

## SPEKTROSKOPISCHE UNTERSUCHUNGEN AN KOMPLEXVERBINDUNGEN XI\*: IR-SPEKTRUM UND STRUKTUR VON $\text{Hg}[\text{Fe}(\text{CO})_3\text{NO}]_2$

W. BECK UND K. NOACK

Anorganisch-chemisches Laboratorium der Technischen Hochschule, München (Deutschland) und  
 Cyanamid European Research Institute, Genf (Schweiz)

(Eingegangen den 7. April 1967)

Gegenüber den Alkali-Tricarbonylnitrosylferraten ist das Quecksilber-“Salz”  $\text{Hg}[\text{Fe}(\text{CO})_3\text{NO}]_2^{2-}$  eine typisch unpolare Verbindung und zeigt damit große Ähnlichkeit mit dem isoelektronischen Kobaltcarbonylquecksilber  $\text{Hg}[\text{Co}(\text{CO})_4]_2$ . Abgesehen vom chemischen Verhalten<sup>2</sup> dieser Verbindung kommt der unpolare Charakter in der Lage der CO- und NO-Valenzschwingungen eindeutig zum Ausdruck. Die CO- und NO-Valenzschwingungen sind gegenüber  $\text{Co}(\text{CO})_3\text{NO}$  nur wenig nach kleineren Wellenzahlen verschoben, so daß nur eine geringe Polarität im Sinne von  $\text{Fe}^{\delta-}-\text{Hg}^{\delta+}-\text{Fe}^{\delta-}$  anzunehmen ist. Für das Anion  $[\text{Fe}(\text{CO})_3\text{NO}]^-$  wurden weit längerwellige CO- und NO-Banden festgestellt<sup>3</sup>.

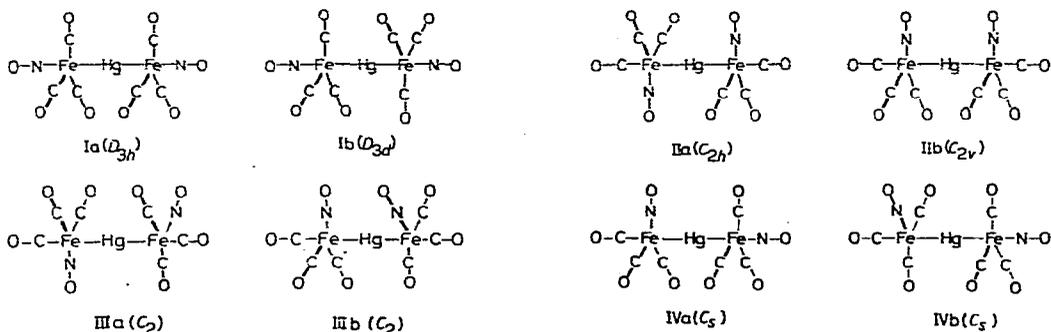


Fig. 1. Strukturmodelle für  $\text{Hg}[\text{Fe}(\text{CO})_3\text{NO}]_2^{2+}$ .

Für die Verbindung sind eine Reihe von verschiedenen Strukturen möglich (Fig. 1), zwischen denen man durch Vergleich der Anzahl der beobachteten und der nach den Auswahlregeln (Tabelle 1) zu erwartenden infrarotaktiven  $\nu(\text{CO})$ - und  $\nu(\text{NO})$ -Schwingungen im Prinzip unterscheiden kann.

Im Infrarotspektrum der Lösung in n-Heptan (Fig. 2 und Tabelle 2) treten zwei NO- und fünf CO-Valenzfrequenzen (oder sechs, wenn man die Schulter  $\sim 1980 \text{ cm}^{-1}$  berücksichtigt) auf. Fünf CO-Banden sind mit einer Struktur der Punktgruppe  $C_{2v}$  (Fig. 1) in Einklang. Eine Struktur der Punktgruppe  $D_{3h}$  oder  $D_{3d}$  kann ausgeschlossen werden, da hier nur eine IR-aktive NO- und zwei CO-

\* Für X. Mitteilung siehe Ref. 1.

TABELLE 1

IR-AKTIVE GRUNDSCHWINGUNGEN FÜR VERSCHIEDENE  $\text{Hg}[\text{Fe}(\text{CO})_3\text{NO}]_2$ -MODELLE

Schwingung	$D_{3h}$	$D_{3d}$	$C_{2h}$	$C_{2v}$
$\nu(\text{CO})$	$A_2'' + E'$	$A_{2u} + E_u$	$A_u + 2 B_u$	$2 A_1 + 2 B_1 + B_2$
$\nu(\text{NO})$	$A_2'$	$A_{2u}$	$B_u$	$A_1 + B_1$
$\nu(\text{Fe}-\text{C})$	$A_2'' + E'$	$A_{2u} + E_u$	$A_u + 2 B_u$	$2 A_1 + 2 B_1 + B_2$
$\nu(\text{Fe}-\text{N})$	$A_2''$	$A_{2u}$	$B_u$	$A_1 + B_1$
$\delta(\text{Fe}-\text{C}-\text{O})$	$A_2' + 2 E'$	$A_{2u} + 2 E_u$	$3 A_u + 3 B_u$	$3 A_1 + 3 B_1 + 3 B_2$
$\delta(\text{Fe}-\text{N}-\text{O})$	$E'$	$E_u$	$A_u + B_u$	$A_1 + B_1 + B_2$
$\nu(\text{Hg}-\text{Fe})$	$A_2''$	$A_{2u}$	$B_u$	$A_1 + B_1$
Deformations und Torsions-Schw. <sup>a</sup>	$A_2'' + 4 E'$	$A_{2u} + 4 E_u$	$5 A_u + 5 B_u$	$5 A_1 + 4 B_1 + 4 B_2$

<sup>a</sup>  $\delta(\text{C}-\text{Fe}-\text{C})$ ,  $\delta(\text{C}-\text{Fe}-\text{N})$ ,  $\delta(\text{Hg}-\text{Fe}-\text{C})$ ,  $\delta(\text{Hg}-\text{Fe}-\text{N})$  und  $\delta(\text{Fe}-\text{Hg}-\text{Fe})$ .

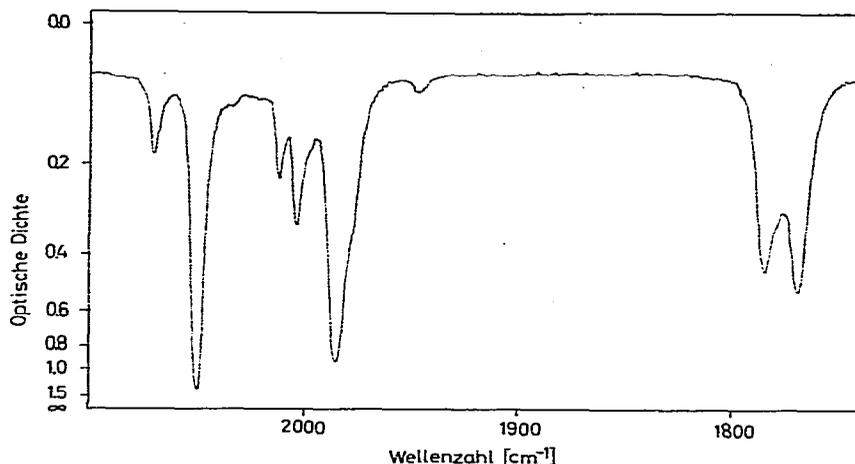


Fig. 2. Infrarotspektrum von  $\text{Hg}[\text{Fe}(\text{CO})_3\text{NO}]_2$  (Lösung in n-Heptan). Nach längerem Stehen der Lösung treten auch Banden bei 2083, 2035 und 1810  $\text{cm}^{-1}$  auf, die dem Eisennitrosylcarbonyl  $\text{Fe}(\text{NO})_2(\text{CO})_2$  zuzuschreiben sind, das durch Zersetzung am Licht entsteht<sup>2</sup>.

Valenzschwingungen zu erwarten sind; ebenso scheidet nach der Anzahl der NO- und CO-Banden ein Modell der Punktgruppe  $C_{2h}$  aus. Bei den Strukturen (IIIa) und (IIIb) (gauche-Form) sollten alle sechs CO-Valenzschwingungen IR-aktiv sein (Punktgruppe  $C_2$ ); das gleiche gilt für Strukturen mit  $C_s$ -Symmetrie (IV). Bei (IVa) und (IVb) sollten sich, da hier die beiden NO-Gruppen verschiedene Umgebung besitzen, die NO-Banden in ihrer Wellenzahl wesentlich unterscheiden, was jedoch nicht beobachtet wird.

Alle diese Überlegungen sind jedoch nur gültig, wenn das Spektrum nur von einer einzigen Struktur herrührt, d.h. kein Gemisch von Isomeren vorliegt. Da die Zusammensetzung eines Isomerengemisches bei relativ rascher Gleichgewichtseinstellung temperaturabhängig ist und daher mit Temperaturänderungen Änderungen im Spektrum einhergehen sollten, haben wir das IR-Spektrum bei verschie-

TABELLE 2

INFRAROTABSORPTIONEN VON  $\text{Hg}[\text{Fe}(\text{CO})_3\text{NO}]_2$ 

Lösung <sup>a</sup>		Fest in Nujol <sup>b</sup>	In KJ <sup>b</sup>	Zuordnung
$\nu$ ( $\text{cm}^{-1}$ )	$\epsilon$ ( $\text{l/mol}\cdot\text{cm}$ )	$\nu$ ( $\text{cm}^{-1}$ )	$\nu$ ( $\text{cm}^{-1}$ )	
2071	1300	2070(sch)		} $\nu(\text{CO})$
2050	13000	2051 sst		
2013	1700			
2004	2800	2007 m-st		
1985	10000	1973 sst		
~1980	(sch)3000			} $\nu(^{13}\text{CO})$
1948	200	1950(sch)		
1785	4000	1771 st		} $\nu(\text{NO})$
1769	4600	1744 st		
635	300	640 m	639 st	
600	1300	600 sst(b)	~600 sst	} $\delta(\text{Fe-N-O})$ $\nu(\text{Fe-N})$ $\delta(\text{Fe-C-O})$ $\nu(\text{Fe-C})$
588	3500		585 sst	
530	220	537 m	535 st	
488	220	495 m	495 st	
480	(sch)200	478 m	476 st	
455	10	456 s	455 m	
410	100	420 m	420 m	
390	20	391 s	390 ss	
376	15	380 s-m	378 s	
		248 s	350 ss	
		186 m-st		$\nu_{\text{as}}(\text{Fe-Hg-Fe})$

<sup>a</sup> Bereich der  $\nu(\text{CO})$ - und  $\nu(\text{NO})$ -Banden: n-Heptanlösung. Die  $\text{CCl}_4$ - und  $\text{C}_6\text{H}_{12}$ -Lösungen zeigen innerhalb der Fehlergrenzen die gleichen CO- und NO-Valenzfrequenzen. Übriges Spektrum: n-Heptan,  $\text{C}_6\text{H}_{12}$ ,  $\text{CS}_2$  und  $\text{CCl}_4$  kombiniert. <sup>b</sup> Intensitäten: st = stark, sst = sehr stark, m = mittel, s = schwach, ss = sehr schwach, (sch) = Schulter, (b) = breit.

denen Temperaturen von Zimmertemperatur bis  $-80^\circ$  untersucht. Mit Hilfe dieser Methode konnten kürzlich Isomere von Dikobaltoktacobonyl<sup>4</sup> so wie von Verbindungen des Typs  $[\text{C}_5\text{H}_5\text{M}(\text{CO})_2]_2$  ( $\text{M} = \text{Fe}, \text{Ru}$ )<sup>5</sup> nachgewiesen werden. Stereoisomere von  $\text{Hg}[\text{Fe}(\text{CO})_3\text{NO}]_2$  können durch Drehung der  $\text{Fe}(\text{CO})_3\text{NO}$ -Einheiten um die Fe-Hg-Fe-Achse entstehen. Im Spektrum einer Lösung von  $\text{Hg}[\text{Fe}(\text{CO})_3\text{NO}]_2$  in n-Heptan bei  $-79^\circ$  konnte jedoch keine Intensitätsänderung oder Frequenzverschiebung der CO- und NO-Banden gegenüber den Messungen bei Raumtemperatur festgestellt werden. Demnach sind diese Absorptionen nur einer Spezies zuzuordnen, die nur geringe Symmetrie besitzt, wobei jedoch aus dem IR-Spektrum\*<sup>6</sup> eine Entscheidung über das Vorliegen von (IIb), (IIIa) oder (IIIb) nicht eindeutig möglich ist. Jedenfalls erscheint es überraschend, daß von den möglichen Modellen eine Struktur mit geringer Symmetrie bevorzugt ist. Die gleiche Konfiguration wie in Lösung liegt vermutlich im Kristall vor, da auch im Festkörperspektrum zwei  $\nu(\text{NO})$ -Banden auftreten, und auch im langwelligen Bereich die Spektren von Lösung und Festkörper identisch sind (Tabelle 2).

Bemerkenswert ist, daß überhaupt eine Kopplung der CO- und NO-Schwingungen über das Quecksilberatom erfolgt. Bei strenger Gültigkeit der sogen. "Methode

\* Raman-Messungen waren bisher wegen der Lichtempfindlichkeit der Verbindung nicht möglich<sup>6</sup>.

der lokalen Symmetrie<sup>7</sup> sollte nur eine NO-Schwingung auftreten. Die Anwendung dieser Methode ist demnach, wie bereits früher bei zweikernigen Kobaltcarbonylkomplexen<sup>8</sup> sowie bei Verbindungen des Typs  $[\text{Ni}(\text{NO})\text{P}(\text{C}_6\text{H}_{11})_3\text{X}]_2$  ( $\text{X} = \text{Br}, \text{J}$ ) festgestellt wurde<sup>9</sup>, stark einzuschränken.

Die im "mittleren" Frequenzbereich von  $650\text{--}380\text{ cm}^{-1}$  auftretenden Banden sind den Fe-C- und Fe-N-Valenz-, sowie den Fe-N-O- und Fe-C-O-Deformationschwingungen zuzuordnen. Auf eine ausführliche Diskussion, welche Bande den einzelnen Schwingungstypen zuzuordnen ist, wird vorerst verzichtet zumal—abgesehen von der sicher nicht vernachlässigbaren Kopplung zwischen gleichrassigen Schwingungen—auch bei dem einfacheren und eingehend untersuchten Kobaltnitrosylcarbonyl  $\text{Co}(\text{CO})_3\text{NO}$ <sup>10</sup> eine zweifelsfreie Zuordnung noch nicht erfolgt ist<sup>11</sup>. Indessen weist die Anzahl auch der in diesem Gebiet ( $650\text{--}350\text{ cm}^{-1}$ ) auftretenden Absorptionen auf eine niedrige Symmetrie der  $\text{Hg}[\text{Fe}(\text{CO})_3\text{NO}]_2$ -Molekel hin. Beim Vorliegen einer  $D_{3d}$  oder  $D_{3h}$ -Symmetrie sind nur sieben Schwingungen in diesem Bereich zu erwarten (Tabelle 1). Die recht intensive Bande bei  $186\text{ cm}^{-1}$  kann der antisymmetrischen Fe-Hg-Fe-Valenzschwingung zugewiesen werden. Zum Vergleich wurden auch die IR-Spektren von  $\text{Hg}[\text{Co}(\text{CO})_4]_2^*$  und  $[\text{HgFe}(\text{CO})_4]_n$  (Tabelle 3) im langwelligen Bereich vermessen. Bei beiden Komplexen wird die

TABELLE 3

IR-ABSORPTIONEN VON  $[\text{HgFe}(\text{CO})_4]_n$  (FEST IN NUJOL)

( $\text{cm}^{-1}$ )	Zuordnung	( $\text{cm}^{-1}$ )	Zuordnung	( $\text{cm}^{-1}$ )	Zuordnung
2043 sst	$\nu(\text{CO})$	552 s	} $\delta(\text{Fe-C-O})$ $\nu(\text{Fe-C})$	201 sst	$\nu_{as}(\text{Fe-Hg-Fe})$
2009 s	$\nu(^{13}\text{CO})$	532 m		170 s-m	$\nu_s(\text{Fe-Hg-Fe})$
1976 st	$\nu(\text{CO})$	519 m			
1950 st	$\nu(\text{CO})$	481 s(b)			
1915 st	$\nu(\text{CO})$	442 st			
604 sst	$\delta(\text{Fe-C-O})$	426 s			
		396 s(b) 291 m(b)			

$\nu_{as}(\text{M-Hg-M})$ -Valenzschwingung bei  $201\text{ cm}^{-1}$  gefunden. Allgemein treten Metall-Metall-Schwingungen stets im Frequenzbereich von etwa  $150\text{--}200\text{ cm}^{-1}$  auf (vgl. Ref. 13). Stammreich u. Mitarb.<sup>14</sup> fanden im Raman-Spektrum von  $\text{Hg}[\text{Co}(\text{CO})_4]_2$  die  $\nu_s(\text{Co-Hg-Co})$ -Schwingung bei  $161\text{ cm}^{-1}$ .

Während somit beim  $\text{Hg}[\text{Co}(\text{CO})_4]_2$  und  $\text{Hg}[\text{Fe}(\text{CO})_3\text{NO}]_2^{**}$  das Alternativverbot gilt, wird bei der Eisenverbindung  $[\text{HgFe}(\text{CO})_4]_n$  im IR-Spektrum auch die  $\nu_s(\text{Fe-Hg-Fe})$ -Bande bei  $170\text{ cm}^{-1}$  beobachtet. Bei dieser sicher polymer gebauten und oktaedrisch konfigurierten Verbindung ist aus dem Fehlen von charakteristischen CO-Brückenfrequenzen auf eine Verknüpfung über Hg-Atome entsprechend  $[-\text{Hg-Fe}(\text{CO})_4-\text{Hg-Fe}(\text{CO})_4-]_n$  zu schließen. Die Tatsache, daß die  $\nu_{as}$ - und  $\nu_s(\text{Fe-Hg-Fe})$ -Valenzschwingungen sowie vier CO-Valenzschwingungen auftreten (Tabelle 3), ist nur mit einer *cis*-Verknüpfung vereinbar. Bei *trans*-Stellung der beiden Hg-Atome

\* Die IR-Absorptionen im Bereich von  $600\text{--}350\text{ cm}^{-1}$  wurden bereits früher angegeben<sup>12</sup>.

\*\* Für  $\text{Hg}[\text{Fe}(\text{CO})_3\text{NO}]_2$  sollte bei  $C_{2v}$ -Symmetrie auch die  $\nu_s(\text{Fe-Hg-Fe})$ -Schwingung IR-aktiv sein (Tabelle 1). Die Symmetriestörung durch die "cis"-ständigen NO-Gruppen wirkt sich jedoch offensichtlich nicht auf das Fe-Hg-Fe-Skelett aus.

sollte nur die  $\nu_{\text{as}}(\text{Fe}-\text{Hg}-\text{Fe})$  und eine CO-Schwingung IR-aktiv sein. Eine *cis*-Struktur wurde auch bei den monomeren Eisencarbonylverbindungen  $\text{Fe}(\text{CO})_4-(\text{HgX})_2$ <sup>15</sup> (X = Cl, Br, J) sowie bei  $\text{Fe}(\text{CO})_4\text{J}_2$ <sup>16</sup> festgestellt.

Auch die Dipolmomentmessungen (in Benzol-Lösung) weisen darauf hin, daß im  $\text{Hg}[\text{Fe}(\text{CO})_3\text{NO}]_2$  die beiden NO-Liganden nicht in *trans*-Stellung stehen. Für  $\text{Hg}[\text{Fe}(\text{CO})_3\text{NO}]_2$  wird gegenüber der isoelektronischen Kobaltverbindung  $\text{Hg}[\text{Co}(\text{CO})_4]_2$  ein etwas größeres Dipolmoment (Tabelle 4) festgestellt; wie schon

TABELLE 4

## BESTIMMUNG DER DIPOLMOMENTE

Nach Messungen von Dr. H. TENGLER; zur Bezeichnung der Abkürzungen vergl. Ref. 16 und 18.

$w_2$	$\Delta\varepsilon_{12}$	$\Delta\rho_{12}$	$\Delta D^2_{12}$	
<i>Hg[Co(CO)<sub>4</sub>]<sub>2</sub> in Benzol (25° C)</i>				
0.00566	0.0021	0.0031 <sub>6</sub>	0.0009	$\alpha_t = 0.41 \pm 0.01$ ; $\alpha_{\text{aD}} = 0.185 \pm 0.025$ ; $\beta = 0.54 \pm 0.01$ ; $P_{2,\infty} = 112.4 \pm 1.5 \text{ cm}^3$ ; ${}_D P_E = 88.5 \pm 2.3 \text{ cm}^3$ ; $\mu_D = 1.08 \pm 0.06 \text{ D}$ ; mit $\mu = 0$ wird $P_A = 23.9 \text{ cm}^3$ .
0.01138	0.0046	0.0061	0.0021	
0.01420	0.0061 <sub>8</sub>	0.0078 <sub>3</sub>		
0.01240	0.0052 <sub>9</sub>		0.0018	
<i>Hg[Fe(CO)<sub>3</sub>NO]<sub>2</sub> in Benzol</i>				
0.00560	0.0032 <sub>2</sub>	0.0031 <sub>8</sub>		$\alpha_t = 0.56 \pm 0.02$ ; $\beta = 0.57 \pm 0.01$ ; $P_{2,\infty} = 120.8 \pm 2.0 \text{ cm}^3$ ; ${}_D P_E = 88.5 \pm 2.5$ ; $\mu_D = 1.25 \pm 0.11 \text{ D}$ ; $\mu_{27\%} = 0.65 \pm 0.11 \text{ D}$ .
0.00268		0.0014 <sub>8</sub>		
0.00924	0.0052 <sub>5</sub>	0.0053		
0.01089	0.0055 <sub>8</sub>	0.0062		
0.00425	0.0025 <sub>0</sub>	0.0025		
0.00546	0.0030 <sub>9</sub>			
0.00643	0.0034 <sub>2</sub>			

\* Als Elektronenpolarisation wurde die von  $\text{Hg}[\text{Co}(\text{CO})_4]_2$  in Rechnung gesetzt.

früher gezeigt werden konnte<sup>16,17</sup>, unterscheiden sich die Bindungsmomente  $\mu(\text{M}-\text{CO})$  und  $\mu(\text{M}-\text{NO})$  (M = Metall) nur wenig. Da für  $\text{Hg}[\text{Co}(\text{CO})_4]_2$  aus Raman-Untersuchungen<sup>14</sup> eine dipolfreie Struktur ( $D_{3d}$ ) abgeleitet wurde, ist hier die gefundene Differenz zwischen Gesamt- und Elektronenpolarisation der Atom-polarisation zuzuschreiben, die wie bei  $\text{Mn}_2(\text{CO})_{10}$ ,  $\text{Re}_2(\text{CO})_{10}$ <sup>18\*</sup> einen recht beträchtlichen Wert besitzt (20–30  $\text{cm}^3$ ).

## EXPERIMENTELLER TEIL

Die IR-Spektren wurden mit den Perkin Elmer Spektrographen, Mod. 21 (mit LiF-Optik), Mod. 521 und einem Beckman-Gerät IR 11 aufgenommen. Jedes Spektrum wurde mit CO geeicht; die Frequenzen sind im Bereich der  $\nu(\text{CO})$ - und  $\nu(\text{NO})$ -Banden auf  $\pm 1 \text{ cm}^{-1}$  genau, im langwelligen Bereich  $\pm 2 \text{ cm}$ .

Die in Tabelle 2 angegebenen maximalen Extinktionskoeffizienten sind nur als ungefähre Größenangabe zu betrachten; der Fehler kann bis zu  $\pm 20\%$  betragen. Dennoch scheint ihre Angabe sinnvoller als einfach "stark", "mittel" usw.

\* Über den Zusammenhang zwischen den absoluten IR-Intensitäten und der Atom-polarisation von dipolfreien Metallcarbonylen wird an anderer Stelle berichtet werden. (Vgl. Vortrag von W.B. auf der Chemiedozenten-Tagung, Würzburg, April 1966, und auf dem Second International Symposium on Organometallic Chemistry, Madison, September 1965).

Die Messung bei tiefen Temperaturen erfolgte mit einem Perkin Elmer Gitterspektrophotometer Mod. 521 und der bereits früher beschriebenen Kühlkuvette<sup>4</sup>.

Die Verbindungen  $\text{Hg}[\text{Fe}(\text{CO})_3\text{NO}]_2$ <sup>2</sup>,  $\text{Hg}[\text{Co}(\text{CO})_4]_2$ <sup>19</sup> und  $[\text{HgFe}(\text{CO})_4]_n$ <sup>20</sup> wurden nach Literaturangaben dargestellt.

DANK

Herrn Professor Dr. E. O. FISCHER danken wir herzlich für die Unterstützung durch Institutsmittel.

ZUSAMMENFASSUNG

Aus dem IR-Spektrum von  $\text{Hg}[\text{Fe}(\text{CO})_3\text{NO}]_2$  wird für die Verbindung eine Struktur mit Fe–Hg–Fe-Bindung und trigonal bipyramidaler Umgebung der beiden Eisenatome abgeleitet. Die NO-Gruppen stehen nicht in *trans*-Stellung zueinander. Die antisymmetrischen M–Hg–M-Valenzschwingungen von  $\text{Hg}[\text{Fe}(\text{CO})_3\text{NO}]_2$ ,  $\text{Hg}[\text{Co}(\text{CO})_4]_2$  und  $[\text{HgFe}(\text{CO})_4]_n$  werden bei  $200\text{ cm}^{-1}$  gefunden.

SUMMARY

From the infrared spectrum of  $\text{Hg}[\text{Fe}(\text{CO})_3\text{NO}]_2$  a structure with Fe–Hg–Fe bonding and trigonal bipyramidal coordination of the iron atoms is deduced. The interpretation excludes the possibility that the NO groups are *trans* to one another. The asymmetric M–Hg–M stretching vibrations of  $\text{Hg}[\text{Fe}(\text{CO})_3\text{NO}]_2$ ,  $\text{Hg}[\text{Co}(\text{CO})_4]_2$  and  $[\text{HgFe}(\text{CO})_4]_n$  are found at  $200\text{ cm}^{-1}$ .

LITERATUR

- 1 W. BECK, K. SCHMIDTNER UND H. J. KELLER, *Chem. Ber.*, 100 (1967) 503.
- 2 W. HIEBER UND H. BEUTNER, *Z. Anorg. Allgem. Chem.*, 320 (1962) 101.
- 3 W. BECK, *Chem. Ber.*, 94 (1961) 1214.
- 4 K. NOACK, *Spectrochim. Acta*, 19 (1963) 1925.
- 5 R. D. FISCHER, A. VOGLER UND K. NOACK, *J. Organometal. Chem.*, 7 (1967) 135, 150.
- 6 H. STAMMREICH, persönliche Mitteilung.
- 7 F. A. COTTON, A. LIEHR UND G. WILKINSON, *J. Inorg. Nucl. Chem.*, 2 (1956) 141.
- 8 G. BOR, *Proc. Symp. on Coordination Chemistry*, Tihany, Hungary 1964, S. 361, Akadémiai Kiadó, Budapest 1965.
- 9 W. BECK UND K. LOTTES, *Z. Anorg. Allgem. Chem.*, 335 (1965) 258
- 10 R. S. McDOWELL, W. D. HORROCKS UND J. T. YATES, *J. Chem. Phys.*, 34 (1961) 530.
- 11 Vgl. R. J. CLARK, *Inorg. Chem.* 6 (1967) 303.
- 12 K. NOACK, *Helv. Chim. Acta*, 47 (1964) 1555.
- 13 H. M. GAGER, J. LEWIS UND M. J. WARE, *Chem. Commun.*, (1966) 616.
- 14 H. STAMMREICH, K. KAWAI, O. SALA UND P. KRUMHOLZ, *J. Chem. Phys.*, 35 (1961) 2175.
- 15 J. LEWIS UND S. B. WILD, *J. Chem. Soc., A*, (1966) 69.
- 16 E. WEISS, *Z. Anorg. Allgem. Chem.*, 287 (1956) 225.
- 17 W. HIEBER UND H. TENGLER, *Z. Anorg. Allgem. Chem.*, 318 (1962) 136.
- 18 W. BECK, W. HIEBER UND H. TENGLER, *Chem. Ber.*, 94 (1961) 862.
- 19 W. HIEBER, E. O. FISCHER UND E. BÖCKLY, *Z. Anorg. Allgem. Chem.*, 269 (1952) 308.
- 20 H. HOCK UND H. STUHLMANN, *Ber.*, 61 (1928) 2097; 62 (1929) 431.