

Übertragung eines *cyclo-E₅*-Liganden (E = P, As) von einem Eisen- auf ein Ruthenium- und ein Osmium-Zentrum[☆]

Barbara Rink, Otto J. Scherer* und Gotthelf Wolmershäuser^{†‡}

Fachbereich Chemie der Universität Kaiserslautern,
Erwin-Schrödinger-Straße, 67663 Kaiserslautern, BRD

Eingegangen am 21. Juni 1994

Key Words: *cyclo-E₅* ligands (E = P, As) / Transfer reaction / Iron complexes / Ruthenium complexes / Osmium complexes / Sandwich complexes

Transfer of a *cyclo-E₅* Ligand (E = P, As) from an Iron to a Ruthenium and an Osmium Center[☆]

The thermolysis of $[\text{Cp}^*\text{Fe}(\eta^5\text{-E}_5)]$ (**1**) and $[\{\text{Cp}^*\text{M}(\text{CO})_2\}_2]$ (**2**, **3**) affords by *cyclo-E₅* transfer the sandwich complexes $[\text{Cp}^*\text{M}(\eta^5\text{-E}_5)]$ (**4a, b**; M = Ru, E = P, As; **4c**; M = Os, E = P). The

crystal-structure analysis of $[(\text{C}_5\text{Me}_4\text{Et})\text{Os}(\eta^5\text{-P}_5)]$ (**4c'**) confirms its sandwich-type structure.

Im Gegensatz zu den gut untersuchten Syntheseverfahren für Komplexe mit acyclischen, cyclischen und polycyclischen P_n- oder As_n-Liganden weiß man noch wenig über deren Reaktivität^[1]. Dominierend sind die Beispiele mit terminaler Koordination von 16-VE-Komplexfragmenten an das oder die nichtbindenden Elektronenpaare der Pnico- gen-Atome^[1]. Die Oxidation von $\mu_3\text{-P}$ - zu $\mu_3\text{-PO}$ -Liganden gelang beim $[\text{Cp}_2^*\text{Ni}_2(\text{P})_2\{\text{W}(\text{CO})_4\}]$ -Dreikernkomplex^[2]. $[(\text{triphos})\text{Co}(\eta^3\text{-P}_3)]$ kann an einem Atom des *cyclo-P₃*-Liganden alkyliert werden^[3]; eine P–P-Bindung des Dreirings wird dagegen z. B. bei der Umsetzung mit $[(\text{Ph}_3\text{P})_2\text{Pt}(\text{C}_2\text{H}_4)]$ gespalten^[4]. Die Übertragung eines E_n-Liganden ist bislang auf den Transfer der P₂-Einheit vom $[\text{Co}_2(\text{CO})_6(\mu\text{-}\eta^2\text{:}\eta^2\text{-P}_2)]$ auf das $[\text{W}_2(\text{O}i\text{Pr})_6(\text{py})]$ -Fragment beschränkt^[5].

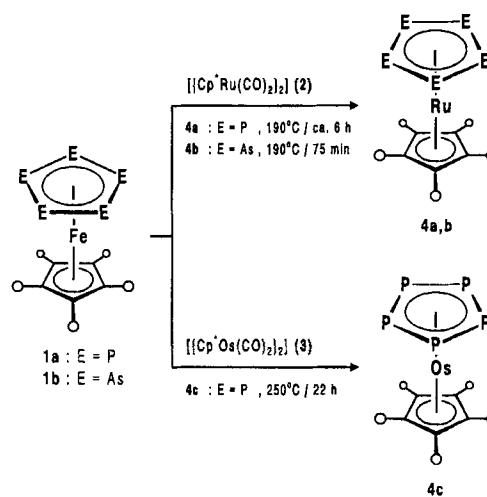
Untersuchungen in unserer Arbeitsgruppe haben gezeigt, daß die Sandwichkomplexe $[\text{Cp}^*\text{Fe}(\eta^5\text{-E}_5)]$ (E = P, As) zu vielfältigen Reaktionen herangezogen werden können.

Neben der zusätzlichen terminalen Koordination^[1a] gelingt auch die Aufstockung zu den kationischen^[1a] und neutralen^[6] „Tripeldecker“-Komplexen $[\text{Cp}^*\text{Fe}(\text{E}_5)\text{FeCp}]^+$ bzw. $[\text{Cp}^*\text{Fe}(\text{E}_5)\{\text{M}(\text{CO})_3\}]$ (E = P, As; M = Cr, Mo, W) mit jeweils 30 Valenzelektronen. Ausgehend von $[\text{Cp}^*\text{Fe}(\text{P}_5)]$ und geeigneten Übergangsmetall-Komplexfragmenten lassen sich ein Molekül mit Ta₅-Dewar-Benzol-Gerüst^[7], Spirocyclen mit P₅Ir₂-Bausteinen^[7] und Cluster mit Fe₄P₉- oder Fe₃P₅-^[8] sowie Fe₂TaP₅-Gerüsten^[9] aufbauen.

Setzt man $[\text{Cp}^*\text{Fe}(\text{P}_5)]$ und $[\{\text{Cp}^*\text{Ru}(\text{CO})_2\}_2]$ (**2**) im Verhältnis von ca. 4:1 mehrere Stunden in siedendem Decalin um, dann erhält man als Phosphor-haltige Komplexe neben $[\{\text{Cp}^*\text{Fe}\}_2(\mu\text{-}\eta^2\text{:}\eta^2\text{-P}_2)]$ (**5**)^[10] (16% Ausbeute) $[\text{Cp}^*\text{Ru}(\text{P}_5)]$ (**4a**) mit einer Ausbeute von 63% bezogen auf umgesetztes **2**. Das erstmals aus $[\text{Cp}^*\text{Ru}(\text{CO})_2\text{Br}]$ und P₄ mit 3% Ausbeute synthetisierte **4a**^[11] bildet sich mit 16% Ausbeute, wenn man **2** und P₄ ca. 45 h in siedendem Decalin erhitzt. Die zu **4a** analoge (jetzt ca. 1:1-Stöchiometrie der Edukte)

cyclo-As₅-Übertragung erfordert 75 min Decalin-Rückfluß. Das mit 20% Ausbeute erhältliche $[\text{Cp}^*\text{Ru}(\text{As}_5)]$ (**4b**) entsteht in nur halb so guter Ausbeute bei der Cothermolyse von **2** und As₄^[12].

Schema 1. *cyclo-E₅*-Übertragung (E = P, As)



Zur Übertragung des *cyclo-P₅*-Liganden auf ein $\{\text{Cp}^*\text{-Os}\}$ -Fragment sind noch drastischere Reaktionsbedingungen erforderlich. Nach 22stdg. Röhren von **1a** und $[\{\text{Cp}^*\text{-Os}(\text{CO})_2\}_2]$ (**3**) (Molverhältnis ca. 4:1) in siedendem 1-Methylnaphthalin (250°C!) kann auch das letzte fehlende Glied in der Reihe der Pentaphosphametallocene $[\text{Cp}^*\text{M}(\eta^5\text{-P}_5)]$ (M = Fe, Ru, Os) das Osmium-Derivat **4c** mit 9% Ausbeute gewonnen werden.

Mechanistische Aspekte

Bei Ligand-Verdrängungs-/Übertragungsreaktionen sind auch Beispiele mit carbocyclischen π-Liganden bekannt^[13]. In einer Reihe von bemerkenswerten Veröffentlichungen^[14] ist es der Arbeitsgruppe Herberich gelungen, die Bedeutung

[+] Röntgenstrukturanalyse.

von Tripeldeckerkomplexen als Zwischenstufen bei Ringliganden-Übertragungsreaktionen anhand bestimmter Beispiele zweifelsfrei aufzuzeigen.

Überträgt man diese Befunde auf die Sandwichkomplexe **1a**, **b**, dann sollten bei der Übertragung der zum *cyclo-C₅H₅*-Liganden isovalenzelektronischen und isolobalen *cyclo-E₅*-Einheiten (E = P, As) die paramagnetischen 31-VE-Tripeldeckerkomplexe **6** als Zwischenstufe (Übergangszustand) eine wichtige Rolle spielen.

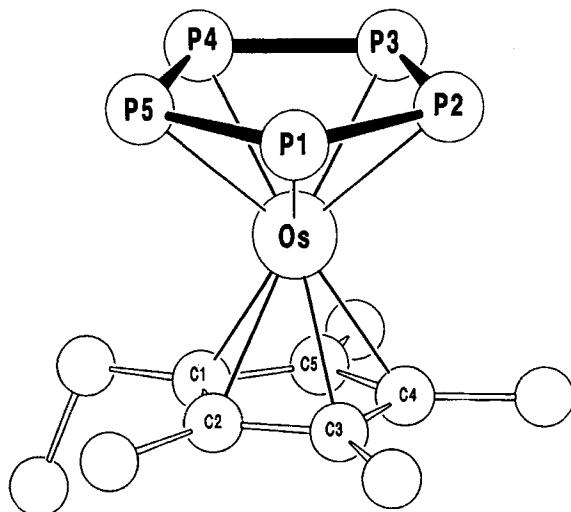
| $[\text{Cp}^*\text{Fe}(\text{E}_5)\text{MCp}^*]$ | 6 | E | M |
|--|----------|----|---|
| a | P | Ru | |
| b | As | Ru | |
| c | P | Os | |

³¹P-NMR-spektroskopisch konnte die möglicherweise kurzlebige (sehr hohe Reaktionstemperaturen!) Verbindung **6** als Zwischenstufe (möglicherweise Übergangszustand) jedoch nicht nachgewiesen werden. Als Nebenprodukte entstanden $\{\{\text{Cp}^*\text{Fe}\}_2(\text{P}_2)_2\}$ (**5**)^[10] und Spuren Decamethylfulvalen ($\text{Me}_5\text{C}_5-\text{C}_5\text{Me}_5$)^[15]. Nicht detektierbar (¹H-NMR) war Decamethylferrocen ($[\text{Cp}_2^*\text{Fe}]$).

Kristallstruktur von $[(\text{C}_5\text{Me}_4\text{Et})\text{Os}(\eta^5\text{-P}_5)]$ (**4c'**) sowie Röntgenstruktur- und NMR-Vergleichsdaten von Pentaphosphametallocenen

Abb. 1 gibt die Kristallstruktur mit ausgewählten Bindungslängen und -winkeln wieder, und in Tab. 1 sind Röntgenstruktur- und NMR-Vergleichsdaten von Pentaphosphametallocenen zusammengestellt.

Abb. 1. Struktur von **4c'** im Kristall; ausgewählte Bindungslängen [Å] und -winkel [$^\circ$]: P1–Os 2.455(4), P2–Os 2.441(4), P3–Os 2.437(4), P4–Os 2.436(4), P5–Os 2.447(4), P1–P2 2.088(6), P2–P3 2.100(7), P3–P4 2.127(7), P4–P5 2.121(7), P5–P1 2.109(6), C1–Os 2.222(10), C2–Os 2.225(9), C3–Os 2.229(10), C4–Os 2.214(10), C5–Os 2.218(11); P2–P1–P5 108.6(2), P1–P2–P3 108.6(2), P2–P3–P4 107.6(2), P3–P4–P5 107.8(2), P1–P5–P4 107.4(2)



Die Kristallstrukturanalyse weist **4c'** als einen Sandwichkomplex (Abb. 1) aus, dessen Ebenen der Fünfringliganden lediglich 0.75° von der Parallelität abweichen. Bei der nun kompletten Serie $[(\text{C}_5\text{Me}_4\text{Et})\text{M}(\eta^5\text{-P}_5)]$ [M = Fe (**1a'**)^[11],

Ru (**4a'**)^[11], Os (**4c'**)] zeigt sich, daß die Mittelwerte der in Tab. 1 aufgelisteten Bindungslängen und -winkel beim Osmium- und Ruthenium-Sandwichkomplex wegen des geringen Unterschieds im Kovalenzradius (Fe: 1.16; Ru: 1.25, Os: 1.26 Å) nahezu identisch sind. Der im *cyclo-P₅*-Liganden der Pentaphosphametallocene gefundene Mittelwert von 2.10 Å für die P–P-Bindungslänge ist nur geringfügig größer als der für NaP₅ berechnete Wert^[16] von 2.093 Å.

Tab. 1. Ausgewählte Bindungslängen [Å], -winkel [$^\circ$] und δ -Werte der Pentaphosphametallocene $[(\text{C}_5\text{Me}_4\text{Et})\text{M}(\eta^5\text{-P}_5)]$ (M = Fe, Ru, Os)

| | 1a': M = Fe ^[11] | 4a': M = Ru ^[11] | 4c': M = Os |
|--|------------------------------------|------------------------------------|--------------------|
| (P–P) ^[a] | 2.10 | 2.10 | 2.11 |
| (M–P) ^[a] | 2.35 | 2.43 | 2.44 |
| (M–C) _r ^[a] | 2.09 | 2.21 | 2.22 |
| (C–C) _r ^[a] | 1.415 | 1.42 | 1.42 |
| M–P ₅ (Zentr.) | 1.53 | 1.65 | 1.66 |
| M–Cp'(Zentr.) | 1.71 | 1.85 | 1.86 |
| (P–P–M) ^[a] | 63.5 | 64.4 | 64.4 |
| (P–M–P) ^[a] | 53.0/92.5 | 51.2/88.6 | 51.2/88.6 |
| (C _r –C _r –M) ^[a] | 70.2 | 71.2 | 71.3 |
| (C _r –M–C _r) ^[a] | 39.6 | 37.5 | 37.4 |
| $\Sigma(P-P-P)$ | 540.0 | 540.1 | 540.0 |
| $\Sigma(C_r-C_r-C_r)$ | 539.9 | 540.0 | 540.0 |
| P ₅ (Zentr.)–M–Cp'(Zentr.) | 179.0 | 178.3 | 178.1 |
| ¹ H-NMR ^[b] | 1.08 (s, 15 H) | 1.25 (s, 15 H) | 1.39 (s, |
| ³¹ P-NMR ^[c] | 153.0 (s) | 83.8 (s) | 15H) 6.5 (s) |

^[a] Mittelwert; _r = Ring; Zentr. = Zentrum; Cp' = $\text{C}_5\text{Me}_4\text{Et}$.

^[b] TMS int., $[\text{D}_6]\text{Benzol}$, 200 MHz (**1a**, **4a**) oder 400 MHz (**4c**); $\text{Cp}^* = \text{C}_5\text{Me}_5$. ^[c] 81 MHz, 85proz. H_3PO_4 extern.

Während im Eisen-Sandwichkomplex **1a'** die beiden Fünfringe annähernd gestaffelt zueinander angeordnet sind^[11], beträgt bei der Osmium-Verbindung **4c'** – in volliger Übereinstimmung mit dem Ruthenium-Analogon **4a'**^[11] – die Abweichung von der idealgestaffelten Konformation 13°.

Beim Übergang vom leichtesten zum schwersten Homologen der Serie $[\text{Cp}^*\text{M}(\eta^5\text{-P}_5)]$ [M = Fe (**1a**), Ru (**4a**), Os (**4c**)] beobachtet man eine nahezu kontinuierliche Tieffeldverschiebung ($\Delta\delta \approx 0.16$ ppm) im ¹H- sowie eine Hochfeldverschiebung ($\Delta\delta \approx 73$ ppm) im ³¹P-NMR-Spektrum.

Dem Fonds der Chemischen Industrie danken wir für die Förderung unserer Arbeiten.

Experimenteller Teil

Sämtliche Versuche wurden unter Argon in absol. Lösungsmitteln durchgeführt. – ¹H-, ³¹P{¹H}-NMR: Bruker AC 200 und AMX 400. – MS: Finnigan MAT 90. – Ausgangsmaterialien: **1a**^[11], **1b**^[12], **2**^[17], **3**^[18]; $\{(\text{C}_5\text{Me}_4\text{Et})\text{Os}(\text{CO})_2\}_2$ (**3'**) wurde analog **3** hergestellt.

*Verbesserte Synthese von **4a**:* 188.2 mg (0.32 mmol) **2** und 120 mg (0.97 mmol) P₄ werden in 25 ml Decalin ca. 45 h (IR-Kontrolle) unter Rückfluß gerührt. Nach dem Entfernen des Lösungsmittels i. Vak. wird der braunrote Rückstand in 10 ml CH_2Cl_2 gelöst, mit ca. 2 g Kieselgel (Aktivitätsstufe II) versetzt und zur Rieselfähigkeit getrocknet. Die säulenchromatographische Aufarbeitung (Kieselgel II, Säule: 1.5 × 30 cm) ergibt mit Petrolether zunächst überschüssige

ges P₄, anschließend gelboranges **4a** mit einer Ausbeute von 39.5 mg (16%; bezogen auf **2**).

cyclo-E₅-Übertragungsreaktionen

[Cp*Ru(η⁵-E₅)J {E = P (**4a**), [As (**4b**)]}: 102.0 mg (0.174 mmol) [200.0 mg (0.432 mmol)] **2** und 230.0 mg (0.665 mmol) Cp*FeP₅ (**1a**) [200 mg (0.354 mmol) Cp*FeAs₅ (**1b**)] werden in 18 [20] ml Decalin ca. 6 h [ca. 75 min] unter Rückfluß gerührt (nach dieser Zeit nimmt die Intensität der CO-Banden von **2** kaum mehr ab). Nach dem Abziehen des Lösungsmittels i.Vak. wird bei **4a** der Rückstand mit ca. 60 ml Petrolether extrahiert und dann säulenchromatographisch (Kieselgel II, 1.5 × 30 cm) getrennt. Petrolether eluiert zunächst Spuren von Me₅C₅–C₅Me₅, es folgt eine grüne Fraktion mit **1a** (81 mg), der sich eine gelbe Fraktion mit **4a** (57 mg orangegelbe Kristalle) anschließt. Der in Petrolether zunächst schwerlösliche Rückstand wird in 5 ml CH₂Cl₂ aufgenommen, mit ca. 0.8 g Kieselgel II verrührt und i.Vak. zur Rieselfähigkeit getrocknet. Mit Petrolether trennt man weitere 3.1 mg **1a** sowie 15.0 mg **4a** ab (Gesamtausb. 63% bezogen auf umgesetztes **2**). Mit Petrolether/Toluol (5:1) eluiert man eine gelbbraune Fraktion mit [{Cp*Fe(μ-η²:η²-P₂)₂}] (17 mg), mit Petrolether/Toluol (5:3) eine orangefarbene Fraktion mit **2** (16.0 mg). Im Falle von **4b** ergibt die analoge säulenchromatographische Trennung (die vorausgehende Petrolether-Extraktion entfällt hier) Spuren von Me₅C₅–C₅Me₅, 120.0 mg nicht umgesetztes moosgrünes **1b**, 90.0 mg **4b** (rote Kristallnadeln; Ausb. 20% bezogen auf umgesetztes **2**) und 40.0 mg unumgesetztes **2**.

[Cp*Os(η⁵-P₅)J (**4c**): 103.1 mg (0.135 mmol) **3** und 179.6 mg (0.519 mmol) **1a** werden in 10 ml 1-Methylnaphthalin ca. 22 h unter Rückfluß (Silicon-Ölbad) gerührt. Nach dem Entfernen des Lösungsmittels i.Vak. wird der bräunliche Rückstand sechsmal mit jeweils 10 ml *n*-Hexan extrahiert. Die grüngelbe Lösung enthält 76.1 mg des im Überschuß eingesetzten **1a**. Anschließend behandelt man den Extraktionsrückstand mit Toluol (6 × 10 ml), entfernt das Lösungsmittel i.Vak., versetzt mit 7 ml CH₂Cl₂ und 0.5 g Kieselgel II und trocknet zur Rieselfähigkeit. Die säulenchromatographische Trennung (Kieselgel II, Säule: 0.6 × 25 cm) ergibt mit *n*-Hexan als Eluens nochmals 10.7 mg überschüssiges **1a**. Toluol eluiert 11.0 mg (9%, bezogen auf umgesetztes **3**) **4c**. Mit CH₂Cl₂ als Eluens isoliert man 8.2 mg unumgesetztes, hellgelbes **3**.

*Herstellung von [(C₅Me₄R)Os(η⁵-P₅)J (**4c**; R = Me; **4c'**; R = Et) aus **3** [3'] und P₄: 153.2 mg (0.201 mmol) **3** [345.9 mg (0.437 mmol) **3'**] und 360 mg (2.906 mmol) [630 mg (5.085 mmol)] P₄ werden in 15 [25] ml 1-Methylnaphthalin 22 h unter Rückfluß gerührt. Nach dem Entfernen des Lösungsmittels i.Vak. wird der braune Rückstand mit *n*-Hexan (6 × 5 ml) gewaschen, um Lösungsmittelreste und Spuren von Me₅C₅–C₅Me₅ abzutrennen. Der Reaktionsrückstand wird mit Toluol (6 × 15 ml) extrahiert und das Lösungsmittel der vereinigten gelben Lösungen i.Vak. abgezogen. Den orangegelben Rückstand löst man in 8 ml CH₂Cl₂, versetzt mit 0.5 g Kieselgel II und trocknet i.Vak. bis zur Rieselfähigkeit. Die Säulenchromatographie an Kieselgel II (Säule: 0.6 × 25 cm) mit *n*-Hexan ergibt erst mit Toluol als Eluens eine schwachgelbe Fraktion mit **4c** [**4c'**]; Ausb. 3.6 mg (2%; bezogen auf **3**) [31.0 mg (7%; bezogen auf **3'**)] **4c** [**4c'**]. Umkristallisiert aus Benzol oder *n*-Hexan bildet **4c** gelbe Nadelchen [**4c'** gelborangene Würfel]. – **4c**: EI-MS 0.3 mA (35 eV, 120°C, bez. auf ¹⁹²Os): *m/z* (%) = 482 (100) [M⁺], 420 (27) [M⁺ – P₂], 254 (27) [OsP₂⁺] sowie weitere*

Peaks. **4c'**: – C₁₁H₁₇OsP₅ (494.3): ber. C 26.73, H 3.47; gef. C 27.49, H 3.31.

*Kristallstrukturanalyse von **4c'**^[19]:* C₁₁H₁₇OsP₅ (494.3): Enraf-Nonius-CAD 4-Diffraktometer; Mo-K_α-Strahlung; Graphitmonochromator; Kristallgröße: 0.1 × 0.15 × 0.2 mm; *a* = 7.745(1), *b* = 27.041(4), *c* = 8.545(1) Å; β = 113.83(1)°; *V* = 1637.0(6) Å³; monoklin; Raumgruppe *P2₁/n*; *Z* = 4; ρ_{ber.} = 2.01 g/cm³; μ = 79.04 cm⁻¹; ω-Scan; Datensammlung von 4050 unabhängigen Reflexen bei 25°C (2 ≤ Θ ≤ 30°), davon 2134 als beobachtet eingestuft [*I* ≥ 3.0σ(*I*)]; *R* (*R*_w) = 0.044 (0.040); empirische Absorptionskorrektur; Strukturlösung mit SHELXS-86; Strukturverfeinerung mit SHELX-76.

* Herrn Professor Hubert Schmidbaur zum 60. Geburtstag gewidmet.

- [1] Neueste Übersichten: ^[1a] O. J. Scherer, *Angew. Chem.* **1990**, *102*, 1137–1155; *Angew. Chem. Int. Ed. Engl.* **1990**, *29*, 1104–1122. – ^[1b] M. Scheer, E. Herrmann, *Z. Chem.* **1990**, *30*, 41–55.
- [2] O. J. Scherer, J. Braun, P. Walther, G. Heckmann, G. Wolmershäuser, *Angew. Chem.* **1991**, *103*, 861–863; *Angew. Chem. Int. Ed. Engl.* **1991**, *30*, 852–854.
- [3] ^[3a] G. Capozzi, L. Chiti, M. Di Vaira, M. Peruzzini, P. Stoppioni, *J. Chem. Soc., Chem. Commun.* **1986**, 1799–1800. – ^[3b] A. Barth, G. Huttner, M. Fritz, L. Zsolnai, *Angew. Chem.* **1990**, *102*, 956–958; *Angew. Chem. Int. Ed. Engl.* **1990**, *29*, 929–930.
- [4] M. Di Vaira, P. Stoppioni, M. Peruzzini, *Polyhedron* **1987**, *6*, 351–382.
- [5] M. H. Chisholm, K. Folting, J. C. Huffman, J. J. Koh, *Polyhedron* **1985**, *4*, 893–895.
- [6] O. J. Scherer, T. Brück, G. Wolmershäuser, *Chem. Ber.* **1989**, *122*, 2049–2054; B. Rink, O. J. Scherer, G. Heckmann, G. Wolmershäuser, *Chem. Ber.* **1992**, *125*, 1011–1016.
- [7] M. Detzel, T. Mohr, O. J. Scherer, G. Wolmershäuser, *Angew. Chem.* **1994**, *106*, 1142–1144; *Angew. Chem. Int. Ed. Engl.* **1994**, *33*, 1110–1112.
- [8] B. Rink, Dissertation, Universität Kaiserslautern, **1994**.
- [9] T. Mohr, O. J. Scherer, unveröffentlichte Ergebnisse.
- [10] A. Bjarnason, L. F. Dahl, R. E. Des Enfants II, M. E. Barr, *Organometallics* **1990**, *9*, 657–661; L. F. Dahl, M. E. Barr, *ibid.* **1991**, *10*, 3391–3396.
- [11] O. J. Scherer, T. Brück, G. Wolmershäuser, *Chem. Ber.* **1988**, *121*, 935–938.
- [12] O. J. Scherer, C. Blath, G. Heckmann, G. Wolmershäuser, *J. Organomet. Chem.* **1991**, *409*, C15–C18; C. Blath, Dissertation, Universität Kaiserslautern, **1991**.
- [13] Übersichten: H. Werner, *Fortschr. Chem. Forsch.* **1972**, *28*, 141–181; A. Z. Rubezhov, S. P. Gubin, *Adv. Organomet. Chem.* **1972**, *10*, 347–417; A. J. Efraty, *J. Organomet. Chem.* **1973**, *57*, 1–28; P. E. Garrou, *Adv. Organomet. Chem.* **1984**, *23*, 95–129.
- [14] G. E. Herberich, U. Englert, F. Marken, P. Hofmann, *Organometallics* **1993**, *12*, 4039–4045 und dort zit. Lit.
- [15] P. Jutzi, F. Kohl, *J. Organomet. Chem.* **1979**, *164*, 141–152.
- [16] T. P. Hamilton, H. F. Schaefer III, *Angew. Chem.* **1989**, *101*, 500–501; *Angew. Chem. Int. Ed. Engl.* **1989**, *28*, 485–486; R. Janoscheck, *Chem. Ber.* **1989**, *122*, 2121–2124.
- [17] N. A. Bailey, B. L. Radford, J. A. Sanderson, K. Tabatabaiyan, C. White, J. M. Worthington, *J. Organomet. Chem.* **1978**, *154*, 343–351.
- [18] L. Weber, D. Bungardt, *J. Organomet. Chem.* **1986**, *311*, 269–280.
- [19] Weitere Einzelheiten zur Kristallstrukturuntersuchung können beim Fachinformationszentrum Karlsruhe, Gesellschaft für wissenschaftlich-technische Information mbH, D-76344 Eggenstein-Leopoldshafen, unter Angabe der Hinterlegungsnummer CSD-58 631, der Autorennamen und des Zeitschriftenzitats angefordert werden.

[240/94]