ein und denselben Achsen gelegen sein. Zwei Al-Atome und ein Na-Atom hätten also nur eine Länge von 4,40 Å ($= \frac{c}{2}$) zur Verfügung. In Na und in Al kommen die Atome einander nicht näher als bzw. 3,72 Å und 2,87 Å, woraus man $d_{Na} + 2d_{Al} = 9,46$ Å, oder beinahe das doppelte von $\frac{c}{2}$

berechnet. Die Alternative (β) muß daher als sehr unwahrscheinlich abgelehnt werden. Betreffs des Parameters u dürfte dieser, vorausgesetzt daß der scheinbare Durchmesser des Al-Atoms 2,87 Å ist, nicht größer als 0,087 sein. Zugunsten eines kleinen Wertes von u spricht auch das Nichtvorhandensein auf dem Lauephotogramm einiger Indizeskombinationen in zweiter Ordnung, für welche $4H + 2I + 3L = 3(v + 4)$ ist.

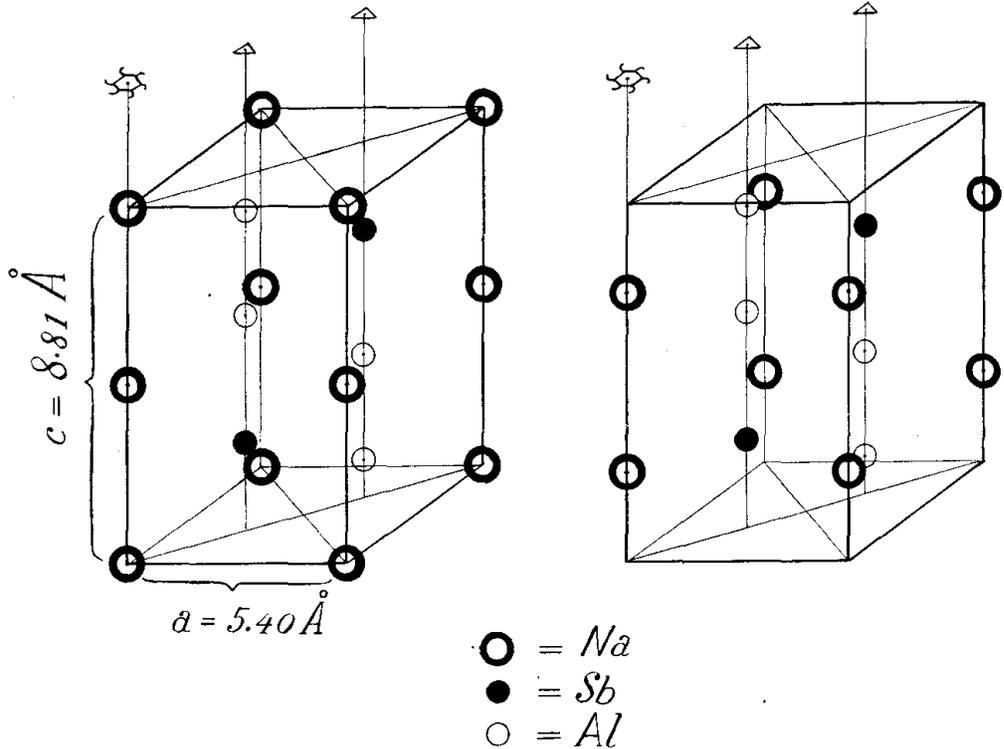
Dieses fordert nämlich beugende Zentra auf $\frac{c}{2}$.

1) Geol. Fören. Förh. Stockholm 1922, 44, p. 453.

Für die 0-Atome, die zwölfzählig sind, gibt es folgende Placierungsmöglichkeiten (Wyckoff l. c.):

- (i): $uu0, 0\bar{u}0, \bar{u}00, \bar{u}\bar{u}\frac{1}{2}, 0u\frac{1}{2}, u0\frac{1}{2},$
 $uu\frac{1}{2}, 0\bar{u}\frac{1}{2}, \bar{u}0\frac{1}{2}, \bar{u}\bar{u}0, 0u0, u00,$
- (j): $uv\frac{1}{4}, (v-u)\bar{u}\frac{1}{4}, \bar{v}(u-v)\frac{1}{4}, \bar{u}\bar{v}\frac{3}{4}, (u-v)u\frac{3}{4}, v(v-u)\frac{3}{4},$
 $vu\frac{3}{4}, \bar{u}(v-u)\frac{3}{4}, (u-v)\bar{v}\frac{3}{4}, \bar{v}\bar{u}\frac{1}{4}, u(u-v)\frac{1}{4}, (v-u)v\frac{1}{4},$
- (k): $u\bar{u}v, 2\bar{u}\bar{u}v, u2uv, \bar{u}u\bar{v}, 2uu\bar{v}, \bar{u}2\bar{u}\bar{v},$
 $u\bar{u}(\frac{1}{2}-v), 2\bar{u}\bar{u}(\frac{1}{2}-v), u2u(\frac{1}{2}-v), \bar{u}u(v+\frac{1}{2}), 2uu(v+\frac{1}{2}),$
 $\bar{u}2\bar{u}(v+\frac{1}{2}).$

Fig. 7.



Die zwei Möglichkeiten zur Placierung der Na-, Sb- und Al-Atomen.

In bezug auf die Struktur des Swedenborgits können also die Resultate folgendermaßen zusammengefaßt werden: Gittertypus I_h ; zwei Moleküle $NaAl_2SbO_6$ in dem Elementarvolumen, dessen Dimensionen sind: $c = 8,81 \text{ \AA}$ und $a = 5,40 \text{ \AA}$. Die Lagen der Atome sind (Fig. 7):

- Sb: $\frac{2}{3}\frac{1}{3}\frac{1}{4}, \frac{1}{3}\frac{2}{3}\frac{3}{4},$
Al: $\frac{1}{3}\frac{2}{3}u, \frac{1}{3}\frac{2}{3}(\frac{1}{2}-u), \frac{2}{3}\frac{1}{3}(u+\frac{1}{2}), \frac{2}{3}\frac{1}{3}\bar{u}$ (u wahrscheinlich $< \frac{1}{10}$),
Na: $000, 00\frac{1}{2}$ oder $00\frac{1}{4}, 00\frac{3}{4},$
O: Eine von den oben angeführten Lagen.