

Journal of Organometallic Chemistry, 297 (1985) 281–288
Elsevier Sequoia S.A., Lausanne – Printed in The Netherlands

DIE STRUKTUR VON $[(\eta^5\text{-Cp})\text{Mo}(\text{CO})_2(\mu\text{-TePh})]_2$, EINEM DOPPELT TELLUROLATO-ÜBERBRÜCKTEN DIMOLYBDÄN KOMPLEX

P. JAITNER*, W. WOHLGENANNT,

*Institut für Anorganische und Analytische Chemie der Universität Innsbruck, Innrain 52a, A-6020 Innsbruck
(Österreich)*

A. GIEREN*, H. BETZ und T. HÜBNER

*Max-Planck-Institut für Biochemie, Arbeitsgruppe für Chemische Kristallographie, Am Klopferspitz, D-8033
Martinsried (Bundesrepublik Deutschland)*

(Eingegangen den 26. Juni 1985)

Summary

The X-ray structure analysis of $[(\eta^5\text{-Cp})\text{Mo}(\text{CO})_2(\mu\text{-TePh})]_2$ revealed a structure which is analogous with the homologous sulphur compound. The asymmetric molecule contains a convoluted Mo_2Te_2 four-membered ring with Mo–Te distances of 2.785–2.865 Å without a metal–metal bond. The $\text{Te} \cdots \text{Te}$ distance of 3.24 Å suggests a partial bond. The phenyl groups, the Cp rings and pairwise the CO groups are positioned *trans* with respect to each other taking the metal–chalcogen four-membered ring as reference system.

Zusammenfassung

Die Röntgenstrukturanalyse von $[(\eta^5\text{-Cp})\text{Mo}(\text{CO})_2(\mu\text{-TePh})]_2$ ergab eine zur homologen Schwefelverbindung analoge Struktur. Das asymmetrische Molekül enthält einen gefalteten Mo_2Te_2 -Vierring mit Mo–Te-Abständen im Bereich von 2.785–2.865 Å ohne eine Metall–Metall Bindung. Der $\text{Te} \cdots \text{Te}$ Abstand von 3.24 Å lässt auf eine partielle Bindung schließen. Die Phenylringe, die Cp-Ringe und paarweise die CO-Gruppen stehen bezogen auf den Metall–Chalkogen Vierring *trans* zueinander.

Einleitung

Doppelt chalcogenato-überbrückte Dimangancarbonylkomplexe des Typs $[\text{Mn}(\text{CO})_4(\mu\text{-ER})]_2$ (E = S, Se) lassen sich photolytisch unter Bildung von $[\text{Mn}(\text{CO})_3\text{ER}]_4$ -Verbindungen des Cubantyps partiell decarbonylieren [1]. Auch die analog überbrückten Dimolybdäncarbonylkomplexe $[\text{CpMo}(\text{CO})_2(\mu\text{-EPh})]_2$ (E = S, Se, Te) unterliegen einer Decarbonylierung unter milden thermischen Bedingungen,

wobei Komplexe des Typs $[\text{CpMo}(\text{CO})(\mu\text{-EPh})]_2$ gebildet werden [2]. Während das decarbonylierte Produkt $[\text{CpMo}(\text{CO})(\mu\text{-S}^t\text{Bu})]_2$ einen planaren Mo_2S_2 -Vierring mit einer formellen Mo–Mo-Doppelbindung enthält [3], wurde röntgenographisch beim höher carbonylierten $[\text{CpMo}(\text{CO})_2(\mu\text{-SPh})]_2$ ein gefalteter Mo_2S_2 -Vierring ohne Mo–Mo-Bindung nachgewiesen [3,4].

Wir haben röntgenographisch die Struktur der zur letztgenannten Verbindung homologen Tellurverbindung (I) untersucht. Die Titelverbindung $[(\eta^5\text{-Cp})\text{Mo}(\text{CO})_2(\mu\text{-TePh})]_2$ (I) kann durch Umsetzung von $[\text{CpMo}(\text{CO})_2]_2$ mit Ph_2Te_2 oder durch Photolyse von $[\text{CpMo}(\text{CO})_3]_2$ in Gegenwart von Ph_2Te_2 synthetisiert werden [5]. Unsere präparativen Arbeiten an niedervalenten chalcogenato-überbrückten Dimolybdänkomplexen dienen generell als Basis zur Strukturaufklärung dieser Verbindungsklasse und der Untersuchung ihrer elektrochemischen Eigenschaften. Weiterhin verdient die Stereochemie von Molybdän-Chalcogenato-Komplexen Interesse im Zusammenhang mit dem Nachweis von Mo–S-Bindungen in einer grösseren Zahl von Molybdoenzymen [6–11].

Ergebnisse und Diskussion

Die beiden kristallographisch unabhängigen Moleküle von I sind abgesehen von einigen Details strukturgleich, weshalb im Folgenden die gemittelte Struktur diskutiert wird. Die Molekülstruktur ist in den Fig. 1–3 dargestellt. Der Mo–Te–Mo–Te Rhombus ist nicht eben, sondern gefaltet (Fig. 2). Er weist einen Winkel von 133°

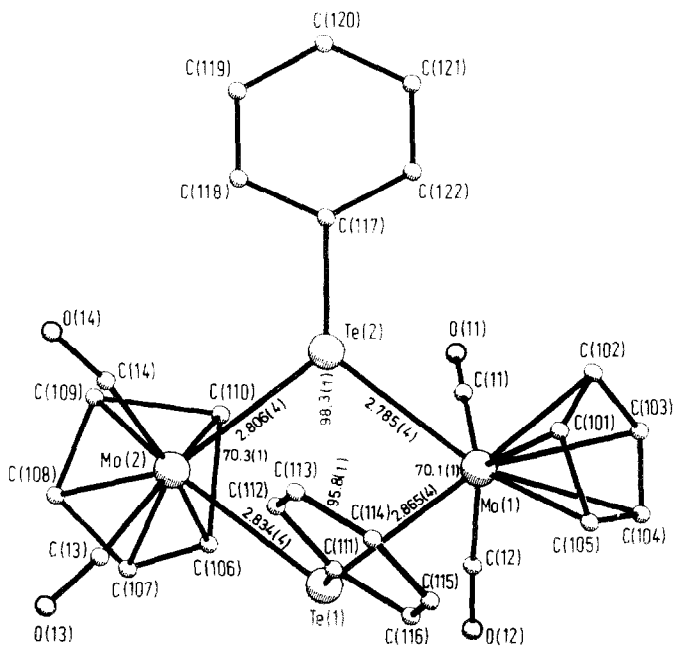


Fig. 1. Molekülstruktur von $[(\eta^5\text{-Cp})\text{Mo}(\text{CO})_2(\mu\text{-TePh})]_2$ (I) in einer Aufsicht auf den Mo_2Te_2 -Vierring. Dargestellt ist Molekül I der asymmetrischen Einheit. Die angegebenen Bindungslängen (Å) und -winkel ($^\circ$) sind über beide Moleküle der asymmetrischen Einheit gemittelte Werte.

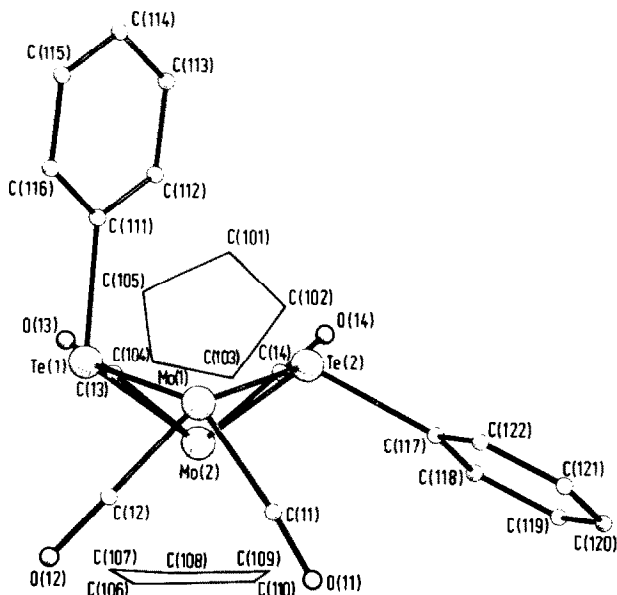


Fig. 2. Molekülstruktur von $[(\eta^5\text{-Cp})\text{Mo}(\text{CO})_2(\mu\text{-TePh})]_2$ (I) in einer Seitenansicht des Mo_2Te_2 -Vierrings (Molekül 1 der asymmetrischen Einheit).

zwischen den Te–Mo–Te-Ebenen auf, bzw. einen Winkel von 121° zwischen den Mo–Te–Mo-Ebenen. Die Phenylreste, die Cp-Ringe und paarweise die CO-Gruppen stehen bezogen auf den Mo_2Te_2 -Vierring jeweils *trans* zueinander. Die *trans*-Stellung der Phenylringe bedingt einmal eine quasi-axiale Stellung und zum anderen ein quasi-equatoriale. Auch die $\text{Mo}(\text{CO})_2\text{Cp}$ -Gruppen sind relativ zum Vierring bzw. zur jeweiligen Te–Mo–Te-Ebene verschieden orientiert. Ein Cp-Ring nimmt eine mehr axiale, der andere eine mehr equatoriale Lage ein. Trotz der symmetrischen chemischen Konstitution ist die Molekülstruktur asymmetrisch. Der lange Mo–Mo-Abstand von 4.23 \AA zeigt, dass keine Metall–Metall-Bindung vorliegt. Diese wesentlichen Strukturmerkmale sind die gleichen wie bei der homologen Schwefelverbindung $[\text{CpMo}(\text{CO})_2(\mu\text{-SPh})]_2$ [3,4].

Im Unterschied zur homologen Schwefelverbindung [3,4], in der im Mo_2S_2 -Vierring nur eine sehr geringe oder keine bindende Chalkogen–Chalkogen-Wechselwirkung vorliegt, muss man in I eine transannulare partielle Bindung zwischen den Telluratomen annehmen. Der Te–Te-Abstand von 3.24 \AA deutet nämlich auf eine Te–Te-Nebervalenz hin, wenn man einerseits mit der Summe der Van der Waals Radien (4.4 \AA [12]) und andererseits mit dem Te–Te-Abstand im metallischen Tellur (2.82 \AA [13]), dem Te–Te-Abstand im Ph_2Te_2 (2.71 \AA [14]) oder dem Te–Te-Abstand im $[(\text{CH}_3)_3\text{Si}]_3\text{C}\text{-Te}\text{-Te}\text{-Te}\text{-C}[\text{Si}(\text{CH}_3)_3]_3$ (2.71 \AA [15]) vergleicht.

Verglichen mit der homologen Schwefelverbindung sind im Mo_2Te_2 -Vierring die Winkel an den Chalkogenatomen im Mittel um 4.1° kleiner (97.1° gegenüber 101.2°) [3,4] (grundsätzlich sind die Winkel an den Chalkogenatomen in homologen Verbindungen bei Te kleiner als bei S), während die Chalkogen–Mo–Chalkogen-Winkel fast unverändert sind (70.2° im Mittel bei I gegenüber 71.6° im Mittel beim Schwefelhomologen [3,4]). Der Mo–Mo-Kontaktabstand in I ist mit 4.23 \AA deutlich grösser als der analoge Abstand in der Schwefelverbindung (3.93 \AA) [3,4].

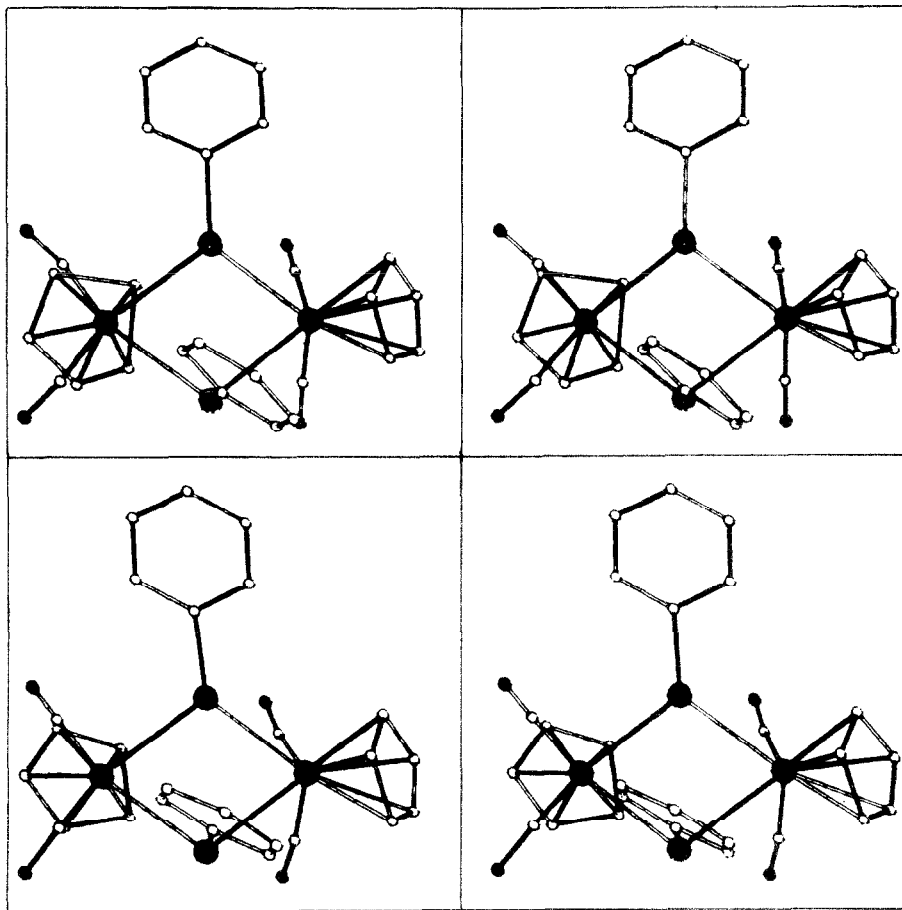


Fig. 3. Stereoskopische Bildpaare beider Moleküle der asymmetrischen Einheit von 1 (oben Molekül 1, unten Molekül 2).

Die Faltung des $\text{Mo}_2\text{Chalkogen}_2$ -Vierrings ist bei 1 gegenüber der Schwefelverbindung etwas stärker: 132.7° Diederwinkel zwischen den Te–Mo–Te-Ebenen in 1 gegenüber 144.2° [4] zwischen den S–Mo–S-Ebenen im Schwefelhomologen.

Der Komplex 1 zeigt bereits eine geringe, aber signifikante Symmetriebrechung der für den gefalteten Mo_2Te_2 -Vierring maximal möglichen $mm2$ -Symmetrie. Die Mo–Te-Abstände liegen im Bereich von 2.785 bis 2.865 Å, wobei die vom axial phenylsubstituierten Tellur ausgehenden Mo–Te-Bindungslängen im Mittel 0.05 Å länger sind als die vom equatorial phenylsubstituierten Tellur. Auch die Mo–Te–Mo-Winkel an den beiden Te-Atomen sind um 2.5° unterschiedlich. Die bezüglich der Substituenten des Mo_2Te_2 -Vierrings sehr deutliche Symmetriebrechung macht sich also auch schon im Vierring bemerkbar.

In Fig. 3 sind stereoskopisch die beiden Moleküle der asymmetrischen Einheit dargestellt. Auf Grund der im experimentellen Teil diskutierten Fehlordnung bzw. Überstruktur bezüglich der Substituenten des Mo_2Te_2 -Vierrings erlauben die durch diese Substrukturen definierten Bindungslängen und -winkel keine Detaildiskussion bezüglich der Abstände und Winkel; wogegen diese Größen im Mo_2Te_2 -Vierring

TABELLE 1

BINDUNGSLÄNGEN (Å) UND -WINKEL (°) FÜR BEIDE MOLEKÜLE DER ASYMMETRISCHEN EINHEIT IM Mo_2Te_2 -VIERRING

Molekül 1		Molekül 2	
<i>Bindungslängen (Å)</i>			
Te(1)–Mo(1)	2.855(5)	Te(3)–Mo(3)	2.874(6)
Te(1)–Mo(2)	2.834(6)	Te(3)–Mo(4)	2.834(6)
Te(2)–Mo(1)	2.785(5)	Te(4)–Mo(3)	2.785(6)
Te(2)–Mo(2)	2.813(5)	Te(4)–Mo(4)	2.798(6)
<i>Bindungswinkel (°)</i>			
Mo(1)–Te(1)–Mo(2)	96.3(2)	Mo(3)–Te(3)–Mo(4)	95.3(2)
Mo(1)–Te(2)–Mo(2)	98.4(2)	Mo(3)–Te(4)–Mo(4)	98.2(2)
Te(1)–Mo(1)–Te(2)	70.9(1)	Te(3)–Mo(3)–Te(4)	69.3(2)
Te(1)–Mo(2)–Te(2)	70.8(1)	Te(3)–Mo(4)–Te(4)	69.7(2)

hochsignifikant sind (Tab. 1). Die Unterschiede der equivalenten Te–Mo-Bindungslängen sind unter Berücksichtigung der Fehlergrenzen nicht signifikant; bei den Bindungswinkeln treten innerhalb der erzielten Genauigkeit zwar signifikante Differenzen auf, diese sind aber bei einer Maximaldifferenz von nur 1.6° stereochemisch nicht relevant. Die Faltung des Mo_2Te_2 -Vierrings ist jedoch leicht unterschiedlich; die Diederwinkel differieren um 4° .

Bezüglich der im wesentlichen gleichen Gesamtkonformation beider Moleküle der asymmetrischen Einheit treten auch leichte Differenzen bei den Substituenten des Mo_2Te_2 -Vierrings auf. Obwohl es sich hier um gemittelte Lagen verschiedener Orientierungen handelt, weisen bereits diese Unterschiede zwischen den beiden Molekülen der asymmetrischen Einheit auf eine Flexibilität der Molekülkonformation hin. Ein noch deutlicherer Hinweis auf eine molekulare Flexibilität sind die im experimentellen Teil näher beschriebenen Fehlerrundungs- bzw. Überstrukturphänomene.

Experimenteller Teil der Röntgenstrukturanalyse von I

Für die Einkristallröntgenstrukturanalyse wurde ein $0.3 \times 0.1 \times 0.1$ mm grösser, durch Umkristallisation aus Methanol erhaltener, dunkelroter Kristall von I ($\text{C}_{26}\text{H}_{20}\text{Mo}_2\text{O}_4\text{Te}_2$) unter Argon als Schutzgas in einer Glaskapillare präpariert. Die Raumgruppen und Gitterkonstantenbestimmung erfolgte mit einem Enraf–Nonius CAD4-Einkristalldiffraktometer (graphitmonochromatisierte Mo- K_α -Strahlung). Zur Gitterkonstantenbestimmung wurden die Orientierungsparameter von 20 Reflexen herangezogen. Raumgruppe: $P2_1/c$, a 11.901(1), b 11.657(1), c 37.743(3) Å, β 90.18(1)°. V 5236.3 Å³, Z = 8, D_o 2.13, D_x 2.140 g cm⁻³. Da die allgemeine Punktlage der Raumgruppe $P2_1/c$ vierzählig, aber Z = 8 ist, besteht die asymmetrische Einheit aus zwei Formeleinheiten.

Mit dem erwähnten Einkristalldiffraktometer (Mo- K_α -Strahlung) wurden die Reflexintensitäten im $\omega/2\theta$ -Abtastmodus im Bereich von $0^\circ < \theta \leq 23^\circ$ vermessen. Die Reflexintensitäten wurden Lp- und absorptionskorrigiert, wobei die Parameter für die Absorptionskorrektur empirisch über PSI-Abtastungen von 9 Reflexen [16] erhalten wurden ($\mu(\text{Mo-}K_\alpha)$ 2.93 nm⁻¹).

TABELLE 2

RELATIVE ATOMKOORDINATEN UND ISOTROPE TEMPERATURFAKTOREN VON $[(\eta^5\text{-Cp})\text{Mo}(\text{CO})_2(\mu\text{-TePh})_2]_2$ (I)

(Die angegebenen isotropen Temperaturfaktoren der Te- und Mo-Atome berechnen sich als $1/3$ der Spur des anisotropen B_{ij} -Tensors. *: verfeinert als Atom in einem starren Phenylring (C-C 1,40 Å, C-C-C 120°))

Atom	x	y	z	B (Å ²)
<i>Molekül 1</i>				
Te(1)	0.1140(3)	0.3199(3)	0.3778(1)	2.8(2)
Te(2)	0.2633(3)	0.2033(3)	0.4412(1)	2.8(2)
Mo(1)	0.0315(3)	0.2347(4)	0.4437(1)	2.9(2)
Mo(2)	0.2830(4)	0.1513(4)	0.3687(1)	3.0(2)
O(11)	0.0333(30)	-0.0266(34)	0.4595(10)	5.8(8)
O(12)	-0.1491(27)	0.1361(30)	0.3901(10)	5.5(8)
O(13)	0.3598(32)	0.3209(39)	0.3082(12)	7.9(9)
O(14)	0.5372(27)	0.1955(30)	0.3838(9)	5.1(7)
C(11)	0.0371(44)	0.0715(49)	0.4544(15)	5.0(10)
C(12)	-0.0756(34)	0.1743(37)	0.4108(12)	2.7(8)
C(13)	0.3265(40)	0.2642(44)	0.3323(14)	4.4(10)
C(14)	0.4371(38)	0.1809(41)	0.3810(12)	3.6(9)
C(101)	0.0636(41)	0.4021(45)	0.4814(14)	4.5(10)
C(102)	0.0420(40)	0.3154(48)	0.5018(14)	4.7(10)
C(103)	-0.0759(62)	0.2660(63)	0.4932(22)	11.0(13)
C(104)	-0.1238(37)	0.3253(48)	0.4720(13)	4.0(9)
C(105)	-0.0460(42)	0.4030(45)	0.4614(14)	4.7(10)
C(106)	0.1280(48)	0.0309(53)	0.3496(18)	7.0(11)
C(107)	0.1908(43)	0.0480(45)	0.3247(15)	5.0(10)
C(108)	0.3010(38)	-0.0005(41)	0.3274(13)	3.8(9)
C(109)	0.3316(42)	-0.0404(48)	0.3630(16)	6.0(11)
C(110)	0.2034(32)	-0.0285(36)	0.3874(11)	2.4(8)
C(111)*	0.1927(24)	0.4791(22)	0.3926(7)	4.3(9)
C(112)*	0.3079(24)	0.4921(22)	0.3983(7)	5.8(11)
C(113)*	0.3498(24)	0.5946(22)	0.4120(7)	14.2(14)
C(114)*	0.2765(24)	0.6842(22)	0.4201(7)	8.4(12)
C(115)*	0.1613(24)	0.6712(22)	0.4145(7)	4.4(10)
C(116)*	0.1194(24)	0.5687(22)	0.4007(7)	2.8(8)
C(117)*	0.3142(25)	0.0597(25)	0.4734(8)	5.7(11)
C(118)*	0.3986(25)	-0.0153(25)	0.4614(8)	12.9(13)
C(119)*	0.4332(25)	-0.1076(25)	0.4823(8)	7.1(11)
C(120)*	0.3834(25)	-0.1267(25)	0.5151(8)	6.6(11)
C(121)*	0.2989(25)	-0.0535(25)	0.5271(8)	6.6(11)
C(122)*	0.2643(25)	0.0388(25)	0.5062(8)	5.4(10)
<i>Molekül 2</i>				
Te(3)	0.1753(3)	0.3165(3)	0.7204(1)	3.6(2)
Te(4)	0.1986(3)	0.4180(3)	0.6415(1)	2.7(2)
Mo(3)	0.2873(4)	0.5258(4)	0.7012(1)	3.3(2)
Mo(4)	0.2479(4)	0.1913(4)	0.6603(1)	3.7(2)
O(21)	0.5063(33)	0.4951(37)	0.6570(12)	7.7(9)
O(22)	0.4576(26)	0.4048(31)	0.7532(10)	5.1(8)
O(23)	0.0691(36)	0.0225(42)	0.6933(11)	10.3(11)
O(24)	0.0880(30)	0.1549(35)	0.6005(13)	6.8(9)
C(21)	0.4275(38)	0.5004(41)	0.6761(13)	3.7(9)
C(22)	0.3923(38)	0.4549(42)	0.7355(13)	4.0(9)
C(23)	0.1318(44)	0.0987(47)	0.6781(15)	5.6(11)
C(24)	0.1519(36)	0.1665(43)	0.6219(13)	3.6(9)
C(201)	0.1361(39)	0.6513(44)	0.7045(14)	4.3(9)
C(202)	0.2244(52)	0.6950(59)	0.6866(19)	8.8(12)
C(203)	0.3389(52)	0.7127(57)	0.7174(19)	8.4(12)

TABELLE 2 (Fortsetzung)

Atom	<i>x</i>	<i>y</i>	<i>z</i>	<i>B</i> (Å ²)
C(204)	0.2739(58)	0.6776(67)	0.7430(20)	9.8(12)
C(205)	0.1662(55)	0.6399(62)	0.7426(19)	9.5(12)
C(206)	0.4337(42)	0.1928(52)	0.6890(16)	6.0(11)
C(207)	0.3896(39)	0.0784(45)	0.6811(14)	4.4(10)
C(208)	0.3717(40)	0.0516(46)	0.6446(15)	4.6(10)
C(209)	0.4040(40)	0.1355(46)	0.6273(14)	4.5(10)
C(210)	0.4436(43)	0.2239(46)	0.6510(16)	5.4(11)
C(211)*	0.0009(18)	0.3548(23)	0.7088(7)	1.5(7)
C(212)*	-0.0594(18)	0.3012(23)	0.6817(7)	4.4(10)
C(213)*	-0.1731(18)	0.3258(23)	0.6768(7)	5.5(11)
C(214)*	-0.2266(18)	0.4041(23)	0.6991(7)	4.9(10)
C(215)*	-0.1663(18)	0.4577(23)	0.7262(7)	8.3(12)
C(216)*	-0.0526(18)	0.4330(23)	0.7310(7)	8.6(12)
C(217)*	0.2975(22)	0.4514(29)	0.5948(7)	7.5(12)
C(218)*	0.2931(22)	0.3770(29)	0.5659(7)	6.4(11)
C(219)*	0.3413(22)	0.4089(29)	0.5337(7)	7.2(11)
C(220)*	0.3940(22)	0.5152(29)	0.5304(7)	5.9(11)
C(221)*	0.3985(22)	0.5897(29)	0.5593(7)	5.3(10)
C(222)*	0.3502(22)	0.5578(29)	0.5915(7)	6.1(11)

Für die Strukturlösung und Verfeinerung wurden 3279 Reflexe mit $I > 2\sigma(I)$ herangezogen. In der reziproken Gitterebene $h0l$ traten deutliche Überstrukturreflexe an den über die Gleitspiegelebene c ausgelöschten Positionen ($h0l$: $l = 2n + 1$) auf. Gelöst und verfeinert wurde die Struktur aber in der Superpositionsstruktur $P2_1/c$, zunächst deshalb, weil der Schweratomanteil von der Überstruktur nicht merkbar betroffen ist. Die Positionen der acht Schweratome der asymmetrischen Einheit (4 Te, 4 Mo) konnten über eine Pattersonsynthese bestimmt werden. Mit der zunächst erhaltenen Schweratompartialstruktur wurde eine Verfeinerung nach der Methode der kleinsten Quadrate, zunächst mit isotropen, dann mit anisotropen Temperaturparametern durchgeführt. Durch sukzessiv in den Verfeinerungsprozess eingeschobene Differenz-Fourier-Synthesen wurden die leichteren Nichtwasserstoffatome aufgefunden und jeweils mit isotropen Temperaturfaktoren mit in die Verfeinerung einbezogen. Die auf diese Weise erhaltene Superpositionsstruktur zeigte deutliche Fehlordnungsphänomene im Bereich der Substituenten der Mo_2Te_2 -Einheiten, insbesondere für die Phenylgruppen. Eine Verfeinerung der Leichtatome mit anisotropen Temperaturparametern war deshalb nicht möglich.

Auf den Versuch, nach der Lösung der Superpositionsstruktur auch noch die Überstruktur aufklären zu wollen, haben wir verzichtet, da mit der Superpositionsstruktur alle stereochemisch relevanten Fragestellungen gelöst waren und daher der Arbeitsaufwand in keiner vertretbaren Relation zum Informationsgehalt des Ergebnisses gestanden hätte. Die Lösung der Überstruktur hätte bestenfalls eine Differenzierung zwischen leicht verschiedenen Substituentenorientierungen am Mo_2Te_2 -Vierring ergeben. Darüberhinaus ist offen, ob bezüglich der Überstruktur eine Zwillingsbildung vorliegt. Ausserdem könnte der Kristall aus geordneten und fehlgeordneten Domänen bestehen.

Aus den angegebenen Gründen wurde die Struktur in der Raumgruppe der Superpositionsstruktur $P2_1/c$ endverfeinert. Die Phenylringe wurden als starre

Gruppen behandelt. In den letzten Verfeinerungsschritten wurden 53 Reflexe mit $\Delta F = ||F_o| - |F_c|| > 80$ eliminiert. Die Verfeinerung konvergierte bei einem R -Wert von 0.114 ($R_w = 0.095$). Als Gewichtsschema wurde verwendet: $w = 1/(\sigma^2(F_o) + 0.000001|F_o|^2)$. Eine Parallelverfeinerung mit individuellen C-Atomen der Phenylringe ergab keine signifikanten Unterschiede im R -Wert, zeigte aber deutlich, dass es sich bei der Verfeinerung mit starren Phenylringen um eine gemittelte Struktur verschiedener Orientierungen handelt.

Die Computerrechnungen wurden grösstenteils mit dem Programm SHELX-76 [17] an einer VAX 11/782-Anlage durchgeführt. Die Atomformfaktoren, soweit sie nicht Bestandteil des zitierten Programms sind, wurden den International Tables for X-Ray Crystallography entnommen. Die Atomkoordinaten und die isotropen Temperaturparameter sind in Tab. 2 zusammengestellt. Weitere Daten zur Kristallstrukturanalyse von I können beim Fachinformationszentrum Energie-Physik-Mathematik, D-7514 Eggenstein-Leopoldshafen unter Angabe der Hinterlegungsnummer CSD-51458, der Autoren und des Zeitschriftenzitats angefordert werden.

Literatur

- 1 P. Jaitner, J. Organomet. Chem., 210 (1980) 353.
- 2 P. Jaitner, J. Organomet. Chem., 233 (1982) 333.
- 3 I.B. Benson, S.T. Killops, S.A.R. Knox und A.L. Welch, J. Chem. Soc. Chem. Commun., (1980) 1137.
- 4 R.D. Adams, D.F. Chodosh und E. Faraci, Cryst. Struct. Comm., 7 (1978) 145.
- 5 P. Jaitner und W. Wohlgenannt, Inorg. Chim. Acta, 101 (1985) L43.
- 6 J.M. Berg, K.O. Hodgson, S.P. Cramer, J.L. Corbin, A.E. Elsberrv, N. Pariyadath und E.I. Stiefel, J. Am. Chem. Soc., 101 (1980) 2774.
- 7 J.R. Bradbury, M.F. Mackay und A.G. Wedd, Aust. J. Chem., 31 (1978) 2423.
- 8 S. Otsuka, M. Kamata, K. Hirotsu und T. Higuchi, J. Am. Chem. Soc., 103 (1981) 3014.
- 9 D. Sellmann und J. Schwartz, J. Organomet. Chem., 343 (1983) 241.
- 10 M. Kamata, T. Yashida und S. Otsuka, J. Am. Chem. Soc., 103 (1981) 3572.
- 11 D.J. Darensbourg, A. Rokicki und R. Kudaroski, Organometallics, 1 (1982) 1161; R.G.W. Gingerich und R.J. Angelici, J. Am. Chem. Soc., 101 (1979) 5604.
- 12 L. Pauling, The Nature of the Chemical Bond, Cornell University Press, Ithaca, 1960, S. 260.
- 13 E. Grison, J. Chem. Phys., 19 (1951) 1109.
- 14 G. Llabres, O. Dideberg und L. Dupont, Acta Cryst., B28 (1972) 2438.
- 15 F. Sladky, B. Bildstein, A. Gieren und H. Betz, unveröffentlichte Ergebnisse.
- 16 A.C.T. North, D.C. Phillips und F.S. Mathews, Acta Cryst., A24 (1968) 351.
- 17 G.M. Sheldrick, SHELX-76 Programm zur Kristallstrukturbestimmung, Univ. Cambridge, England (1976).