

DARSTELLUNG UND STRUKTUR VON $(\eta^2\text{-C}_6\text{H}_5\text{As}_2\text{C}_6\text{H}_5)\text{Fe}(\text{CO})_4$, EINE VERBINDUNG MIT ARSENOBENZOL ALS LIGAND

MICHAEL JACOB und ERWIN WEISS *

Institut für Anorganische und Angewandte Chemie der Universität Hamburg, Martin-Luther-King-Platz 6, D 2000 Hamburg 13 (B.R.D.)

(Eingegangen den 22. Dezember 1977)

Summary

η^2 -Arsenobenzenetetracarbonyliron, [tetracarbonyl(diphenylcycloferradiarsane)], has been isolated as one of the products of the reaction of $\text{C}_6\text{H}_5\text{AsCl}_2$ with $\text{Na}_2\text{Fe}(\text{CO})_4 \cdot 1.5$ dioxane. A single-crystal X-ray diffraction study reveals arsenobenzene, $\text{C}_6\text{H}_5\text{As}_2\text{C}_6\text{H}_5$, stabilized by coordination to an $\text{Fe}(\text{CO})_4$ group. As in complexes of the type (olefin) $\text{Fe}(\text{CO})_4$ one of the equatorial positions in $\text{Fe}(\text{CO})_5$ is replaced by the ligand (Fe—As 251 pm, As—As 237 pm). In the ligand the phenyl groups are in the *trans* position and not coplanar.

IR and mass spectra are reported. Crystal data: space group $P2_1/c$, $a = 1340.5(9)$, $b = 1005.8(7)$, $c = 1258.2(8)$ pm, $\beta = 99.14(3)^\circ$, $Z = 4$, $R = 0.048$.

Zusammenfassung

η^2 -Arsenobenzol-tetracarbonyleisen, [Tetracarbonyl(diphenylcyclo-ferradiarsan)], wurde als eines der Produkte der Umsetzung von $\text{C}_6\text{H}_5\text{AsCl}_2$ mit $\text{Na}_2\text{Fe}(\text{CO})_4 \cdot 1.5$ Dioxan isoliert. Eine Einkristall-Röntgenbeugungs-Untersuchung lässt das durch Koordination an eine $\text{Fe}(\text{CO})_4$ -Gruppe stabilisierte Arsenobenzol, $\text{C}_6\text{H}_5\text{As}_2\text{C}_6\text{H}_5$, erkennen. Wie in Komplexes des Typs (Olefin) $\text{Fe}(\text{CO})_4$ wird eine der äquatorialen Stellungen in $\text{Fe}(\text{CO})_5$ durch den Liganden ersetzt (Fe—As 251 pm, As—As 237 pm). Im Liganden sind die Phenylgruppen in *trans*-Position und nicht koplanar angeordnet.

Die IR- und Massenspektren werden mitgeteilt. Kristalldaten: Raumgruppe $P2_1/c$, $a = 1340.5(9)$, $b = 1005.8(7)$, $c = 1258.2(8)$ pm, $\beta = 99.14(3)^\circ$, $Z = 4$, $R = 0.048$.

Einführung

Phenyldichlorarsin reagiert mit $\text{Na}_2\text{Fe}(\text{CO})_4 \cdot 1.5$ Dioxan zu einem Gemisch eisenorganischer Verbindungen. Einige dieser Substanzen konnten durch Rönt-

genstrukturanalyse sowie IR- und Massenspektroskopie charakterisiert werden. So berichteten wir bereits über die Komplexverbindung $(\mu_3\text{-C}_6\text{H}_5\text{As})_2\text{Fe}_3(\text{CO})_9$. In ihr besetzen drei $\text{Fe}(\text{CO})_3$ -Gruppen die äquatorialen Positionen einer verzerrten trigonalen Bipyramide; in den axialen Stellungen befinden sich zwei Phenylarsiniden-Gruppen [1]. Von den weiteren Reaktionsprodukten konnte massenspektroskopisch eine Substanz mit der vorläufigen Zusammensetzung $(\text{C}_6\text{H}_5\text{As})\text{Fe}_3(\text{CO})_{12}$ identifiziert werden; ihre Röntgenstrukturanalyse ist in Bearbeitung.

Hauptprodukt (25% Ausbeute) der obigen Umsetzung ist die hier ausführlicher beschriebene Verbindung $(\eta^2\text{-C}_6\text{H}_5\text{As}_2\text{C}_6\text{H}_5)\text{Fe}(\text{CO})_4$. Auf Grund einer Röntgenstrukturanalyse kann sie als Koordinationsverbindung mit dem in freien Zustand unbekanntem Arsenobenzol-Liganden aufgefasst werden.

Die Entstehung der drei Reaktionsprodukte ist zwanglos durch das intermediäre Auftreten von $\text{Fe}(\text{CO})_4$ - und Phenylarsiniden-Resten ($\text{C}_6\text{H}_5\text{As}$) bei der Umsetzung von $\text{C}_6\text{H}_5\text{AsCl}_2$ mit $\text{Na}_2\text{Fe}(\text{CO})_4$ zu erklären. Auch im Massenspektrum aller Komplexverbindungen findet sich bei m/e 152 das Fragment-Ion $\text{C}_6\text{H}_5\text{As}^+$.

Röntgenstrukturuntersuchung

$(\eta^2\text{-C}_6\text{H}_5\text{As}_2\text{C}_6\text{H}_5)\text{Fe}(\text{CO})_4$ kristallisiert aus n-Hexan in gelbenmonoklinen Prismen. Für die Röntgenstrukturuntersuchung wurde ein Kristall der Grösse $0.3 \times 0.3 \times 0.2 \text{ mm}^3$ ausgewählt und in einer Lindemann-Kapillare vermessen. Drehkristall-, Weissenberg- und Präzessionsaufnahmen ergaben vorläufige Gitterparameter und die systematischen Auslöschungen $h0l$ mit $l = 2n + 1$ und $0k0$ mit $k = 2n + 1$, woraus eindeutig Raumgruppe $P2_1/c$ folgt. Kristalldaten s. Tab. 1. Tab. 2 enthält die mit Hilfe eines Vierkreis-Einkristalldiffraktometers verfeinerten Parameter (Mo- K_{α} , $\lambda = 70.926 \text{ pm}$, Graphit-Monochromator).

Es wurden die Intensitäten von 5311 Reflexen ermittelt, von denen 2346 symmetrieunabhängig und signifikant waren und zur weiteren Berechnung der Struktur dienten. Absorptionskorrekturen unterblieben. Mittels Direktmethoden (Programmsystem Multan [2]) liessen sich die As- und Fe-Lagen ermitteln. Durch Fouriersynthesen erhielt man dann O- und C-Koordinaten. Nach Bestimmung aller H-Lagen wurden alle Atomlagen verfeinert [3], die H-Atome nur mit isotropen Temperaturfaktoren. Der abschliessende R -Wert beträgt 0.048. Tab. 2 ent-

TABELLE 1

KRISTALLDATEN

Summenformel	$\text{C}_{16}\text{H}_{10}\text{As}_2\text{FeO}_4$
Molgewicht	$471.36 \text{ g mol}^{-1}$
Raumgruppe	$P2_1/c$
Moleküle/Zelle	4
Berechnete Dichte	1.87 g cm^{-3}
Zellkonstanten	
a	$1340.5(9) \text{ pm}$
b	$1005.8(7) \text{ pm}$
c	$1258.2(8) \text{ pm}$
β	$99.14(3)^\circ$
Zellvolumen	$1.67476 \times 10^9 \text{ pm}^3$

TABELLE 2

ATOMPARAMETER UND TEMPERATURFAKTOREN VON $(\eta^2\text{-C}_6\text{H}_5\text{As}_2\text{C}_6\text{H}_5)_2\text{Fe}(\text{CO})_4$

Atom	x/a	y/b	z/c	β_{11}	β_{22}	β_{33}	β_{12}	β_{13}	β_{23}
As(1)	0.29152(7)	0.69986(7)	0.98305(8)	42.2(6)	75.9(1.0)	59.5(7)	-5.3(6)	14.1(5)	-7.1(7)
As(2)	0.29165(7)	0.76671(10)	0.19542(7)	47.0(6)	99.2(1.1)	48.5(6)	-8.0(7)	11.7(5)	7.5(7)
Fe	0.28643(9)	0.94148(10)	0.01316(10)	38.3(7)	69.0(1.3)	49.7(9)	-5.9(8)	12.5(6)	-0.5(9)
O(1)	0.29976(60)	0.04772(90)	0.80760(60)	102(7)	163(12)	66(6)	-34(7)	-24(6)	16(7)
O(2)	0.4955(6)	0.9803(8)	0.1928(7)	55(5)	120(9)	119(8)	-12(6)	-2(5)	-14(7)
O(3)	0.0495(6)	0.8686(9)	0.9188(6)	55(5)	168(12)	75(6)	-16(6)	0(4)	10(6)
O(4)	0.1959(6)	0.1720(9)	0.1248(7)	80(6)	149(11)	136(9)	-15(7)	56(6)	48(8)
C(1)	0.2824(8)	0.0063(10)	0.8865(8)	78(8)	70(10)	59(7)	-7(7)	15(6)	6(7)
C(2)	0.3863(7)	0.9643(10)	0.0796(8)	45(6)	97(12)	78(8)	-7(8)	15(7)	14(8)
C(3)	0.1994(7)	0.8953(10)	0.9554(7)	52(6)	89(11)	56(7)	-6(7)	11(5)	4(7)
C(4)	0.2123(9)	0.0809(10)	0.0824(8)	56(7)	107(13)	74(8)	14(7)	32(6)	-15(8)
C(11)	0.4983(7)	0.6885(9)	0.0043(8)	52(6)	65(9)	70(7)	-3(6)	22(5)	9(7)
C(12)	0.4996(8)	0.6571(10)	0.1004(8)	62(7)	112(13)	71(8)	16(8)	9(6)	14(8)
C(13)	0.6022(8)	0.6423(10)	0.1050(8)	54(7)	124(14)	89(8)	17(8)	2(6)	6(9)
C(14)	0.6437(6)	0.6565(10)	0.0143(10)	51(9)	82(15)	117(20)	4(9)	28(10)	0(14)
C(15)	0.5869(8)	0.6868(10)	0.9150(9)	47(7)	117(13)	93(9)	5(7)	22(6)	8(9)
C(16)	0.4841(7)	0.7031(10)	0.9108(7)	56(7)	107(12)	78(8)	9(7)	23(6)	4(8)
C(21)	0.1227(8)	0.7013(10)	0.1464(8)	53(6)	99(11)	51(8)	7(7)	18(5)	11(7)
C(22)	0.1026(8)	0.5690(10)	0.1287(8)	70(8)	116(13)	61(7)	11(8)	24(6)	1(8)
C(23)	0.0066(9)	0.5189(10)	0.1327(9)	82(9)	168(18)	67(8)	53(11)	14(7)	5(9)
C(24)	0.9308(6)	0.6015(10)	0.1531(9)	60(8)	217(22)	75(9)	33(11)	17(7)	20(12)
C(25)	0.9495(8)	0.7325(10)	0.1703(9)	58(8)	202(20)	92(10)	31(10)	40(7)	45(12)
C(26)	0.0464(9)	0.7863(10)	0.1679(9)	60(7)	137(14)	77(8)	11(8)	32(6)	24(9)
H(1)	0.475(10)	0.647(10)	0.155(10)						
H(2)	0.639(9)	0.625(9)	0.162(9)						
H(3)	0.703(8)	0.647(10)	0.020(8)						
H(4)	0.615(9)	0.695(10)	0.858(9)						
H(5)	0.450(7)	0.722(9)	0.852(7)						
H(6)	0.148(7)	0.520(10)	0.116(8)						
H(7)	0.994(9)	0.439(10)	0.123(9)						
H(8)	0.874(9)	0.573(10)	0.155(9)						
H(9)	0.902(8)	0.779(10)	0.182(9)						
H(10)	0.059(7)	0.870(10)	0.179(7)						

^a Der anisotrope Temperaturfaktor ist definiert durch $\exp -[\beta_{11}h^2 + \beta_{22}k^2 + \beta_{33}l^2 + 2\beta_{12}hk + 2\beta_{13}hl + 2\beta_{23}kl]$; für die H-Atome beträgt der isotrope Temperaturfaktor $\exp -B(\sin^2\theta/\lambda^2)$, wobei $B = (1.2-5.8) \times 10^4 \text{ pm}^2$.

TABELLE 3

ABSTÄNDE UND BINDUNGSWINKEL IN $\eta^2\text{-C}_6\text{H}_5\text{As}_2\text{C}_6\text{H}_5\text{Fe}(\text{CO})_4$

Abstände in pm mit Standardabweichungen

As(1)—As(2)	236.5(2)	Fe—C(1)	180.6(9)	C(1)—O(1)	113.4(12)
As(1)—Fe	251.5(2)	Fe—C(2)	182.3(9)	C(2)—O(2)	112.4(12)
As(2)—Fe	250.2(2)	Fe—C(3)	180.3(9)	C(3)—O(3)	112.9(12)
As(1)—C(11)	194.6(9)	Fe—C(4)	180.0(9)	C(4)—O(4)	114.4(13)
As(2)—C(21)	196.2(10)	Mittel Fe—C	180.8	Mittel C—O	113.3

Phenylringe

Mittlerer C—C-Abstand im Ring 1 138.4(2), im Ring 2 136.1(2)

Mittlerer C—H-Abstand im Ring 1 82.2(9), im Ring 2 82.4(9)

Bindungswinkel in °

As(2)—As(1)—Fe	61.59(5)	As(1)—As(2)—Fe	62.17(5)
As(2)—As(1)—C(11)	101.86(30)	As(1)—As(2)—C(21)	98.57(32)
Fe—As(1)—C(11)	104.18(30)	Fe—As(2)—C(21)	106.01(32)
As(1)—Fe—As(2)	56.24(5)	C(1)—Fe—C(2)	93.2(5)
As(1)—Fe—C(1)	98.57(35)	C(1)—Fe—C(3)	92.3(5)
As(1)—Fe—C(2)	90.17(32)	C(1)—Fe—C(4)	105.7(5)
As(1)—Fe—C(3)	82.98(33)	C(2)—Fe—C(3)	171.82(46)
As(1)—Fe—C(4)	155.42(39)	C(2)—Fe—C(4)	92.5(5)
As(2)—Fe—C(1)	153.84(35)	C(3)—Fe—C(4)	91.9(5)
As(2)—Fe—C(2)	81.04(32)		
As(2)—Fe—C(3)	91.40(33)		
As(2)—Fe—C(4)	100.09(39)		
Mittlerer Winkel Fe—C—O: 178.5(10)			
As(1)—C(11)—C(12)	121.4(8)	As(2)—C(21)—C(22)	119.8(8)
As(1)—C(11)—C(16)	119.2(7)	As(2)—C(21)—C(26)	120.2(8)
Winkel C—C—C in den C_6H_5 -Ringen: 117—122°			

hält die Atomparameter und Temperaturfaktoren. In Tab. 3 sind die wichtigsten Abstände und Bindungswinkel aufgeführt.

Beschreibung der Molekülstruktur

Die Koordination am Fe-Atom kann von der trigonalen Bipyramide des Pentacarbonyleisens abgeleitet werden. Eine äquatoriale CO-Gruppe wird durch den Liganden substituiert (Fig. 1). Gleichzeitig verringert sich der Winkel zwischen den beiden restlichen äquatorialen CO-Gruppen von 120 auf 105.7° (Fig. 2).

Die beiden As-Atome des Liganden liegen nahezu koplunar zu den äquatorialen CO-Gruppen (C(1), C(4)). Bezogen auf die durch die Atome Fe, C(1) und C(4) festgelegte Ebene liegen die Atome As(1) 17.9 pm oberhalb und As(2) 19.9 pm unterhalb derselben.

Die beiden axialen CO-Gruppen (C(2), C(3), Fig. 1) stehen nahezu senkrecht auf dieser Ebene. Die Winkel zwischen den äquatorialen und den axialen CO-Gruppen betragen im Mittel 92.4°. Die beiden axialen CO-Gruppen sind somit leicht in Richtung zum Liganden geneigt.

Fig. 3 zeigt eine Projektion des Zellinhaltes auf die x/z -Ebene.

Man kann das Arsenobenzol auch als zweizähligen Liganden betrachten; dann ist das Fe-Atom verzerrt oktaedrisch umgeben.

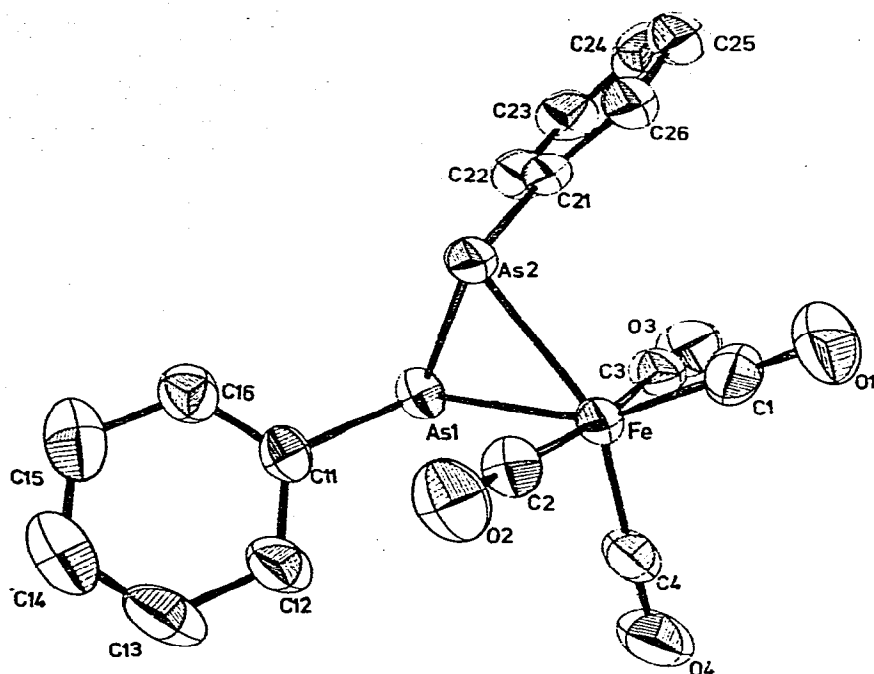


Fig. 1. Molekülstruktur von $(\eta^2\text{-C}_6\text{H}_5\text{As}_2\text{C}_6\text{H}_5)\text{Fe}(\text{CO})_4$.

Der mittlere As—Fe-Abstand beträgt 250.5 pm, was einer Einfachbindung entspricht*.

In anderen Arsen—Eisencarbonylverbindungen findet man kürzere As—Fe-Abstände von 230—240 pm [1,5], was auf Mehrfachbindungsanteile zurückgeführt wird. Demnach scheint im Arsenobenzoltetracarbonylisen keine oder nur eine geringe Rückbindung vorzuliegen.

Der As—As-Abstand im Komplex beträgt 236.5 pm. Für eine As—As-Einfachbindung erwartet man etwa 243—246 pm (siehe Fussnote, [6,7]). Es liegt also im Arsenobenzolkomplex eine signifikante Verkürzung der As—As-Bindung vor. Auch in vergleichbaren Komplexen wird als kürzerer Abstand 237 pm gefunden [8,9,10]. Mit 227.3 pm liegt im $\text{As}_2\text{Co}_2(\text{CO})_5\text{P}(\text{C}_6\text{H}_5)_3$ der kürzeste bekannte As—As-Abstand vor, der nach Dahl et al. einer Doppelbindung entspricht [11]. Somit kann der im freien Zustand nicht bekannte Ligand Arsenobenzol als Homologes des Azobenzols betrachtet werden. Durch Komplexbildung wird die Doppelbindung bis fast auf die Länge einer Einfachbindung aufgeweitet.

An die As-Atome sind die Phenylgruppen *trans*-ständig gebunden. Die beiden durch die Phenylringe gegebenen Ebenen stehen nahezu senkrecht aufeinander; der Torsionswinkel beträgt 88.27° . Damit ist eine Konjugation wie im Azobenzol ausgeschlossen.

* Die Summe der Kovalenzradien von As (121—122 pm) und von Fe (135 pm [4]) ergibt einen Fe—As-Einfachbindungs-Abstand von 255 pm. Der hierbei verwendete As-Radius kann direkt aus der im Molekül vorliegenden As—C-Bindung (195.6 pm) durch Subtraktion des $\text{C}(\text{sp}^2)$ -Radius (74 pm) erhalten werden.

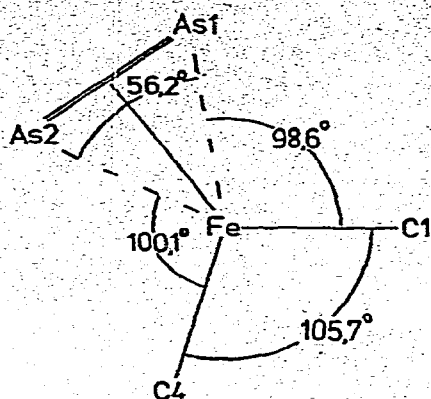


Fig. 2. Äquatoriale Ebene in $(\eta^2\text{-C}_6\text{H}_5\text{As}_2\text{C}_6\text{H}_5)\text{Fe}(\text{CO})_4$.

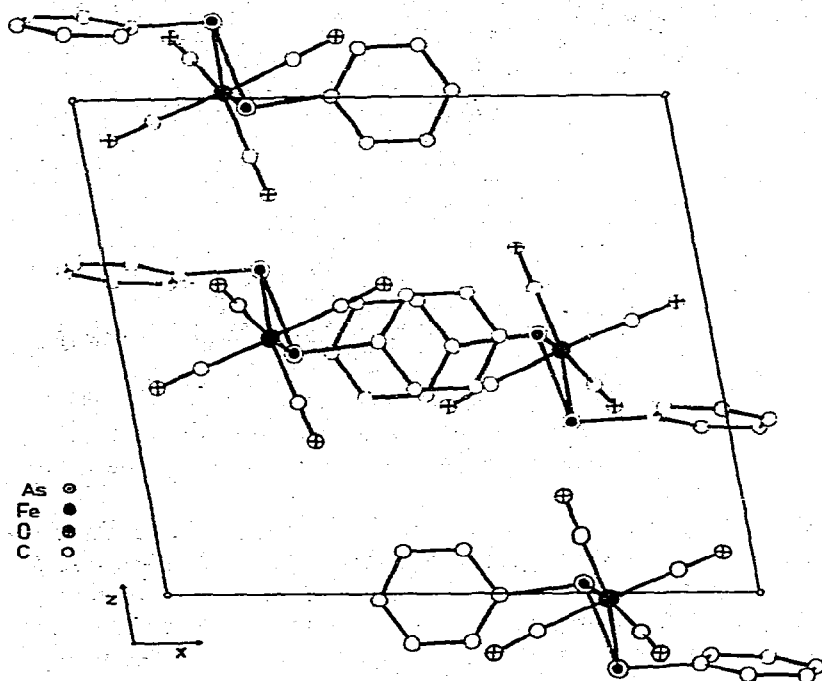


Fig. 3. Projektion des Zellinhaltes auf die x/z -Ebene.

IR- und Massenspektren

Nach dem Verfahren der "lokalen Symmetrie" sind für C_{2v} -Symmetrie vier IR-aktive $\nu(\text{CO})$ -Banden ($2A_1, B_1, B_2$) zu erwarten [12]. Drei davon werden im Spektrum von $(\eta^2\text{-C}_6\text{H}_5\text{As}_2\text{C}_6\text{H}_5)\text{Fe}(\text{CO})_4$ in Hexan bei 2087, 2029 und 2002 cm^{-1} beobachtet.

Im Massenspektrum (Tab. 4) wird neben dem Molekül-Ion bei m/e 472 die sukzessive Abspaltung von 4 CO-Gruppen beobachtet. Der Basispeak liegt bei m/e 152 und entspricht dem $\text{C}_6\text{H}_5\text{As}^+$ -Ion. Ein dem Arsenobenzol entsprechen-

TABELLE 4

MASSENSPEKTRUM VON $(\eta^2\text{-C}_6\text{H}_5\text{As}_2\text{C}_6\text{H}_5)\text{Fe}(\text{CO})_4$ (^{13}C -bereinigt)

Fragment-Ion ⁺	<i>m/e</i>	Intensität (in %)
$\text{C}_6\text{H}_5\text{As}_2\text{C}_6\text{H}_5\text{Fe}(\text{CO})_4$	472	10.3
$\text{C}_6\text{H}_5\text{As}_2\text{C}_6\text{H}_5\text{Fe}(\text{CO})_3$	444	6.3
$\text{C}_6\text{H}_5\text{As}_2\text{C}_6\text{H}_5\text{Fe}(\text{CO})_2$	416	12.8
$\text{C}_6\text{H}_5\text{As}_2\text{C}_6\text{H}_5\text{Fe}(\text{CO})$	388	14.3
$\text{C}_6\text{H}_5\text{As}_2\text{C}_6\text{H}_5\text{Fe}$	360	36.5
$\text{C}_6\text{H}_5\text{As}_2\text{C}_6\text{H}_5\text{Fe}$	358	2.6 (^{54}Fe)
$\text{H}_2(\text{AsC}_6\text{H}_5)_2$	307	1.9
$\text{H}(\text{AsC}_6\text{H}_5)_2$	306	21.8
$\text{H}_2\text{AsC}_6\text{H}_5\text{Fe}$	210	41.2
$\text{H}_2\text{AsC}_6\text{H}_5\text{Fe}$	208	3.0 (^{54}Fe)
As_2Fe	206	21.1
As_2Fe	204	1.5 (^{54}Fe)
$\text{H}_3\text{AsC}_6\text{H}_5$	155	2.1
$\text{H}_2\text{AsC}_6\text{H}_5$	154	24.9
HAsC_6H_5	153	7.6
AsC_6H_5	152	100.0
AsC_6H_4	151	17.8
C_6H_5	77	11.1
Fe	56	33.3
Fe	54	2.6

des Fragment bei *m/e* 304 erscheint nicht. Dafür treten bei *m/e* 306 und 307 Ionen auf, die durch H-Anlagerung an Arsenobenzol entstehen.

Experimentelles

Die Umsetzung von $\text{Na}_2\text{Fe}(\text{CO})_4 \cdot 1.5$ Dioxan mit $\text{C}_6\text{H}_5\text{AsCl}_2$ wurde bereits früher [1] beschrieben. Der eingeeengte Hexan-Extrakt wird an Kieselgel chromatographiert. Das erste gelbe Eluat enthält $(\text{C}_6\text{H}_5\text{As}_2\text{C}_6\text{H}_5)\text{Fe}(\text{CO})_4$ (Ausbeute 24.8%, gut löslich in allen gebräuchlichen organischen Lösungsmitteln). Analysen: Gef.: C, 40.97; H, 2.24; Fe, 11.01. $\text{C}_{16}\text{H}_{10}\text{As}_2\text{FeO}_4$ ber.: C, 40.67; H, 2.12; Fe, 11.83%. Mol.-gew.: Gef. M^+ bei *m/e* 472 (massenspektroskopisch), ber. 471.37. Dann erhält man mit Hexan/Toluol (10 : 1) zuerst eine nicht identifizierte hellrote Verbindung, anschliessend dunkelrotes $(\text{C}_6\text{H}_5\text{As})_2\text{Fe}_3(\text{CO})_9$, eine unbekannte grüne Substanz und schliesslich braunes $(\text{C}_6\text{H}_5\text{As})\text{Fe}_3(\text{CO})_{12}$ (Molgewicht ber.: 655.68, massenspektroskopisch: M^+ bei *m/e* 656).

Dank

Wir danken Herrn Dr. J. Kopf für die Vermessung des Kristalls auf einem von der Deutschen Forschungsgemeinschaft zur Verfügung gestelltem Diffraktometer. Der Fonds der Chemischen Industrie unterstützte diese Arbeit durch Sachspenden.

Literatur

- 1 M. Jacob und E. Weiss, J. Organometal. Chem., 131 (1977) 263.
- 2 MULTAN 74, Modifiziertes Programmsystem nach G. Germain, P. Main und M.M. Woolfson, Acta.

- Crystallogr. A, 27 (1971) 368 von P. Main, M.M. Woolfson und L. Lessinger, University of York, England, und G. Germain, J.-P. Declercq, Université de Louvain, Belgien.
- 3 W.R. Busing, K.O. Martin und H.A. Levy, ORFLS, a Fortran Crystallographic Least-Squares Program, Oak Ridge, National Laboratory, USA, 1962.
 - 4 U. Behrens und E. Weiss, J. Organometal. Chem., 96 (1975) 399.
 - 5 H.J. Langenbach, E. Keller und H. Vahrenkamp, Angew. Chem., 89 (1977) 197.
 - 6 L.R. Maxwell, S.B. Hendricks und V.M. Mosley, J. Chem. Phys., 3 (1935) 699.
 - 7 K. Hedberg, E.W. Hughes und J. Waser, Acta Crystallogr., 14 (1961) 369.
 - 8 G. Huttner, G.H. Schmid, A. Frank und O. Orana, Angew. Chem., 88 (1976) 255.
 - 9 P.S. Elmes, P. Leverett und E.O. West, Chem. Commun., (1971) 747.
 - 10 A.S. Foust, M.S. Foster und L.F. Dahl, J. Amer. Chem. Soc., 91 (1969) 5631.
 - 11 A.S. Foust, M.S. Foster und L.F. Dahl, J. Amer. Chem. Soc., 91 (1969) 5633.
 - 12 E. Weiss, K. Stark, J.E. Lancaster und H.D. Murdoch, Helv. Chim. Acta, 46 (1963) 288.