

Die Addition von Phosphanen an Acetylenliganden. Synthese und Charakterisierung der ylidischen Carbenkomplexe $\text{Cp}'(\text{CO})_2\text{Mn}(\text{HCCHPR}_3)$ und der ylidischen Vinylidenkomplexe $\text{Cp}'(\text{CO})_2\text{Mn}[\text{C}(\text{PR}_3)\text{CH}_2]$ ($\text{Cp}' = \eta^5\text{-C}_5\text{H}_5, \eta^5\text{-C}_5\text{H}_4\text{Me}, \eta^5\text{-C}_5\text{Me}_5$; $\text{R} = \text{Me}, \text{Et}$)

Helmut G. Alt*, Heidi E. Engelhardt und Elisabeth Steinlein

Laboratorium für Anorganische Chemie der Universität Bayreuth, Universitätsstrasse 30, 8580 Bayreuth (Bundesrepublik Deutschland)

(Eingegangen den 28. September 1987)

Abstract

The acetylene complexes $\text{Cp}'(\text{CO})_2\text{MnC}_2\text{H}_2$ (I) ($\text{Cp}' = \eta^5\text{-C}_5\text{H}_5, \eta^5\text{-C}_5\text{H}_4\text{Me}, \eta^5\text{-C}_5\text{Me}_5$) react with the tertiary phosphines PR_3 ($\text{R} = \text{Me}, \text{Et}$) to give the 1:1 adducts $\text{Cp}'(\text{CO})_2\text{Mn}(\text{HCCHPR}_3)$ (II) and $\text{Cp}'(\text{CO})_2\text{Mn}[\text{C}(\text{PR}_3)\text{CH}_2]$ (III). The reaction of I with PEt_3 favours the formation of the ylidic carbene complexes II which in turn are precursors of the ylidic vinylidene complexes III. Products II and III were identified from their IR, ^1H NMR, ^{13}C NMR, ^{31}P NMR and mass spectra.

Zusammenfassung

Die Acetylenkomplexe $\text{Cp}'(\text{CO})_2\text{MnC}_2\text{H}_2$ (I) ($\text{Cp}' = \eta^5\text{-C}_5\text{H}_5, \eta^5\text{-C}_5\text{H}_4\text{Me}, \eta^5\text{-C}_5\text{Me}_5$) reagieren mit den tertiären Phosphanen PR_3 ($\text{R} = \text{Me}, \text{Et}$), wobei die 1:1-Addukte $\text{Cp}'(\text{CO})_2\text{Mn}(\text{HCCHPR}_3)$ (II) und $\text{Cp}'(\text{CO})_2\text{Mn}[\text{C}(\text{PR}_3)\text{CH}_2]$ (III) entstehen. Bei der Umsetzung von I mit PEt_3 werden vorwiegend die ylidischen Carbenkomplexe II gebildet, die als Vorläufer der ylidischen Vinylidenkomplexe III anzusehen sind. Die Produkte II und III werden IR-, ^1H -NMR-, ^{13}C -NMR-, ^{31}P -NMR- und massenspektroskopisch charakterisiert.

Einleitung

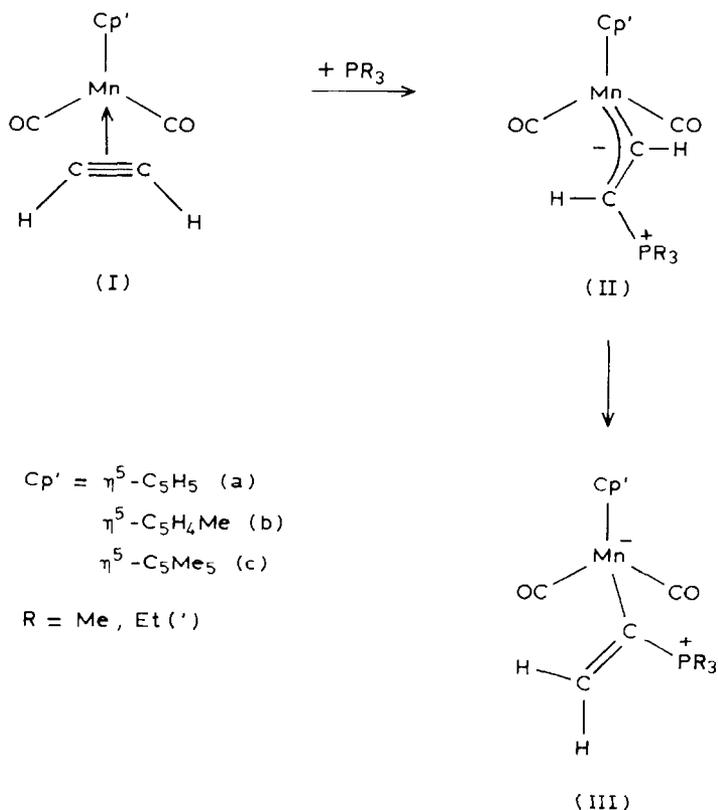
Im Zuge unserer Untersuchungen zur Darstellung, Charakterisierung und Reaktivität von Alkin-Komplexverbindungen haben wir unser Hauptaugenmerk auf Komplexe gerichtet, die den Grundkörper der Acetylene, C_2H_2 , als Liganden enthalten. In dieser Arbeit berichten wir über die Reaktivität der Acetylenkomplexe

$\text{Cp}'(\text{CO})_2\text{MnC}_2\text{H}_2$ ($\text{Cp}' = \eta^5\text{-C}_5\text{H}_5, \eta^5\text{-C}_5\text{H}_4\text{Me}, \eta^5\text{-C}_5\text{Me}_5$) [1] gegenüber Trimethylphosphan, PMe_3 , und Triethylphosphan, PEt_3 .

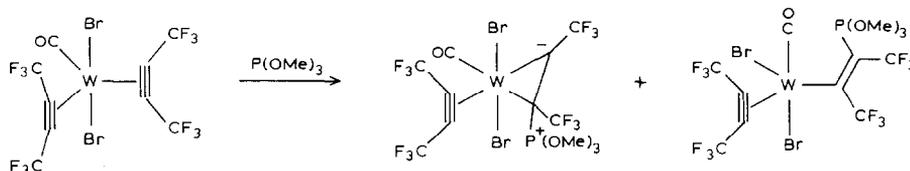
Umsetzung der Acetylenkomplexe $\text{Cp}'(\text{CO})_2\text{MnC}_2\text{H}_2$ mit PMe_3 und PEt_3

Die Acetylenkomplexe $\text{Cp}'(\text{CO})_2\text{MnC}_2\text{H}_2$ ($\text{Cp}' = \eta^5\text{-C}_5\text{H}_5, \eta^5\text{-C}_5\text{H}_4\text{Me}, \eta^5\text{-C}_5\text{Me}_5$) (I) reagieren in Pentanlösung mit den Phosphanen PMe_3 und PEt_3 , wobei in einer 1:1 Addition zunächst die carbenartigen Ylidkomplexe $\text{Cp}'(\text{CO})_2\text{Mn}(\text{HCCHPR}_3)$ ($\text{R} = \text{Me}, \text{Et}$) (II) entstehen, die sich in die phosphoniumsubstituierten Vinylidenkomplexe $\text{Cp}'(\text{CO})_2\text{Mn}[\text{C}(\text{PR}_3)\text{CH}_2]$ (III) umlagern können. Die Umsetzung des Phenylacetylenkomplexes $\text{C}_5\text{H}_4\text{Me}(\text{CO})_2\text{MnHC}_2\text{Ph}$ mit PMe_3 führt unmittelbar zum ylidischen Vinylidenkomplex $\text{C}_5\text{H}_4\text{Me}(\text{CO})_2\text{Mn}[\text{C}(\text{PMe}_3)\text{CHPh}]$ (IV).

Die Reaktivität der Komplexe I gegenüber den Phosphanen PR_3 ist überraschend, weil die Elektrophilie alkinischer Zweielektronenliganden meist nur sehr schwach ausgebildet ist. So reagieren die isoelektronischen Komplexe $\text{C}_5\text{H}_5(\text{CO})(\text{NO})\text{CrC}_2\text{H}_2$ [2] und $\text{C}_5\text{H}_5(\text{CO})(\text{NO})\text{WC}_2\text{H}_2$ [3] nur bei höheren Temperaturen oder unter photochemischen Bedingungen mit PMe_3 unter Substitution des CO-Liganden; der C_2H_2 -Ligand nimmt an dieser Umsetzung nicht teil. Es ist allerdings bekannt, dass



sich Phosphane und Phosphite an Alkinliganden addieren lassen, wenn das Alkin als Vierelektronenligand vorliegt; es ist dann als "Dicarben"-Ligand in einigen Fällen ausreichend elektrophil. So reagiert der Bis-Acetylen-Komplex $(\text{CO})(\text{Br})_2\text{W}[\text{C}_2(\text{CF}_3)_2]_2$ mit $\text{P}(\text{OMe})_3$ zum ylidischen Carbenkomplex $(\text{CO})(\text{Br})_2\text{W}[\text{C}_2(\text{CF}_3)_2]_2[\text{CP}(\text{OMe})_3\text{CF}_3\text{C}-\text{CCF}_3]$ bzw. zum ylidischen Vinylidenkomplex $(\text{CO})(\text{Br})_2\text{W}[\text{C}_2(\text{CF}_3)_2][\eta^1\text{-CCF}_3=\text{CCF}_3\text{P}(\text{OMe})_3]$ [4,5]. Auch bei ähnlichen Molybdänkomplexen [6] bzw. mit anderen Nucleophilen [7] wird eine analoge Reaktivität beobachtet.



Auch von dem kationischen Ethylenkomplex $[\text{C}_5\text{H}_5(\text{CO})_2\text{FeC}_2\text{H}_4]^+$ ist bekannt, dass er Phosphane PR_3 an den Olefinliganden addiert, so dass das Kation $[\text{C}_5\text{H}_5(\text{CO})_2\text{FeCH}_2\text{CH}_2\text{PR}_3]^+$ resultiert [8]. Kinetische Untersuchungen haben gezeigt [9], dass solche Reaktionen tatsächlich über eine direkte Addition des Phosphans an das Olefin ablaufen.

Das Auftreten der ylidischen Carbenkomplexe II zeigt, dass der erste Schritt dieser Reaktion in einer Addition des Phosphans an ein Alkinstoffatom besteht. Die Stabilität der dabei gebildeten ylidischen Carbenkomplexe II hängt offenbar von sterischen und elektronischen Parametern ab. So gelingt es nicht die Komplexe IIc, IIa' und IIc' in reiner Form zu erhalten; sie kommen stets zusammen mit den entsprechenden ylidischen Vinylidenkomplexen IIIc, IIIa' und IIIc' vor. Eine Ausnahme bildet der Methylcyclopentadienylkomplex IIb', der in reiner Form entsteht und sich selbst in Lösung bei $+110^\circ\text{C}$ nicht in den ylidischen Vinylidenkomplex umlagert. Die irreversible Umwandlung von IIc in IIIc hingegen erfolgt bereits bei Raumtemperatur. Vinylidenkomplexe des Typs $\text{Cp}'(\text{CO})_2\text{-MnCCH}_2$ scheinen offenbar keine Rolle als Zwischenverbindungen zu spielen. Es ist nämlich bekannt, dass derartige Verbindungen – ähnlich wie Carbenkomplexe vom Fischer Typ [10] – sehr leicht Phosphane an C_α addieren und dabei ebenfalls in entsprechenden Ylidkomplexe übergehen [11].

Spektroskopische Charakterisierung der Komplexe II–V

Die kombinierte Anwendung der IR-, $^1\text{H-NMR}$ -, $^{13}\text{C-NMR}$ -, $^{31}\text{P-NMR}$ - und Massenspektroskopie lässt eine eindeutige Konfigurationsbestimmung der Produkte II–V zu (vgl. Tab. 1 und 2).

IR-Spektren

Alle Dicarbonylkomplexe zeigen im Bereich von $1800\text{--}1900\text{ cm}^{-1}$ zwei nahezu gleich intensive $\nu(\text{CO})$ -Banden, deren Lage mit zunehmender Anzahl von Methylsubstituenten am aromatischen Fünfring nach kleineren Wellenzahlen verschoben wird. Der Austausch von PMe_3 - gegen PEt_3 -Substituenten bewirkt nahezu keinen Unterschied in der Elektronendichte der Carbonylliganden. Der ylidische Carbenligand des Komplextyps II scheint das Komplexfragment $\text{Cp}'(\text{CO})_2\text{Mn}$ elektronisch sehr ähnlich zu beeinflussen wie der ylidische Vinylidenligand der Verbindungen

(Fortsetzung s. S. 232)

Tabelle 1

IR-, ¹H-NMR- und massenspektroskopische Daten der Komplexe sowie Ausbeute- und Festpunkt-Bestimmungen

Komplex	IR ^a ν(CO)	¹ H-NMR ^b δ(Cp') [J(H,H)]	δ(C ₂ H ₂) [J(H,H)]{J(P,H)}	δ(PR ₃) [J(P,H)] {J(H,H)}	MS ^c	Aus- beute (%)	Fp (°C) (Zers.)
C ₅ Me ₅ (CO) ₂ Mn(HCCHPMe ₃)(IIc)	1870,1790	1.74	10.72(d,d)[17.8]{33.5} 5.86(d,d)[17.8]{44.5}	1.61[11.9]	348	v	v
C ₃ H ₅ (CO) ₂ Mn(HCCHPe _t 3)(IIa')	1901,1831	4.49	11.15(d,d)[18.7]{28.9} 5.70(d,d)[18.7]{38.1}	1.83(d,q)[11.7]{7.7} 1.10(d,t)[12.2]{7.7}	320	90	ölig
C ₅ H ₄ Me(CO) ₂ Mn(HCCHPe _t 3)(IIb')	1899,1829	4.35[1.6], 4.29[1.6],1.88	11.02(d,d)[18.5]{28.9} 5.72(d,d)[18.5]{38.5}	CH ₂ 1.83(m) CH ₃ 1.11(d,t){7.1}[17.2]	334	75	ölig
C ₅ Me ₅ (CO) ₂ Mn(HCCHPe _t 3)(IIc')	1888,1818	1.69	10.64(d,d)[19.1]{29.6} 5.61(d,d)[19.1]	CH ₂ 2.08(m) CH ₃ 1.01(d,t){7.7}	390	v	v
C ₃ H ₅ (CO) ₂ Mn[C(PMe ₃)CH ₂](IIIa)	1901,1832	4.36	6.41(d,d)[2.4]{40.3} 6.26(d,d)[2.4]{71.1}	1.69[12.2]	278	85	127
C ₅ H ₄ Me(CO) ₂ Mn[C(PMe ₃)CH ₂](IIIb)	1898,1828	4.37/4.27/1.84	6.01(d,d)[2.2]{43.0} 5.81(d,d)[2.2]{43.0}	1.59[12.9]	292	80	(117)
C ₅ Me ₅ (CO) ₂ Mn(C(PMe ₃)CH ₂)(IIIc)	1882,1802	1.67	6.58(d,d)[2.5]{40.7} 6.06(d,d)[2.5]{73.7}	1.61[11.9]	348	89	70
C ₃ H ₅ (CO) ₂ Mn[C(Pe _t 3)CH ₂](IIIa')	1902,1833	4.49	5.81(d,d)[2.3]{37.6} 5.50(d,d)[2.3]{37.6}	1.81(m),1.20(m)	320	62	ölig
C ₅ Me ₅ (CO) ₂ Mn[C(Pe _t 3)CH ₂](IIIc')	1881,1801	1.69	6.55(d,d)[2.4]{34.9} 6.23(d,d)[2.4]{68.1}	CH ₂ 2.00(m) CH ₃ 1.09(d,t)[15.8]	390	59	v
C ₃ H ₄ Me(CO) ₂ Mn[C(PMe ₃)CHPh](IV)	1887,1814	3.94/3.81/1.67	H 7.85(d){43.0} Ph 7.72(m),7.32(m)	1.80[12.5]	368	72	102

^a ν (cm⁻¹), in THF-Lösung. ^b δ (ppm) rel. zum Lösungsmittelsignal CD₂Cl₂ (5.32), bei -20°C. ^c Molekülmassenpeak bez. auf ⁵⁵Mn. d,d = Doppeldublett. v = liegt als Gemisch vor.

Tabelle 2
 ^{13}C - und ^{31}P -NMR-Daten der Komplexe II–IV

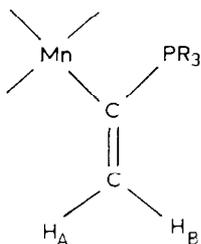
Komplex	^{13}C -NMR ^a		$\delta(\text{CO})$	$\delta(^{\circ}\text{C}_2\text{H}_2^{\text{''}})$ bzw. $\delta(\text{Mn}-\text{C}-\text{C})$		^{31}P -NMR ^b	
	$\delta(\text{Cp}')$ [$J(\text{C},\text{H})$]	$\delta(\text{C},\text{H})$		$\delta(\text{PR}_3)$ [$J(\text{P},\text{C})$]	$\delta(\text{PR}_3)$ [$J(\text{P},\text{C})$]	$\delta(^{31}\text{P})$	
$\text{C}_5\text{H}_5(\text{CO})_2\text{Mn}(\text{HCCHPEt}_3)$ (IIa')	83.3[174.8]		238.6	239.6[13.7]{103.5} 97.0[68.4]{164.1}	CH ₂ 12.8[49.8] CH ₃ 6.0[4.5]	9.8	
$\text{C}_5\text{H}_4\text{Me}(\text{CO})_2\text{Mn}(\text{HCCHPEt}_3)$ (IIb')	101.6/83.0/82.7/13.8		236.6	241.4[12.7]{122.1} 97.1[69.8]{164.1}	CH ₂ 14.0[52.7] CH ₃ 5.6[4.9]	10.0	
$\text{C}_5\text{H}_5(\text{CO})_2\text{Mn}[\text{C}(\text{PMe}_3)\text{CH}_2]$ (IIIa)	83.4		238.6	103.3[73.2] 139.4[5.9]	12.3[55.7]	12.3	
$\text{C}_5\text{H}_4\text{Me}(\text{CO})_2\text{Mn}[\text{C}(\text{PMe}_3)\text{CH}_2]$ (IIIb)	101.5/83.7/82.7/14.1		239.7	103.1[72.0] 138.9[5.0]	12.2[57.6]	12.0	
$\text{C}_5\text{Me}_3(\text{CO})_2\text{Mn}[\text{C}(\text{PMe}_3)\text{CH}_2]$ (IIIc)	92.4/10.5		239.2	96.9[66.4] 136.8[2.0]	12.4[54.7]	9.4	
$\text{C}_5\text{H}_5(\text{CO})_2\text{Mn}[\text{C}(\text{PEt}_3)\text{CH}_2]$ (IIIa')	84.4		236.6	97.5[68.4] 143.1[2.9]	CH ₂ 14.1[52.7] CH ₃ 5.6[4.5]	9.8	
$\text{C}_5\text{Me}_3(\text{CO})_2\text{Mn}[\text{C}(\text{PEt}_3)\text{CH}_2]$ (IIIc')	91.9/10.3		239.2	96.8[58.6] 139.9[3.7]	CH ₂ 12.8[49.8] CH ₃ 5.9[3.7]	8.6	
$\text{C}_5\text{H}_4\text{Me}(\text{CO})_2\text{Mn}[\text{C}(\text{PMe}_3)\text{CHPh}]$ (IV)	99.8/85.9/81.8/13.9		238.1	142.7[36.0] ^c 152.5[8.8]	13.6[55.7]	9.0	

^a δ (ppm) bez. Lösungsmittelsignal (CD_2Cl_2 : 53.8), bei -20°C . ^b δ (ppm), in CD_2Cl_2 , bei -20°C , rel. ext. $\text{H}_3\text{PO}_4/\text{D}_2\text{O}$. ^c δ (Ph) 143.5, 129.1, 127.7, 126.3.

III; denn in beiden Komplextypen liegen die $\nu(\text{CO})$ -Banden bei sehr ähnlicher Energie.

¹H-NMR-Spektren

Das charakteristische Signal der ylidischen Carbenkomplexe II ist ein stark entschirmtes Signal um 11 ppm, das infolge einer ³J-Kopplung mit einem Wasserstoff und einer ³J-Kopplung mit dem Phosphonium-Phosphor zu einem doppelten Dublett aufgespalten ist. Das ³¹P-entkoppelte Spektrum lässt ein AX-Spin-System erkennen, dessen Kerne eine sehr unterschiedliche Umgebung aufweisen ($\Delta\delta \approx 5$ ppm). Im Gegensatz dazu findet man die ehemaligen "C₂H₂"-Protonen in den ylidischen Vinylidenkomplexen III bei deutlich höherem Feld und in einem viel kleineren Bereich.



Die Vinylidenprotonen H_A und H_B erscheinen infolge der Spin-Spin-Wechselwirkung mit dem ³¹P-Kern des Trialkylphosphoniumsubstituenten jeweils als Doppeldublett, wobei die grössere Kopplung (ca. 70 Hz) dem zum Phosphor transständigen Proton H_A zugeschrieben wird. Die Kopplung der geminalen Protonen H_A und H_B beträgt etwa 2 Hz. Die Trialkylphosphonium-Substituenten und die Cp'-Liganden zeigen die üblichen Signale im erwarteten Bereich.

¹³C-NMR-Spektren

Die ylidischen Carbenkomplexe II zeigen um 240 ppm ein Signal, das infolge einer ²J(P,C)-Kopplung (ca. 13 Hz) als Dublett vorliegt. Im ¹H-gekoppelten Spektrum erfolgt eine weitere Aufspaltung zu einem Doppeldublett [¹J(C,H) \approx 120 Hz]. Aufgrund der chemischen Verschiebung und der Multiplizität wird dieses Signal einem carbenartig gebundenen Kohlenstoffatom zugeordnet. Ein weiteres Signal mit einer wesentlich grösseren P,C- (¹J(P-C) \approx 70 Hz) und C,H-Kopplung (¹J(C,H) \approx 165 Hz) stammt von dem C-Atom, an das der PR₃-Substituent gebunden ist.

Die ¹H-gekoppelten Spektren der ylidischen Vinylidenkomplexe III hingegen zeigen, dass die beiden ehemaligen "C₂H₂"-Wasserstoffatome nun an C_β gebunden sind, das stärker entschirmt vorliegt als C_α, an das die PR₃-Gruppe gebunden ist. Die ¹J(P,C)- bzw. ²J(P,C)-Kopplungen (ca. 70 bzw. 5 Hz) weisen ähnliche Werte auf wie die der ylidischen Carbenkomplexe II. Ähnlich grosse P,C-Kopplungen wurden auch an den Ylidkomplexen C₅H₄Me(CO)₂Mn[(OMe)CC(PMe₃)Me] [12] und C₅H₄Me(CO)₂Mn[C(OSiMe₃)CH(PMe₃)] [13] bestimmt.

Die beiden Carbonylliganden der Komplexe II-IV liefern jeweils nur ein Signal, das infolge der Spin-Spin-Wechselwirkung mit dem Quadrupolkern ⁵⁵Mn (*I* = 5/2) meist verbreitert in Erscheinung tritt. Die Cp'-Liganden und die PR₃-Substituenten zeigen die zu erwartenden Signale im üblichen Bereich (siehe Tab. 2).

³¹P-NMR-Spektren

Die ylidischen Carbenkomplexe II und die ylidischen Vinylidenkomplexe III unterscheiden sich kaum in der chemischen Verschiebung der ³¹P-Kerne, weil in beiden Komplextypen sehr ähnliche Bindungsverhältnisse der Trialkylphosphoniumsubstituenten vorliegen. Das scharfe ³¹P-Signal zeigt an, dass das Phosphoratom nicht an das Zentralmetall gebunden sein kann.

Massenspektren

Alle untersuchten Komplexe gaben sich durch ein Molekülion (vgl. Tab. 1) und ein Fragmentierungsmuster zu erkennen, das aus der sukzessiven Abspaltung der einzelnen Liganden resultiert.

Beschreibung der Versuche

Alle Operationen wurden unter Schutzgasatmosphäre und mit wasserfreien Lösungsmitteln durchgeführt. Die Synthese der Ausgangsverbindungen I wurde erst kürzlich beschrieben [1]. Zur spektroskopischen Charakterisierung dienten folgende Instrumente: IR: Perkin-Elmer 983 G; NMR: JEOL FX 90Q; MS: Varian MAT CH7.

Darstellung von IIa'

0.20 g (1 mmol) der Ausgangsverbindung Ia' werden in 50 ml Pentan gelöst und die Lösung bei Raumtemperatur mit dem 2–3-fachen Überschuss an Triethylphosphan versetzt. Im Verlauf von 12 h fällt das Produkt IIa' als gelber Niederschlag aus. Nach dem Abgießen der Mutterlauge und kurzem Waschen mit kaltem Pentan wird der Rückstand im Hochvakuum getrocknet. Ausbeute: 0.29 g (90%). Ölig. Gef.: C, 55.78; H, 6.87. C₁₅H₂₂O₂PMn (320.25) ber.: C, 56.26; H, 6.92%.

Darstellung der Komplexe Cp'(CO)₂Mn[C(PMe₃)CH₂] (III)

Allgemeine Vorschrift: 1 mmol des jeweiligen C₂H₂-Komplexes I wird in ca. 50 ml Pentan gelöst. Die Lösung wird mit dem 2–3-fachen Überschuss an Trialkylphosphan versetzt und bei Raumtemperatur gerührt. Nach etwa 12 h liegt fast alles Produkt als gelber Niederschlag vor. Die Suspension wird auf –78°C gekühlt, die Mutterlauge bei dieser Temperatur abgegossen, der Rückstand mit wenig kaltem Pentan gewaschen und dann im Hochvakuum getrocknet.

Ausbeuten: ca. 95%.

Vom Komplex IIIc wurde eine Elementaranalyse durchgeführt: Gef. C, 58.41; H, 7.54. C₁₇H₂₆O₂PMn (348.30) ber.: C, 58.62; H, 7.52%.

Dank

Wir danken der Deutschen Forschungsgemeinschaft und dem Fonds der Chemischen Industrie für die finanzielle Unterstützung und der Fa. Hoechst/Knapsack für eine Chemikalienspende.

Literatur

- 1 H.G. Alt und H.E. Engelhardt, J. Organomet. Chem., 342 (1988) 235.
- 2 H.G. Alt, unveröffentlicht.

- 3 H.I. Hayen, Promotionsschrift, Universität Bayreuth, 1986.
- 4 J.L. Davidson, I.E.P. Murray, P.N. Preston, M.V. Russo, L. Manojlović-Muir und K.W. Muir, *J. Chem. Soc., Chem. Commun.*, (1981) 1059.
- 5 J.L. Davidson, G. Vasapollo, L. Manojlović-Muir und K.W. Muir, *J. Chem. Soc., Chem. Commun.*, (1982) 1025.
- 6 J.L. Davidson, W.F. Wilson, L. Manojlović-Muir und K.W. Muir, *J. Organomet. Chem.*, 254 (1983) C6.
- 7 L. Carlton, J.L. Davidson, J.C. Miller und K.W. Muir, *J. Chem. Soc., Chem. Commun.*, (1984) 11.
- 8 P. Lennon, M. Madhavarao, A. Rosan und M. Rosenblum, *J. Organomet. Chem.*, 108 (1976) 93.
- 9 I. Cosslett und I.A.P. Kane-Maguire, *J. Organomet. Chem.*, 178 (1979) C17.
- 10 K.H. Dötz, H. Fischer, P. Hofmann, F.R. Kreissl, U. Schubert und K. Weiss, *Transition Metal Carbene Complexes*, Verlag Chemie, 1983.
- 11 N.E. Kolobova, L.L. Ivanov, O.S. Zhvanko, O.M. Khitrova, A.S. Batsanov und Y.T. Struchkov, *J. Organomet. Chem.*, 265 (1984) 271.
- 12 W. Malisch, H. Blau und U. Schubert, *Chem. Ber.*, 116 (1983) 690.
- 13 H. Blau, K.-H. Griessmann und W. Malisch, *J. Organomet. Chem.*, 263 (1984) C5.