

Sr₂InF₇ - Sr₂[InF₇] ODER Sr₂F[InF₆]? [1]

J. SCHEFFLER und R. HOPPE

Institut für Anorganische und Analytische Chemie der
Justus-Liebig-Universität, Heinrich-Buff-Ring 58,
D 6300 Gießen (B.R.D.)

INHALTSÜBERSICHT

Erstmals wurden Einkristalle von Sr₂InF₇ aus dem Flux erhalten: a = 5.466(1) Å, b = 12.243(1) Å, c = 8.255(1) Å, β = 90.54(1)°, Z = 4, d_x = 5.04, d_{pyk} = 4.98, P 2₁/c, [Vierkreisdiffraktometerdaten: 1598 I_o (hkl), Mo-K_α, R = 8.2%, R_w = 6.0%]. Parameter siehe Text. Es liegt überraschend der K₂[NbF₇] - Typ vor. Der Madelunganteil der Gitterenergie, MAPLE, wird berechnet und diskutiert.

SUMMARY

The new compound Sr₂InF₇ single crystals has been prepared from a melt using single crystals, the structure of Sr₂InF₇ is isotypic with K₂NbF₇ [2]. Details of the structure are discussed, using the Madelung Part of Lattice Energy, MAPLE, and Effective Coordination Numbers, ECoN.

EINLEITUNG

Sr₂InF₇ wurde nahezu gleichzeitig von zwei Arbeitsgruppen dargestellt: Nach Grannec, der die Existenz zunächst durch Debyeogramme belegte [3], liegt eine orthorhombische Elementarzelle [4] vor. Wir wußten seinerzeit [5] bereits, daß Sr₂InF₇ monoklin kristallisiert,

zögerten aber, nach Pulverdaten die Zuordnung zum $K_2[NbF_7]$ - Typ [5] vorzunehmen. Das neue Fluorid Pb_2RhF_7 , nach Pulverdaten mit $K_2[NbF_7]$ isotyp, hat nämlich nach Einkristalldaten die gleiche Kristallstruktur wie $Ca_2F[AlF_6]$ [6]. Bei gleicher Raumgruppe und gleich besetzten kristallographischen Positionen bedingen Unterschiede der Lageparameter: daß die Struktur der Formulierung $Pb_2F[RhF_6]$ und eben nicht $Pb_2[RhF_7]$ entspricht.

Tabelle 1 zeigt, wie ähnlich die Gitterkonstanten sind. Die Zuordnung von Sr_2InF_7 [5] wie Sr_2ScF_7 [5] zum $K_2[NbF_7]$ - Typ erschien uns daher fraglich, solange nur Pulverdaten vorliegen. Die Ionenradien [7], siehe Tabelle 1, ließen eine Entscheidung auch nicht zu. Im Gegenteil, der entscheidende strukturelle Unterschied von $K_2[NbF_7]$ und $Pb_2F[RhF_6]$ sprach deutlich dafür, daß, berücksichtigt man den Einfluß der Oxidationsstufe auf die Struktur, Sr_2InF_7 eher dem $Ca_2F[AlF_6]$ - Typ zuzurechnen sei.

TABELLE 1

Gitterkonstanten von K_2NbF_7 [2], Pb_2RhF_7 [5], Sr_2InF_7 [1]
und Vergleich der Ionenradien

	K_2NbF_7	Pb_2RhF_7	Sr_2InF_7
a[Å]	5.846	5.569	5.466
b[Å]	12.693	11.854	12.243
c[Å]	8.515	8.832	8.255
β [°]	90.0	91.0	90.54
a/a_{Hyp} · 100%	68.13	66.67	66.62
b/a_{Hyp} · 100%	141.92	141.90	149.21
c/a_{Hyp} · 100%	99.23	105.73	100.61

Dabei ist $a_{Hyp} = \sqrt[3]{a \cdot b \cdot c \cdot \sin\beta}$

Ionenradien nach Shannon [7]:

Nb^{5+}	C.N. 6	0.640 Å
Rh^{3+}	C.N. 6	0.665 Å
In^{3+}	C.N. 6	0.790 Å

Schließlich war unklar, ob es sich bei den untersuchten Proben um eine Tieftemperaturform handelt. Dimorphie konnte nicht ausgeschlossen werden, da die Frage nach einer Hochtemperaturform offenblieb. Wegen der Möglichkeit, daß Sr_2InF_7 möglicherweise dimorph sei und damit beiden infrage kommenden, vom Aufbau her grundsätzlich verschiedenen Strukturtypen doch gemeinsam angehören könne, erschien eine Klärung des Aufbaus durch Untersuchungen von Einkristallen dringend geboten. Dies um so mehr, als uns die Frage, wie man Einkristalle von ternären Metallfluoriden zweckmäßigerweise züchtet, in zunehmenden Maße beschäftigt [8]. Im Gegensatz zu den Ternären Oxiden [9] der Metalle ist hier immer noch zu wenig über den strukturellen Aufbau solide durch Einkristalldaten belegt.

DARSTELLUNG DER PRÄPARATE UND EINKRISTALLE

Eingesetzt wurde SrF_2 und InF_3 , dieses aus In_2O_3 über InCl_3 zu InF_3 (alles p.a. Merck) mit verdünntem Fluor ($\text{N}_2:\text{F}_2 = 5:1$, 2d; 400°C). Gemäß [5] wurde innige Gemenge von SrF_2 und InF_3 (2:1; 650°C ; 8d; zugschweißtes Au-Rohr unter Argon) getempert. Typischer Ansatz: insgesamt 450 mg.

So erhielt man farbloses Pulver, das sich an der Luft nicht zersetzt. Zur Züchtung der Einkristalle verfährt man anders. Hier wurde TIF als Flux zugesetzt (Tl:Sr:In = 1:1:1) und getempert (600°C ; 14d). Eingerechnet ist dabei Erhitzen und langsames Abkühlen ($10^\circ\text{C}/\text{h}$). Der Schmelzkuchen wurde zerbrochen und die Kristalle unter trockenem Methanol mittels Ultraschall gereinigt. Diese Einkristalle hatten derben Habitus. Sie waren klar durchscheinend Durchmesser etwa 0.1 mm.

RÖNTGENOGRAPHISCHE UNTERSUCHUNGEN

Die monokline Indizierung der Guinier-de Wolff-Aufnahme, vgl. Tabelle 2, bestätigt unsere früheren Befunde [5]. Mittels Drehkristall-, Weissenberg- und Präzessionsaufnahmen wurden 12 Kristalle vorgeprüft und der geeignetste zur Datensammlung mit dem Vierkreisdiffraktometer eingesetzt. Die Einzelheiten der Strukturaufklärung sind in Tabelle 3 zusammengestellt. Die Ortsparameter und die anisotrop verfeinerten Temperaturfaktoren sind in Tabelle 4 zusammengestellt.

TABELLE 2

Auswertung einer Guinier-de Wolff-Aufnahme von Sr_2InF_7
 ($\lambda = 1,54051 \text{ \AA}$, Eichsubstanz: T - Quarz $a = 4,91304 \text{ \AA}$,
 $c = 5,40463 \text{ \AA}$)

h	k	l	$\sin^2 \theta_o \cdot 10^3$	$\sin^2 \theta_c \cdot 10^3$	l_o	l_c
0	2	0	15.38	15.84	1	1
1	0	0	-	19.88	-	0
1	1	0	23.86	23.84	1	1
0	2	1	24.53	24.55	4	3
1	1	-1	32.30	32.31	1	1
1	1	1	-	32.79	-	1
0	0	2	34.85	34.82	4	3
1	2	0	-	35.72	-	0
0	1	2	-	38.78	-	0
1	2	-1	44.15	44.19	1	1
0	3	1	44.38	44.35	2	3
1	2	1	-	44.67	-	0
0	2	2	50.66	50.66	2	2
1	0	-2	54.21	54.23	3	3
1	0	2	55.25	55.18	8	6
1	3	0	55.56	55.53	10	10
1	1	-2	58.14	58.19	9	8
1	1	2	59.17	59.14	5	5
0	4	0	63.40	63.37	1	1
1	3	-1	64.00	63.99	3	2
1	3	1	64.45	64.47	3	3
1	2	-2	-	70.07	-	0
0	3	2	70.49	70.47	1	2
1	2	2	-	71.02	-	0
0	4	1	72.07	72.07	1	1
2	0	0	79.50	79.53	5	6
0	1	3	82.30	82.31	1	1
1	4	0	-	83.25	-	0
2	1	0	-	83.49	-	0
1	3	-2	89.85	89.87	1	1
1	3	2	-	90.83	-	0
1	4	-1	-	91.71	-	0
2	1	-1	-	91.72	-	0
1	4	1	-	92.19	-	0
2	1	1	92.69	92.67	1	1
0	2	3	94.20	94.19	1	1
2	2	0	-	95.37	-	0
0	4	2	98.19	98.19	1	1
1	1	-3	101.47	101.48	1	1
1	1	3	-	102.91	-	0
2	2	-1	-	103.60	-	0
2	2	1	-	104.55	-	0
0	5	1	107.75	107.71	1	1
1	2	-3	-	113.36	-	0
2	0	-2	-	113.40	-	0
0	3	3	-	113.99	-	0

TABELLE 3

Kristallographische und röntgenanalytische Daten von Sr_2InF_7

Kristallsystem:	monoklin
Raumgruppe:	No.14 P 2 1 / C
Gitterkonstanten	a= 5.466(1)
(Guinier-de Wolff-Daten)	b=12.243(1)
	c= 8.255(1), $\beta=90.54^\circ$
Dichte (pyknometrisch)	4.98 $\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$
Dichte (röntgenographisch)	5.04 $\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$
Zahl der Formeleinheiten pro	3.95(aus d_{pyk})
Elementarzelle	4.00(röntgenographisch)
F(000)	724.00
Molvolumen (röntgenogr.)	83.91 cm^3
Molvolumen (Summe der Aus-	95.58 cm^3
gangsfluoride)	
Kristallform, -farbe	unregelmäßig, farblos
Lin. Absorptionskoeff. $\mu(\text{Mo-K}\alpha)$	229.23 cm^{-1}
Diffraktometer	Vierkreis (Philips, PW 1100)
Strahlung, Monochromator	Mo-K α , Graphit
Korrekturen der Intensitäten	Polarisations- und Lorentzfaktor
Meßbereich	$4^\circ \leq \theta \leq 30^\circ$
Abtastung, Abtastbreite u.	2 θ -scan / 1.00+0.2 tan θ / 0.03 $^\circ$ s ϵ
-geschwindigkeit	
Anzahl der symmetrieunabhängigen	1598 (von 3516 gemessenen)
Reflexe	
Lösungsverfahren	Patterson- und Differenzfourier- Synthesen [10,11]
Parameterverfeinerung	'full-matrix' least squares, isotrope und anisotrope Temperaturfaktoren
Nicht berücksichtigte Reflexe	keine
$R = \sum F_o - F_c / \sum F_o $	8.2 %
$R = \sum \sqrt{w} F_o - F_c / \sum \sqrt{w} F_o $	6.0%
Wichtungsfaktor w	$w = 0.6286 / [\sigma (F_o)^2 + 0.001 F_o^2]$

TABELLE 4

Lageparameter und 'anisotrope' Temperaturfaktoren ($\text{\AA}^2 \cdot 10^4$) von Sr_2InF_7 (P 2 i / C)
(Standardabweichungen in Klammern)

Lage	x	y	z	U_{11}	U_{22}	U_{33}	U_{23}	U_{13}	U_{12}	
In	4d	2795(2)	8748(1)	7866(1)	81(4)	28(4)	32(4)	7(3)	31(3)	0
¹ Sr	4d	2366(2)	5620(1)	8242(1)	115(6)	37(6)	51(5)	-1(4)	29(5)	-3(5)
² Sr	4d	7633(2)	7790(1)	539(1)	108(6)	59(5)	42(6)	7(4)	32(5)	-1(5)
¹ F	4d	4912(15)	6045(6)	751(9)	124(41)	110(39)	59(35)	-17(29)	62(32)	-3(31)
² F	4d	121(16)	7544(6)	3052(10)	141(42)	35(36)	142(40)	-3(29)	22(34)	-2(30)
³ F	4d	138(15)	6043(6)	909(9)	122(41)	50(37)	127(38)	-3(29)	6(33)	-20(30)
⁴ F	4d	7996(17)	9589(6)	2125(10)	272(50)	16(34)	216(43)	3(32)	-44(40)	37(35)
⁵ F	4d	4908(14)	7294(6)	7957(9)	93(39)	41(34)	124(38)	21(29)	57(32)	-9(31)
⁶ F	4d	3720(16)	734(7)	1272(9)	184(45)	128(40)	124(39)	66(31)	19(35)	-37(35)
⁷ F	4d	7918(18)	3586(6)	4689(9)	347(52)	122(41)	43(34)	-11(30)	71(36)	117(39)

Der 'anisotrope' Temperaturfaktor hat die Form: $\exp[-2\pi^2 (U_{11}h^2a^2 + U_{22}k^2b^2 + \dots + 2U_{12}hka^*b^*)]$.

STRUKTURBESCHREIBUNG

Der Strukturtyp ist bekannt [2], jedoch nicht ausführlich beschrieben. Gemäß $\overset{1}{\text{Sr}} \overset{2}{\text{Sr}} \text{In} \overset{1}{\text{F}_1} \overset{2}{\text{F}_1} \overset{3}{\text{F}_1} \overset{4}{\text{F}_1} \overset{5}{\text{F}_1} \overset{6}{\text{F}_1} \overset{7}{\text{F}_1}$ liegt der Struktur das Einfache der Bruttozusammensetzung ($Z \approx 4$) zugrunde. Man kann sich daher auf die Besonderheiten der Koordinationspolyeder um Strontium und Indium beschränken und die Strukturbauprinzipien nur kurz andeuten.

Tabelle 5 gibt die Motive der gegenseitigen Zuordnung sowie Werte der Effektiven Koordinationszahlen (ECoN) und der Mittleren Fiktiven Ionenradien (MEFIR) [12]

TABELLE 5

Motive der gegenseitigen Zuordnung, ECoN, MEFIR bei Sr_2InF_7

	$\overset{1}{\text{F}}$	$\overset{2}{\text{F}}$	$\overset{3}{\text{F}}$	$\overset{4}{\text{F}}$	$\overset{5}{\text{F}}$	$\overset{6}{\text{F}}$	$\overset{7}{\text{F}}$	CN	ECoN (Kat/F)	MEFIR ^{a)}
In	1/1	1/1	1/1	1/1	1/1	1/1	1/1	7	6.92	0.79
$\overset{1}{\text{Sr}}$	2/2	1/1	2/2	1/1	1/1	1/1	1/1	9	8.86	1.21
$\overset{2}{\text{Sr}}$	1/1	2/2	1/1	1/1	2/2	1/1	1/1	9	8.85	1.21
CN	4	4	4	3	4	3	3			
ECoN (F/Kat)	3.94	3.82	3.87	3.13	3.81	2.80	3.24			
F/E	10.32	10.15	9.30	9.94	10.75	8.65	10.04			
MEFIR ^{a)}	1.35	1.33	1.34	1.38	1.35	1.33	1.38			

a) Startwerte: $\text{In}^{3+} = 0.705\text{\AA}$, $\overset{1}{\text{Sr}}^{2+} = 1.233\text{\AA}$, $\overset{2}{\text{Sr}}^{2+} = 1.230\text{\AA}$, $\text{F}^- = 1.33\text{\AA}$
ausgehend von den Ionenradien nach Shannon [7] wurden diese Startwerte nach dem ECoN - Konzept ermittelt.

ECoN(F/Kationen) sowie ECoN(Kationen/Anionen) entspricht jeweils der naiv abgezählten C.N. annähernd.

Abbildung 1 und Abb. 2 geben die Koordinationspolyeder (C.P.) um Sr^{2+} als SCHLEGEL - Projektion [13]. Die eingezeichnet. Abst. bzw. Winkel charakterisieren die Abweichungen vom einfach bekappten Würfel, den man der Strukturdiskussion zugrunde legen kann.

Abb. 3 gibt das C.P. um In^{3+} analog. Die ERWEITERTEN SCHLEGEL - Diagramme [14] lassen die Bauzusammenhänge erkennen:

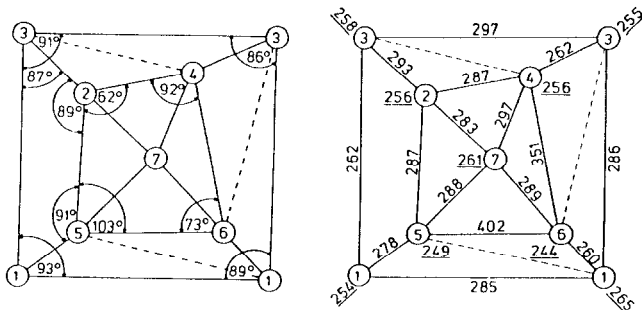


Abb.1. SCHLEGEL - Projektion des Koordinationspolyeders um Sr¹
(Abstände in pm)

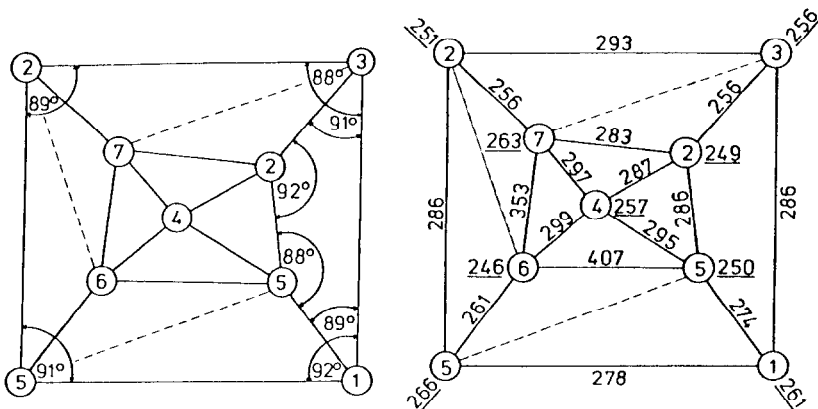


Abb.2. SCHLEGEL - Projektion des Koordinationspolyeders um Sr²
(Abstände in pm)

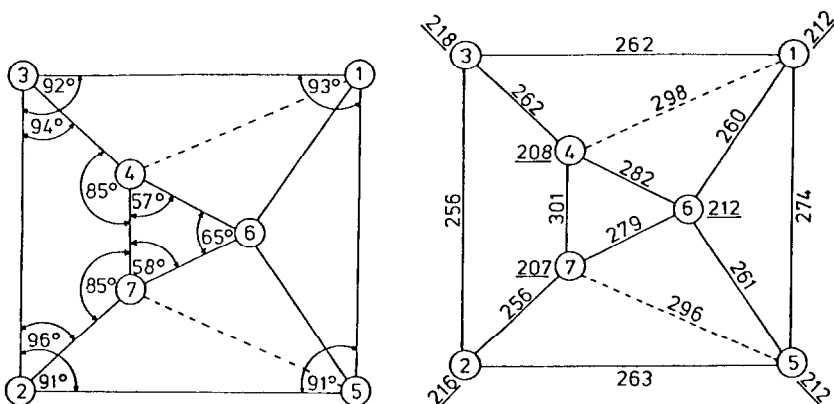


Abb.3. SCHLEGEL - Projektion des Koordinationspolyeders um In
(Abstände in pm)

1 Abb.4 zeigt, daß die C.P. um $\overset{1}{\text{Sr}}$ ein Zickzackband bilden. Setzt man als mittlere Kantenlänge des bekappten Würfels um $\overset{1}{\text{Sr}}$ 2.94 Å an, so hat die entsprechende Identitätsperiode die Länge 5.9 Å, was der a - Achse (5.466 Å) etwa entspricht. Tatsächlich verlaufen die Ketten in Richtung [100].

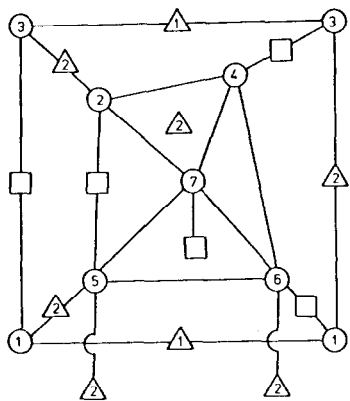


Abb.4a. ERWEITERTES SCHLEGEL-DIAGRAMM für das C.P. um $\overset{1}{\text{Sr}}$. Hieraus folgt dessen Verknüpfung mit sich selbst gemäß Abb.4b

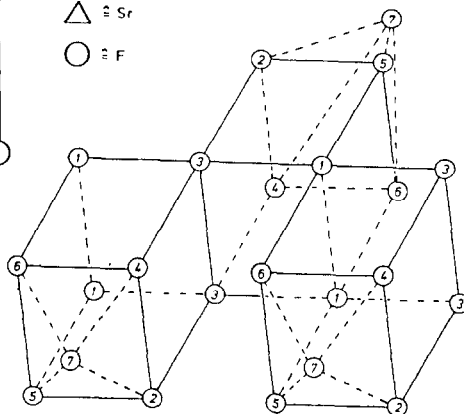
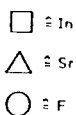
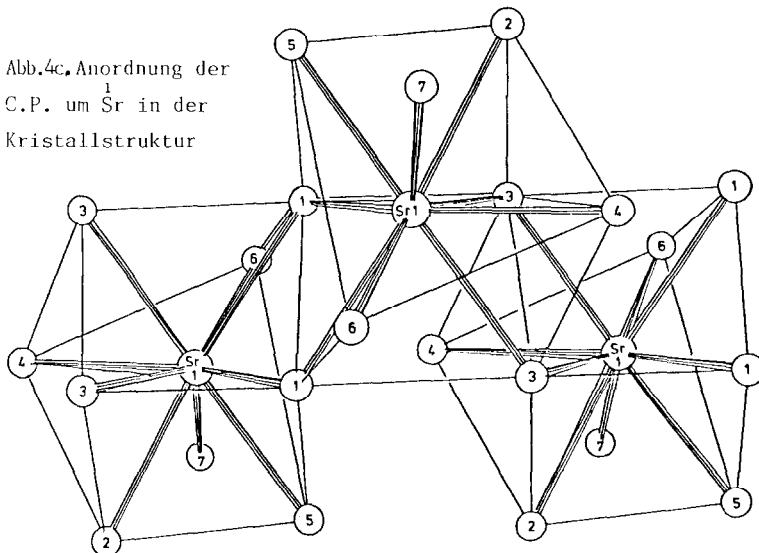


Abb.4b. Verknüpfung der C.P. um $\overset{1}{\text{Sr}}$ schematisch

Abb.4c. Anordnung der C.P. um $\overset{1}{\text{Sr}}$ in der Kristallstruktur



2 Abb.5 zeigt, daß die analogen C.P. um $\overset{2}{Sr}$ bezogen auf die 'Würfelkanten', trans - kantenverknüpft sind. Wegen der ähnlichen Abmessungen bei den C.P. um $\overset{1}{Sr}$ und $\overset{2}{Sr}$, sollte daher, entsprechend der Identitätsperiode in Abb.5, die Länge $a \approx 2 \times 2,9 \text{ \AA} \times \sqrt{2} = 8,2 \text{ \AA}$ haben. Das entspricht der Länge der c - Achse (8,255 \text{ \AA}); diese Kette verläuft längs $[001]$.

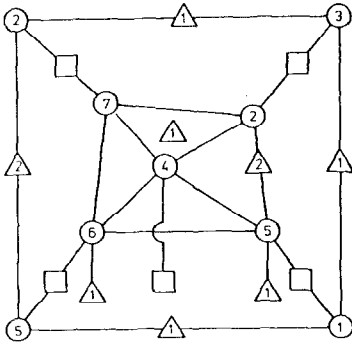


Abb.5a. ERWEITERTES SCHLÜGEL-DIAGRAMM für das C.P. um $\overset{2}{Sr}$. Hieraus folgt dessen Verknüpfung mit sich selbst gemäß Abb.5b

- ≙ 1n
- △ ≙ Sr
- ≙ F

Abb.5b. Verknüpfung der C.P. um $\overset{2}{Sr}$ schematisch

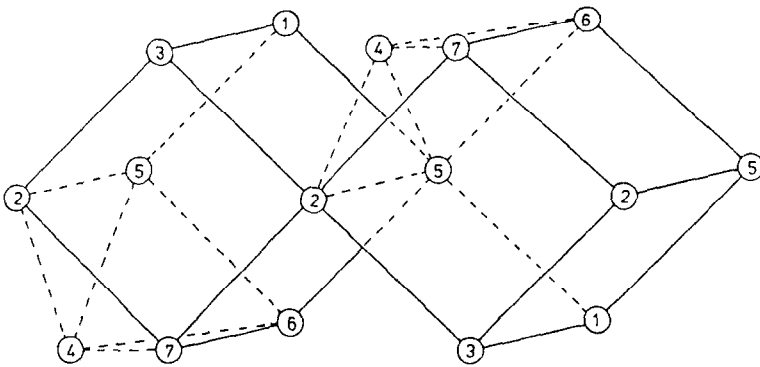
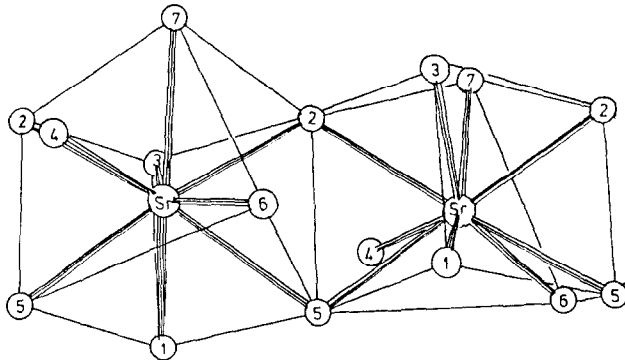


Abb.5c. Anordnung der C.P. um $\overset{2}{Sr}$ in der Kristallstruktur



3 Anders als a und c, deren Länge demnach primär nur von den Abmessungen der C.P. um Sr^{2+} bestimmt werden, ist für die b - Achse, wie dies Abb.6 zeigt, auch das C.P. um In^{3+} beteiligt.

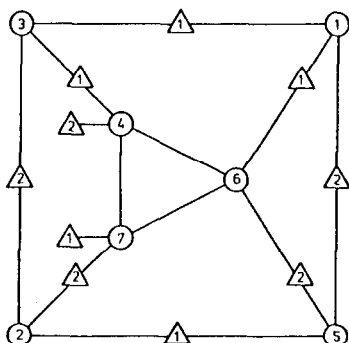


Abb.6a. ERWEITERTES SCHLEGEL-DIAGRAMM

für das C.P. um In. Hieraus folgt mit Abb.4a die Verknüpfung der C.P. um $\overset{1}{\text{Sr}}, \overset{2}{\text{Sr}}$ und In, wie sie in der Struktur vorliegt gemäß Abb.6b

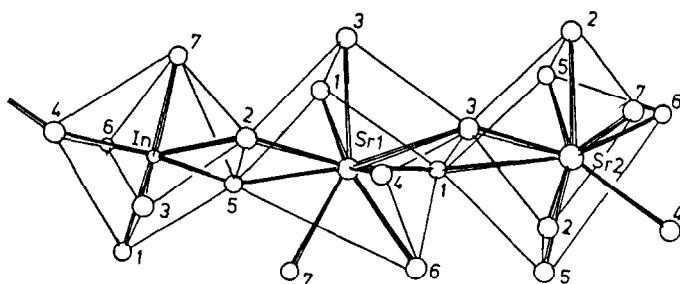


Abb.6b. Aus Abb. 4a, 5a und 6a folgt zwingend die Verknüpfung der C.P. um $\overset{1}{\text{Sr}}, \overset{2}{\text{Sr}}$ und In, wie sie hier in der Struktur vorliegt.

4 Auf die ausführliche Ableitung und Beschreibung der Kristallstruktur unter Benutzung der ERWEITERTEN SCHLEGEL - Diagramme [13][14] wird hier aus Raumgründen verzichtet, vergl. [1].

DER MADELUNGANTEIL DER GITTERENERGIE, MAPLE [15]

In Tabelle 6 sind die Werte für MAPLE zusammengestellt und mit denen der binären Fluoride verglichen. Die Übereinstimmung ist sehr gut. Die Werte für beide Sr^{2+} bzw. für alle sieben F^- sind in sich gut ausgeglichen. Das entspricht dem kristallographischen Sachverhalt, denn die gleichartigen Teilchen sind ja funktionell sehr ähnlich. Die in der Tabelle enthaltenen Werte für InF_3 sind aus einer neuen Arbeit [16] entnommen.

TABELLE 6

Der Madelunganteil der Gitterenergie von Sr_2InF_7 (kcal/mol)

	bin.	quat.	Δ	$\Sigma \Delta$
$^1\text{Sr}^{2+}$	432.9	439.7	- 6.8	- 6.8
$^2\text{Sr}^{2+}$	432.9	439.6	- 6.7	- 6.7
In^{3+}	998.4	998.7	- 0.3	- 0.3
$^1\text{F}^-$	116.4	127.3	-10.9	-10.9
$^2\text{F}^-$	116.4	127.5	-11.1	-11.1
$^3\text{F}^-$	116.4	125.8	- 9.4	- 9.4
$^4\text{F}^-$	116.4	121.1	- 4.7	- 4.7
$^5\text{F}^-$	146.9	129.9	17	17
$^6\text{F}^-$	146.9	123.2	23	23.7
$^7\text{F}^-$	146.9	122.2	24.7	24.7
Σ	2770.5	2755.0		15.5 ~0.6%

SCHLUSSBEMERKUNG

Die Isotypie von Sr_2InF_7 mit K_2NbF_7 ist für uns überraschend, denn die Gitterkonstanten, bezogen auf die Größe des Zellvolumens zeigen, daß metrisch gesehen Sr_2InF_7 sich nur bezüglich der Länge der b - und der c - Achse dem $\text{K}_2[\text{NbF}_7]$ anschließt, vergl. Tab.1.

Chemisch gesehen ist die Ähnlichkeit mit $\text{Pb}_2\text{F}[\text{RhF}_6]$ unübersehbar. Es bleibt mithin offen, welche Faktoren (bei ja doch gleicher Raumgruppe und gleichen besetzten Punktlagen im Falle von Sr_2InF_7) die Analogie zu $\text{K}_2[\text{NbF}_7]$ und nicht mit $\text{Pb}_2\text{F}[\text{RhF}_6]$ bedingen. Daher ist keineswegs sicher, zu welchem Typ Sr_2ScF_7 gehört. Hier helfen nur Einkristalluntersuchungen weiter.

DANKSAGUNG

Wir danken dem Fonds der Chemie und der Deutschen Forschungsgemeinschaft für die liebenswürdige Förderung durch Sachmittel. Die Sammlung der Vierkreisdiffraktometerdaten besorgte Herr Dr. M. Serafin. Die Rechnungen wurden am HRZ der Universität Gießen durchgeführt.

LITERATURNACHWEIS

- 1 Teil der Dissertation J. Scheffler, Giessen
- 2 G. M. Brown, L. A. Walker, Acta Crystallogr. A20 220 (1966)
- 3 J. Grannec, J. Ravez, C. R. Acad. Sci. Paris 270 2059 (1970)
- 4 A. R. Molyneux, J. Grannec, Rev. Chim. min. 12 41 (1975)
- 5 R. Domesle, R. Hoppe, unveröffentlicht (1978);
vergl. Dissertation R. Domesle (1979, D 63 Giessen);
vergl. R. Domesle, R. Hoppe, Z. anorg. allg. Chem. 501 102(1983)
- 6 R. Domesle, R. Hoppe, Z. Kristallogr. 153 317 (1980)
- 7 R. D. Shannon, Acta Crystallogr. A32 751 (1976)
- 8 R. Domesle, R. Hoppe, Rev. Chim. min. 15 439 (1978)
- 9 B. Brazel, R. Hoppe, Z. Naturforsch. 38b 661 (1983)
- 10 G. M. Sheldrick, Shel-X 76: Program for Crystal Structure Determination, Cambridge, U. K. (1976)
- 11 D. T. Cromer, J. B. Mann, Acta Crystallogr. A24 321 (1968)
D. T. Cromer, D. Libermann, J. Chem. Phys. 53 1891 (1970)
- 12 R. Hoppe, Z. Kristallogr. 150 23 (1979)

- 13 V. Schlegel, Theorie der homogen-zusammengesetzten Raumgebilde
Nova Acta Leop. Carol. 44 343 (1883)
- 14 Vortrag R. Hoppe GDCH - Hauptversammlung Kiel 1982
Vortrag R. Hoppe AGKr Tübingen 1983
R. Hoppe, Z. Kristallogr. 162 110 (1983)
J. Köhler, R. Hoppe, Z. Kristallogr. 159 81 (1982)
J. Köhler, R. Hoppe, Z. Naturforsch. B38 130 (1983)
B. Nowitzki, R. Hoppe, Z. anorg. allg. Chem. (1984) im Druck
H. Stoll, R. Hoppe, Z. Naturforsch (1984) im Druck
- 15 R. Hoppe, Angew. Chem. 78 52 (1966); R. Hoppe, Adv. Fluorine
Chem. 6 387 (1970); in: Crystal Structure and Chemical Bonding
in Inorganic Chemistry, S.127, Amsterdam (1975)
- 16 R. Hoppe, D. Kissel, J. Fluorine Chem. 24 (1984) 327.