

## Verfeinerung der Kristallstruktur von $\text{Te}_2\text{O}_3(\text{SO}_4)^*$

Von

**Helmut Mayer und Günther Pupp**

Institut für Mineralogie, Kristallographie und Strukturchemie,  
Technische Universität Wien, Österreich

Mit 3 Abbildungen

(Eingegangen am 16. November 1975)

### *Refinement of the Crystal Structure of $\text{Te}_2\text{O}_3(\text{SO}_4)$*

The crystal structure of ditellurium(IV)-trioxide sulfate,  $\text{Te}_2\text{O}_3(\text{SO}_4)$ —space group  $\text{Pmn}2_1-\text{C}_{2v}^7$ ;  $a = 8.879$  (2),  $b = 6.936$  (2),  $c = 4.646$  (4) Å,  $Z = 2$ —has been determined and refined by least-squares, using three-dimensional X-ray data (1188 independent reflexions) to a final R-value of 6.3%.

The crystal structure comprises puckered tellurium(IV)—oxygen layers in which the tellurium atoms are linked together by three oxygen bridges (Te—O 1.907, 1.945, 2.011 Å). The  $\text{SO}_4$  groups are arranged between these layers. Two oxygen atoms of each  $\text{SO}_4$  group are bonded to two adjacent tellurium atoms of one layer [Te—O( $\rightarrow$  S) 2.270 Å] and the tellurium atoms show a (3 + 1) coordination. A third oxygen atom of the  $\text{SO}_4$  group is in weak interaction with two adjacent tellurium atoms of the same layer (Te—O 2.603 Å) whereas the fourth oxygen atom has distances of 2.866 Å to two adjacent tellurium atoms of the next layer and effects a very weak interaction between the  $\frac{2}{\alpha}\text{Te}_2\text{O}_3$ -layers.

### Einleitung

Das basische Tellur(IV)-sulfat  $2\text{TeO}_2 \cdot \text{SO}_3$  wurde bereits 1834 von *Berzelius*<sup>1</sup> dargestellt. Die röntgenographische Charakterisierung der Verbindung durch die Angabe von d-Werten erfolgte durch *Rosický, Loub* und *Pavel*<sup>2</sup>. Ein Strukturvorschlag für diese Verbindung wurde von *Hubková, Loub* und *Syneček*<sup>3</sup> veröffentlicht. Diese Arbeit enthält jedoch keine Gegenüberstellung von beobachteten ( $F_0$ ) und berechneten ( $F_c$ ) Struktur Faktoren und auch keine Angabe über die Zuverlässig-

\* Herrn Prof. Dr. R. Kieffer zu seinem 70. Geburtstag gewidmet.

keit (R-Wert) der Kristallstruktur. Vor allem die Abstände und Bindungswinkel der  $\text{SO}_4$ -Gruppe weichen erheblich von den aus der Literatur<sup>4</sup> bekannten Werten ab, so daß diese einfache Verbindung zu einem signifikanten Vergleich mit anderen  $\text{Te(IV)}$ —Sauerstoffverbindungen bisher nicht herangezogen werden konnte. Aus diesem Grund scheint daher eine neuerliche Kristallstrukturbestimmung bzw. -verfeinerung gerechtfertigt.

### Experimenteller Teil

Für die Darstellung des Ditellur(IV)trioxidsulfats,  $\text{Te}_2\text{O}_3(\text{SO}_4)$ , werden in der Literatur die verschiedensten Verfahren beschrieben, die jedoch meist nur zu feinkristallinen Produkten oder stark verwachsenen Kristallen führen<sup>5, 6</sup>. Kristalle für die vorliegende röntgenographische Strukturuntersuchung wurden durch Hydrothermalsynthese erhalten. Tellur(IV)oxid ( $\text{TeO}_2$ , 99,999%) wurde mit der 2- bis 4fachen Menge 96proz.  $\text{H}_2\text{SO}_4$  überschichtet und bei Atmosphärendruck, in ein Quarzglasrohr eingeschmolzen, auf 250—280 °C erhitzt; innerhalb von 100—150 Std. bildeten sich bis zu 1 mm große Kristalle.

Für die röntgenographische Untersuchung wurden mit Hilfe einer Kristallschleifapparatur kugelförmige Kristalle hergestellt, was jedoch auf Grund der ausgeprägten Spaltbarkeit der Kristalle nach (010) nur annähernd gelang.

Tabelle 1. *Kristalldaten*

	vorlieg. Arbeit	<i>Hubková et al.</i> <sup>3</sup>
	$\text{Te}_2\text{O}_3(\text{SO}_4)$ Molgew. 399,26 orthorhombisch	
	$\text{Pmn}2_1\text{—C}_{2v}^7$ (Nr. 31)	$\text{P}2_1\text{mn}$
$a$ [Å]	8,879 (1)	8,90 (= $b$ )
$b$	6,936 (1)	6,88 (= $c$ )
$c$	4,646 (2)	4,68 (= $a$ )
$V$ [Å <sup>3</sup> ]	286,1	286,6
$Z$	2	2
$\rho_{\text{rö}}$ [ $\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$ ]	4,63	4,63
$\rho_{\text{exp}}$ [ $\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$ ]	4,60 (1)	4,61
$\mu_{\text{Mo-K}\alpha}$ [ $\text{cm}^{-1}$ ]	116,6	—

Die kristallographischen Daten der Verbindung  $\text{Te}_2\text{O}_3(\text{SO}_4)$  (Tab. 1) wurden auf einem automatischen 4-Kreisdiffraktometer (Philips PW 1100) bestimmt und stimmen weitgehend mit den Angaben von *Hubková et al.*<sup>3</sup> überein. Die weitere Strukturverfeinerung bestätigt auch die Raumgruppe  $\text{P}2_1\text{mn—C}_{2v}^7$ . Die Aufstellung der Elementarzelle erfolgte entsprechend den International Tables for X-Ray Crystallography<sup>7</sup>.

Für die Strukturverfeinerung wurden mit dem Einkristalldiffraktometer (Mo-K $\alpha$ -Strahlung, Graphit-Monochromator) mit einem  $\theta/2\theta$ -Scan mit einer

Basis-Scanweite von  $\theta = 1,2^\circ$  und einer Scangeschwindigkeit von  $2^\circ/\text{min}$  bis  $2\theta = 90^\circ$  1347 unabhängige Reflexintensitäten gemessen. Mit einer  $3\sigma$ -Grenze wurden davon 1188 Reflexintensitäten als beobachtet klassifiziert. Der verwendete Kristall hatte annähernd die Form einer Kugel mit einem Durchmesser von 0,147 (5) mm. Die Umrechnung der Intensitätswerte in Struktur Faktoren  $F_0$  erfolgte unter Berücksichtigung der Lorentz- und Polarisationsfaktoren sowie einer Absorptionskorrektur für kugelförmige Kristalle ( $\mu_R = 0,85$ )<sup>7</sup>.

Die Verfeinerung\* der Kristallstruktur erfolgte nach der Methode der kleinsten Quadrate, wobei die von Hubková et al.<sup>3</sup> veröffentlichten Para-

Tabelle 2. Atomparameter und isotrope Temperaturkoeffizienten für  $\text{Te}_2\text{O}_3(\text{SO}_4)$ ; Raumgruppe  $\text{Pmn}2_1\text{—C}_{2v}^7$ ; Standardabweichung der letzten Stellen in Klammern

Atom	Punkt- lage	<i>x</i>	<i>y</i>	<i>z</i>	<i>B</i> (Å <sup>2</sup> )
Te	4 (b)	0,3008 (1)	0,6782 (1)	0,2500	0,39 (1)
S	2 (a)	0	0,0210 (8)	0,3270 (13)	0,35 (7)
O (1)	4 (b)	0,365 (1)	0,946 (2)	— 0,003 (3)	0,5 (2)
O (2)	2 (a)	0	0,166 (3)	0,089 (4)	0,9 (3)
O (3)	2 (a)	0	0,416 (2)	0,648 (4)	0,5 (2)
O (4)	4 (b)	0,261 (1)	0,406 (2)	0,377 (3)	0,6 (2)
O (5)	2 (a)	0	0,825 (3)	0,207 (5)	1,1 (3)

meter als Ausgangswerte dienten. Nach 6 Zyklen der Ausgleichsrechnung wurde mit isotropen Temperaturkoeffizienten und unter Zugrundelegung der Atomformfaktoren für neutrale Atome<sup>7</sup> für die beobachteten 1188 Reflexe ein R-Wert von 6,3% errechnet. Die Änderung der Atomparameter gegenüber den Ausgangswerten<sup>3</sup> betrafen vor allem die Positionen der Sauerstoffatome. Die verfeinerten Atomparameter sind in Tab. 2 angegeben. Die beobachteten ( $F_0$ ) und berechneten ( $F_c$ ) Struktur Faktoren zeigen gute Übereinstimmung und keine einzige ungewöhnliche Abweichung\*\*.

### Beschreibung und Diskussion der Kristallstruktur

Die interatomaren Abstände ( $\leq 3,00$  Å) und Winkel sind in Tab. 3 zusammengestellt (siehe auch Abb. 1) und stimmen mit den aus der Literatur bekannten Werten sehr gut überein<sup>8, 14</sup>. Jedes Telluratom ist

\* Verwendetes Programmsystem: X-Ray System (Version Juli 1970), J. M. Stuart, F. A. Kundell und J. C. Baldwin (University of Maryland) mit Korrekturen von D. Schwarzenbach (Universität Lausanne).

\*\* Die Tabellen der  $F_0$ - und  $F_c$ -Werte sind am Institut für Mineralogie, Kristallographie und Strukturchemie der Technischen Universität Wien hinterlegt, eine Kopie wird auf Wunsch zugesandt.

Tabelle 3. *Interatomare Abstände (Å) und Winkel (Grad) für Te<sub>2</sub>O<sub>3</sub>(SO<sub>4</sub>)  
(Standardabweichung der letzten Stellen in Klammern)*

Te—O (4)	1,907 (11)	O (3)—Te—O (4')	86,2 (6)	S—O (1)	1,455 (11)	O (1)—S—O (1)	111,1 (8)
Te—O (3)	1,945 (06)	O (4)—Te—O (5)	77,3 (5)	S—O (2)	1,495 (20)	O (1)—S—O (2)	107,2 (6)
Te—O (4')	2,011 (11)	O (5)—Te—O (2)	121,9 (5)	S—O (5)	1,468 (19)	O (1)—S—O (5)	110,6 (6)
Te—O (1)	2,270 (11)	O (2)—Te—O (3)	70,7 (5)	Mittelwert	1,468	O (2)—S—O (5)	110,0 (8)
		O (4)—Te—O (3)	85,3 (6)			Mittelwert	109,45
Te—O (2)	2,603 (14)	O (4)—Te—O (4')	85,9 (5)				
Tc—O (5)	2,866 (06)	O (4)—Te—O (5)	100,9 (5)				
		O (4)—Te—O (2)	109,4 (5)				
		O (1)—Te—O (3)	85,5 (5)	Te—Te	3,510 (1)	Te—O (3)—Te	130,8 (8)
		O (1)—Te—O (4')	81,5 (5)	Te—Te'	3,538 (1)	Te—O (4)—Te	127,2 (6)
		O (1)—Te—O (5)	84,6 (5)	Te—S	3,368 (5)	Te—O (4')—Te	139,9 (5)
		O (1)—Te—O (2)	78,7 (5)	Te—S'	3,594 (4)		
		O (4)—Te—O (1)	164,8 (4)			Te—O (1)—S	128,1 (7)
		O (3)—Te—O (5)	161,9 (6)			Te—O (2)—S	151,3 (2)
		O (2)—Te—O (4)	150,5 (5)			Te—O (5)—S	107,6 (4)

von drei Sauerstoffatomen in einem Abstand  $\leq 2,01 \text{ \AA}$  (Mittelwert  $1,95 \text{ \AA}$ ) umgeben. Ein viertes Sauerstoffatom, das der  $\text{SO}_4$ -Gruppe angehört, hat mit  $2,270 \text{ \AA}$  einen, bez. auf den Mittelwert, 16% größeren Abstand, so daß die Telluratome eine  $(3 + 1)$ -Koordination gegenüber den Sauerstoffatomen aufweisen. Als Koordinationspolyeder ergibt sich die für das vierwertige Tellur typische, deformierte, trigonal-

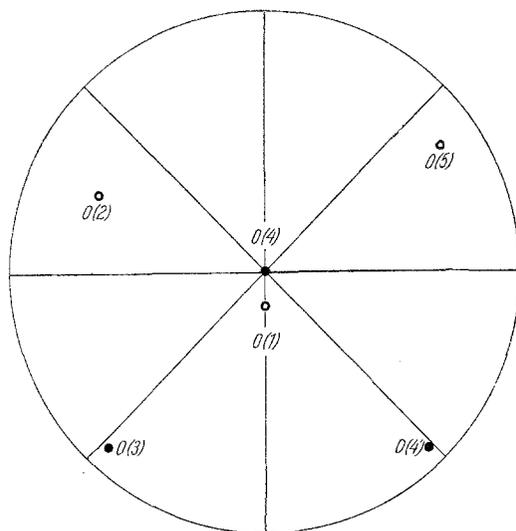


Abb. 1. Die  $\text{Te(IV)}\text{—O}$ -Koordination im  $\text{Te}_2\text{O}_3(\text{SO}_4)$  in stereographischer Projektion. (Volle Kreise: Projektion der Pole auf der Oberseite; leere Kreise: Projektion der Pole auf der Unterseite)

bipyramidale Anordnung, bei der eine äquatoriale Position unbesetzt ist<sup>8, 9</sup>.

Wie Untersuchungen über die Stereochemie des  $\text{Te(IV)}$  gegenüber Sauerstoff<sup>8</sup> zeigen, ergibt sich für die Längen der drei kürzesten  $\text{Te—O}$ -Abstände bei praktisch unveränderter Richtung der Bindungen ein Häufigkeitswert bei ca.  $1,907 \text{ \AA}$ , während dies für den viertkürzesten Abstand bei zwar gleichbleibender Bindungsrichtung nicht zutrifft. In einem von *Zemann*<sup>8</sup> erstellten Histogramm der Längen für den viertkürzesten Abstand bis  $\text{Te—O} \leq 3,00 \text{ \AA}$  (was der Summe der *Van der Waalsschen* Radien entspricht) trat zwischen  $2,20$  und  $2,36 \text{ \AA}$  eine Lücke auf; sie wurde als Trennungsintervall zwischen der Koordinationszahl 3 und 4 diskutiert. Der  $\text{Te—O}(1)$ -Abstand von  $(\text{Te}_2\text{O}_3)\text{SO}_4$  mit  $2,270 \text{ \AA}$  ist nach den  $\text{Te—O}$ -Abständen in den Verbindungen  $\text{Fe}_2\text{Te}_4\text{O}_{11}$  [ $\text{Te—O}$   $2,25$  (2) und  $2,30$  (2)]<sup>10</sup>,  $\text{CuTeO}_3$  [ $\text{Te—O}$   $2,32$  (2)]<sup>11</sup>

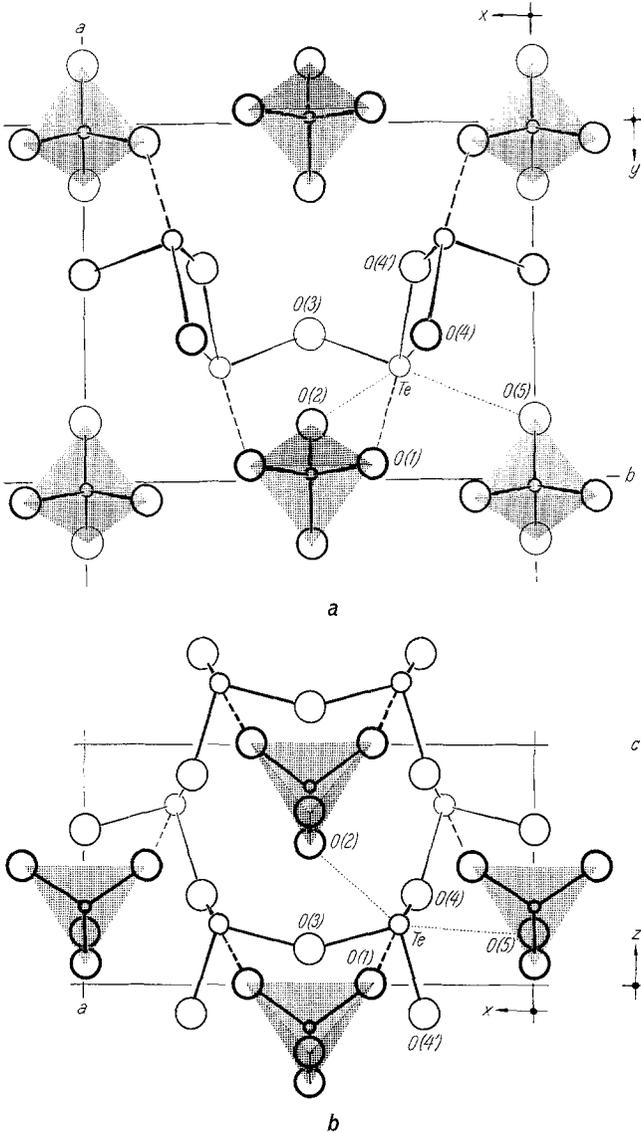


Abb. 2. Die Kristallstruktur von  $\text{Te}_2\text{O}_3(\text{SO}_4)$  mit eingezeichneten  $\text{SO}_4$ -Tetraedern. *a* Projektion in Richtung  $[001]$ , *b* Projektion in Richtung  $[010]$

und dem Mineral Mroseit  $\text{CaTeO}_2(\text{CO}_3)$  [ $\text{Te}-\text{O}$  2,31 (1) Å]<sup>12</sup> eine weitere Bestätigung für den kontinuierlichen Übergang zwischen der 3er- und 4er-Sauerstoffkoordination des Te(IV)-Atoms.

Die für die  $\text{SO}_4$ -Gruppe gefundenen Abstände und Bindungswinkel

(Tab. 3) entsprechen den in der Literatur angegebenen Mittelwerten ( $\text{S—O}$  1,45—1,49;  $\text{O—S—O}$  108—112°)<sup>4</sup>.

Der Strukturverband des  $\text{Te}_2\text{O}_3(\text{SO}_4)$  ist in Abb. 2a und 2b in entsprechenden Projektionen dargestellt. In Abb. 2a sind die charakteristischen stark gewellten  $\frac{2}{2}\text{Te}_2\text{O}_3$ -Schichten parallel (010) zu erkennen, in denen die Telluratome in Form von Sechser-Ringen angeordnet sind (Abb. 2b). Jedes Telluratom ist über die Sauerstoffatome O (4), O (4') und O (3) mit den drei nächsten Telluratomen verbunden. Der mittlere  $\text{Te—O—Te}$ -Bindungswinkel beträgt 132,6°. Zwischen diesen Schichten sind die  $\text{SO}_4$ -Gruppen so angeordnet, daß jeweils die zwei Sauerstoffatome O (1) einer Gruppe zu zwei benachbarten Te-Atomen einer  $\frac{2}{2}\text{Te}_2\text{O}_3$ -Schicht einen Abstand von 2,270 Å aufweisen und somit in die erweiterte Koordinationssphäre des Te(IV)-Atoms einbezogen werden müssen, das dadurch eine (3 + 1)-Sauerstoffkoordination erhält. Das Sauerstoffatom O (2) der  $\text{SO}_4$ -Gruppe weist zu den beiden benachbarten Te-Atomen derselben Schicht einen Abstand von 2,603 Å auf, während das Sauerstoffatom O (5) zu zwei Te-Atomen der nächsten  $\frac{2}{2}\text{Te}_2\text{O}_3$ -Schicht einen Abstand von 2,866 Å hat und nur zu einer schwachen Wechselwirkung zwischen den Schichten führt, was auch durch die ausgezeichnete Spaltbarkeit parallel (010) zum Ausdruck kommt.

Daß die Abstände  $\text{Te—O}$  (2) und  $\text{Te—O}$  (5) mit 2,603 bzw. 2,866 Å bei der Betrachtung der Te(IV)—O-Koordination zu berücksichtigen sind, ergibt sich auch aus der Berechnung der Bindungswertsummen nach *Shannon* und *Brown*<sup>13</sup> und *Brown*<sup>14</sup>. Diese Autoren haben aus umfangreichen experimentellen Daten einen empirischen Zusammenhang zwischen Bindungswert ( $s$ ) und Bindungslänge ( $R$ ) für Te(IV)—O-Abstände ermittelt, der durch die Beziehung  $s = s_0 (R/R_0)^{-N}$  wiedergegeben wird. Unabhängig vom Bindungscharakter wird dadurch ein quantitativer Vergleich der Bindungsstärken auch bei unregelmäßigen Koordinationspolyedern ermöglicht, wie sie z. B. bei Verbindungen mit den isoelektronischen Ionen Sn(II), Sb(III), Te(IV), J(V) und Xe(VI) auftreten. Aus Tab. 4 ist zu ersehen, daß nicht nur den  $\text{Te—O}$ -Abständen zu den O (4), O (3), O (4') und O (1), sondern auch zu den O (2)- und O (5)-Sauerstoffatomen mit der Bindungswert 0,27 bzw. 0,18 ein nicht zu vernachlässigender Bindungsanteil zukommt. Das entspricht im weitesten Sinn einer verzerrten oktaedrischen Koordination (Abb. 1), wobei einseitig längere Bindungsabstände auftreten. Die in *trans*-Stellung befindlichen Bindungen, jeweils ein längerer und ein kürzerer Bindungsabstand, weisen jeweils annähernd gleiche Bindungswertsummen auf. Bereits in einer früheren Arbeit<sup>8</sup> wurde darauf hingewiesen, daß die über die 4er-Sauerstoffkoordination hinausgehenden Sauerstoffatome (bis  $\leq 3,0$  Å) nicht statistisch um das Te(IV)-Atom verteilt sind, sondern gewisse räumliche Bereiche vermeiden. Berücksichtigt man in

Tabelle 4. Berechnung der Bindungsstärken in  $\text{Te}_2\text{O}_3(\text{SO}_4)$  nach Brown und Shannon<sup>13</sup> und Brown<sup>14</sup>

	Te $R_0 = 1,831, s_0 = 1,333, N = 4,5^*$ $s$	S $R_0 = 1,466, s_0 = 1,5, N = 4,0^*$ $s$	O
[Te + S] 2 O (1)	2,270 (11) 0,51 (1)	1,455 (11) 1,55 (4) 1,455 (11)	0,51 (1) 1,55 (4) $2,06 (5) \times 2 = 4,12$
[2 Te + S] O (2)	2,603 (14) 0,27 (1)	1,495 (20) 1,39 (7)	0,27 (1) 0,27 (1) 1,39 (7) 1,93 (9) 1,93
[2 Te] O (3)	1,945 (06) 1,02 (1)		1,02 (1) 1,02 (1) 2,04 (2) 2,04
[2 Te] 2 O (4)	1,907 (11) 2,011 (11)		1,11 (3) 0,87 (2) 1,98 (5) $\times 2 = 3,96$
[2 Te + S] O (5)	2,866 (06) 0,18 (0)	1,468 (19) 1,49 (7)	0,18 0,18 1,49 (7) 1,85 (7) 1,85
	$\Sigma 2 \text{ Te} = 7,92$ $3,96 \times 2$	$\Sigma \text{ S} = 5,98$	$\Sigma 7 \text{ O} = 13,90$

\* Individuelle Parameter für den Zusammenhang zwischen Bindungsstärke und Bindungslänge für M—O-Bindungen entsprechend der Formel  $s = s_0 (R/R_0)^{-N}$ .

$s$  ... Bindungsstärke bei der Länge  $R$  (Å);

$s_0$  ... ideale Bindungsstärke bei der Länge  $R_0$  (Å);

$N$  ... Konstante für ein Kationen/Anionen-Paar.

$\text{Te(IV)}\text{—O}$ - und  $\text{Te(IV)}\text{—F}$ -Verbindungen die sechs kürzesten Abstände, so zeigt sich allgemein, daß die Sauerstoff- bzw. Fluoratome gegenüber den Tellur(IV)-Atomen eine verzerrt oktaedrische Anordnung aufweisen<sup>14</sup>. Für die  $\text{Te(IV)}\text{—(O, F)}$ -Koordination ergibt sich ein kontinuierlicher Übergang von  $3 \rightarrow (3 + 1) \rightarrow 4 \rightarrow (3 + 2) \rightarrow 5$ , was schematisch nach *Brown*<sup>14</sup> in Abb. 3 dargestellt ist. In diesem Schema tritt das für  $\text{Te(IV)}$  als typisch angesehene Koordinationspolyeder, die ditrigonale Bipyramide mit der unbesetzten äquatorialen Position als spezieller

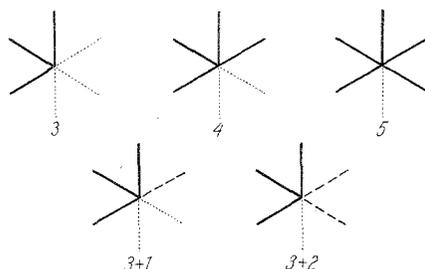


Abb. 3. Schematische Darstellung der  $\text{Te(IV)}\text{—X}$  ( $= \text{O, F}$ )-Koordination (Koordinationszahl) nach *Brown*<sup>14</sup>

Fall auf und erfaßt auch alle anderen bisher beschriebenen Koordinationsanordnungen.

Vergleicht man die Kristallstrukturen der Verbindungen  $\text{Te}_2\text{O}_3(\text{SO}_4)$  und  $\text{Te}_2\text{O}_3(\text{HPO}_4)$ <sup>15</sup> miteinander, so zeigt sich, daß beide  $\frac{2}{3}\text{Te}_2\text{O}_3$ -Schichten enthalten, in denen die  $\text{Te(IV)}\text{—O}$ -Polyeder über Ecken zu Sechser-Ringen verbunden sind. Im  $\text{Te}_2\text{O}_3(\text{HPO}_4)$  sind zwei Sauerstoffatome der  $(\text{HPO}_4)$ -Gruppe in die 4er-Sauerstoffkoordination des  $\text{Te(IV)}$  miteinbezogen und weisen einen  $\text{Te—O}(\rightarrow \text{P})$ -Abstand von 2,09 und 2,12 Å auf. Im  $\text{Te}_2\text{O}_3(\text{SO}_4)$  hingegen gehören zwei Sauerstoffatome der  $(\text{SO}_4)$ -Gruppe nur einer erweiterten  $(3 + 1)\text{-Te(IV)}$ -Sauerstoffkoordination an. Die  $\text{Te—O}(\rightarrow \text{S})$ -Abstände betragen 2,27 Å und sind mit jenen im Mineral Mroseit  $\text{CaTeO}_2(\text{CO}_3)$ <sup>12</sup> vergleichbar, in dem die  $\text{Te(IV)}$ -Atome zu einem Sauerstoffatom der  $(\text{CO}_3)$ -Gruppe einen Abstand von 2,31 Å aufweisen. Die Einbeziehung der  $(\text{HPO}_4)$ -Gruppen in die  $\frac{2}{3}\text{Te}_2\text{O}_3$ -Schichten, was durch die relativ starken  $\text{Te—O}(\rightarrow \text{P})$ -Bindungen zum Ausdruck kommt, dürfte ein wesentlicher Grund für die starke Verzerrung der Schichten sein. Während die  $\frac{2}{3}\text{Te}_2\text{O}_3$ -Schichten im  $\text{Te}_2\text{O}_3(\text{SO}_4)$  die Symmetrie  $m$  aufweisen, sind sie im  $\text{Te}_2\text{O}_3(\text{HPO}_4)$  asymmetrisch.

Die Rechenarbeiten wurden am EDV-Zentrum der Technischen Universität Wien durchgeführt.

Der Oesterreichischen Nationalbank sind wir für die finanzielle Unterstützung bei der Anschaffung wissenschaftlicher Geräte zu Dank verpflichtet.

Dem Fonds zur Förderung der wissenschaftlichen Forschung in Österreich danken wir für die Bereitstellung des Einkristalldiffraktometers.

### Literatur

- <sup>1</sup> *J. J. Berzelius*, Untersuchungen über die Eigenschaften des Tellurs. *Annalen der Physik und Chemie* **32**, 577 (1834).
- <sup>2</sup> *J. Rosický, J. Loub* und *J. Pavel*, *Z. anorg. allg. Chem.* **334**, 312 (1965).
- <sup>3</sup> *H. Hubková, J. Loub* und *V. Syneček*, *Coll. Czechoslov. Chem. Commun.* **31**, 4353 (1966).
- <sup>4</sup> *B. J. Wuensch*, *Sulfur. Handbook of Geochemistry. II/-1* (1969) 16-A-1-19. Berlin-Heidelberg-New York: Springer.
- <sup>5</sup> *Gmelin*, *Handbuch der Anorganischen Chemie. System-Nr. 11, Tellur*, 8. Aufl., S. 359. Berlin: Verlag Chemie. 1940.
- <sup>6</sup> *J. Loub* und *H. Hubková*, *Z. Chem.* **5**, 341 (1965).
- <sup>7</sup> *International Tables for X-Ray Crystallography. Vol. I* (1969), *Vol. II* (1972), *Vol. III* (1968), *Vol. IV* (1974). Birmingham: The Kynoch Press.
- <sup>8</sup> *J. Zemann*, *Mh. Chem.* **102**, 1209 (1971).
- <sup>9</sup> *R. J. Gillespie*, *Angew. Chem.* **79**, 885 (1967).
- <sup>10</sup> *F. Pertlik*, *Tschermaks Min. Petr. Mitt.* **18**, 39 (1972).
- <sup>11</sup> *O. Lindqvist*, *Acta Chem. Scand.* **26**, 1423 (1972).
- <sup>12</sup> *R. Fischer, F. Pertlik* und *J. Zemann*, *Canad. Mineral.* **13**, 383 (1975).
- <sup>13</sup> *I. D. Brown* und *R. D. Shannon*, *Acta Cryst. A* **29**, 266 (1973).
- <sup>14</sup> *I. D. Brown*, *J. Solid State Chem.* **11**, 214 (1974).
- <sup>15</sup> *H. Mayer*, *Z. Krist.* **141**, 354 (1975).

Korrespondenz und Sonderdrucke:

*Dr. H. Mayer*  
*Institut für Mineralogie,*  
*Kristallographie und Strukturchemie*  
*Technische Universität Wien*  
*Getreidemarkt 9*  
*A-1060 Wien*  
*Österreich*