

Notiz / Note

Synthese und Struktur von $[\text{Rh}_2(\mu\text{-NO})(\mu\text{-H})(\text{P}i\text{Pr}_3)_4]$: Ein chiraler, NO- und Hydrid-verbrückter Rhodium(0)-Zweikernkomplex

Justin Wolf, Oliver Nürnberg und Helmut Werner*

Institut für Anorganische Chemie der Universität Würzburg,
Am Hubland, W-8700 Würzburg

Eingegangen am 4. Januar 1993

Key Words: Rhodium hydrido complexes / Binuclear rhodium complex, molecular structure of / NO and hydride as bridging ligands / Axial chirality

Synthesis and Structure of $[\text{Rh}_2(\mu\text{-NO})(\mu\text{-H})(\text{P}i\text{Pr}_3)_4]$: A Chiral, NO- and Hydride-Bridged Binuclear Rhodium(0) Complex

The reaction of $\text{RhCl}_3 \cdot 3 \text{H}_2\text{O}$, $\text{P}i\text{Pr}_3$, $i\text{PrONa}$ / $i\text{PrOH}$ and *N*-methyl-*N*-nitroso-4-tosylamide (diazald) yields the binuclear rhodium complex $[\text{Rh}_2(\mu\text{-NO})(\mu\text{-H})(\text{P}i\text{Pr}_3)_4]$ (**3**) in 67% yield. **3** is probably formed via $[\text{RhH}(\text{P}i\text{Pr}_3)_3]$ (**4**) for which an improved

preparative procedure is given. The X-ray structural analysis of **3** proves that two pairs of inequivalent phosphane ligands are present. In solution, **3** shows a fluxional behavior which is reminiscent to that of molecules possessing axial chirality.

In jüngster Zeit hatten wir an zahlreichen Beispielen gezeigt, daß die in Lösung monomere, dreifach koordinierte Rhodium(I)-Verbindung $[\text{RhCl}(\text{P}i\text{Pr}_3)_2]$ (**1**) eine ausgeprägte Reaktivität nicht nur gegenüber H_2 , O_2 , N_2 und CO ^[1], sondern auch gegenüber Olefinen^[2], Alkinen^[3] und mehrfach ungesättigten organischen Systemen besitzt^[4]. Um diese Chemie auf eine noch breitere Grundlage zu stellen, hatten wir als Beispiel eines weiteren niederkoordinierten einkernigen Rhodium-Komplexes $[\text{Rh}(\text{NO})(\text{P}i\text{Pr}_3)_2]$ (**2**) als Syntheseobjekt gewählt. Die Verbindung **2** besitzt zwar ebenso wie $[\text{Rh}(\eta^3\text{-C}_3\text{H}_5)(\text{P}i\text{Pr}_3)_2]$ ^[5] oder $[\text{Rh}(\eta^2\text{-O}_2\text{CCH}_3)(\text{P}i\text{Pr}_3)_2]$ ^[6] eine 16-Elektronenkonfiguration, könnte jedoch aufgrund der Koordinationszahl 3 ein ähnliches chemisches Verhalten wie der Komplex **1** aufweisen.

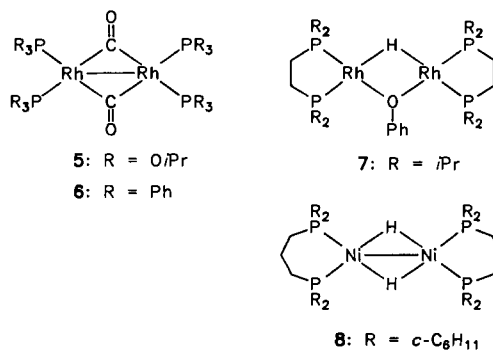
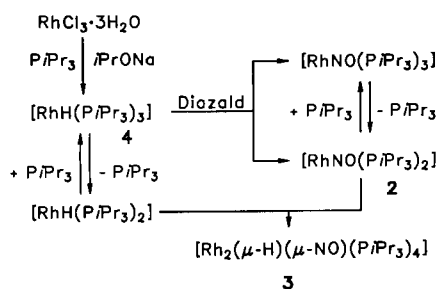
Die Versuche, **2** auf analoge Weise wie $[\text{Rh}(\text{NO})(\text{PPh}_3)_3]$ ^[7] oder $[\text{Rh}(\text{NO})(\text{PF}_3)_3]$ ^[8] darzustellen, schlugen fehl. Sowohl die Reaktion von $[\text{Rh}(\eta^3\text{-C}_3\text{H}_5)(\text{P}i\text{Pr}_3)_2]$ mit NO als auch diejenige von $[\text{Rh}(\text{NO})_2\text{Cl}]_n$ mit $\text{P}i\text{Pr}_3$ lieferte Produktgemische, die durch Kristallisation nicht getrennt werden konnten. Setzt man $\text{RhCl}_3 \cdot 3 \text{H}_2\text{O}$ mit $\text{P}i\text{Pr}_3$ und *N*-Methyl-*N*-nitroso-4-toluolsulfonsäureamid (Diazald) in Ethanol in Gegenwart von KOH um, ähnlich wie es für $[\text{Rh}(\text{NO})(\text{PPh}_3)_3]$ beschrieben ist^[7a], so erhält man in äußerst geringer Menge (1–3%) den tiefblauen Komplex **3**. Mit einem Unterschub an Diazald (0.6 Moläquivalente) und bei Verwendung von $i\text{PrOH}/i\text{PrONa}$ statt EtOH/KOH beträgt die Ausbeute 67%. Hinsichtlich des Bildungsmechanismus von **3** nehmen wir an (Schema

1), daß zuerst aus $\text{RhCl}_3 \cdot 3 \text{H}_2\text{O}/\text{P}i\text{Pr}_3$ und $i\text{PrONa}$ als Hydrid-Überträger die Verbindung **4** entsteht, die mit Diazald zu $[\text{Rh}(\text{NO})(\text{P}i\text{Pr}_3)_3]$ oder **2** reagiert. Aus **2** und der mit **4** vermutlich im Gleichgewicht stehenden Zwischenstufe $[\text{RhH}(\text{P}i\text{Pr}_3)_2]$ ^[5,9] könnte sich dann der Zweikernkomplex **3** bilden. Dieser Vorschlag wird dadurch gestützt, daß **4**, hergestellt von Otsuka et al. durch Reduktion von $\text{RhCl}_3 \cdot 3 \text{H}_2\text{O}/\text{P}i\text{Pr}_3$ mit Na/Hg in THF^[9] und von uns durch HCl-Abspaltung aus $[\text{RhH}_2\text{Cl}(\text{P}i\text{Pr}_3)_2]$ in Gegenwart von $\text{P}i\text{Pr}_3$, mit Diazald praktisch quantitativ zu **3** reagiert.

Abb. 1 zeigt die Molekülstruktur von **3**. Der Rh–Rh-Abstand ist mit 2.746(1) Å relativ lang [vgl. **5**^[10] und **6**^[11]: Rh–Rh jeweils 2.630(1) Å] und am ehesten mit demjenigen in Komplex **7**^[12] [Rh–Rh = 2.7825(4) Å], in dem die Metallzentren allerdings die Oxidationszahl +1 haben, vergleichbar. Der NO-Ligand ist symmetrisch an die beiden Rhodium-Atome koordiniert und zeigt mit 1.237(9) Å einen normalen N–O-Bindungsabstand^[13].

Das entscheidende Strukturmerkmal von **3** ist die Verdrillung der beiden Ebenen [P1, P2, Rh1] und [P3, P4, Rh2] gegeneinander, wobei der Interplanarwinkel 68.5(1)° beträgt. Eine ähnliche Situation liegt in den symmetrisch aufgebauten Zweikernverbindungen **5** und **8**^[14,15] vor; der Interplanarwinkel ist hier 77.9° (**5**) bzw. 63.3° (**8**). Die Verdrillung von **8** (ebenso ein 30-Elektronen-Komplex wie **3** und **5**) wird auf der Basis von MO-Rechnungen damit erklärt^[14,15], daß für eine Abweichung von der planaren Koordination der Me-

Schema 1



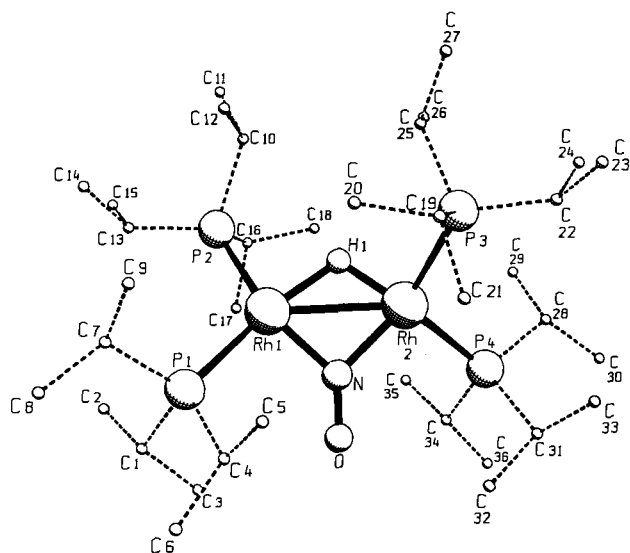


Abb. 1. Struktur von **3** im Kristall (C-Atome der Isopropyl-Gruppen sind der besseren Übersichtlichkeit halber nur angedeutet); ausgewählte Bindungslängen [Å] und -winkel [°]: Rh1–Rh2 2.746(1), Rh1–N 1.883(9), Rh2–N 1.920(8), Rh1–H1 1.71, Rh2–H1 1.71, Rh1–P1 2.310(3), Rh1–P2 2.345(3), Rh2–P3 2.336(3), Rh2–P4 2.302(3), N–O 1.237(9); Rh1–N–Rh2 92.4(4), Rh1–N–O 132.5(7), Rh2–N–O 135.1(7), Rh1–H1–Rh2 106.8, P1–Rh1–P2 109.2(1), P3–Rh2–P4 107.8(1), P1–Rh1–N 96.2(3), P2–Rh1–N 142.7(3), P3–Rh2–N 146.5(3), P4–Rh2–N 96.4(3); Interplanarwinkel [°]: [P1,P2,Rh1]/[Rh1,N,O,Rh2] 38.0(2), [P3,P4,Rh2]/[Rh1,N,O,Rh2] 30.9(2)

tallzentren nur ein relativ kleiner Energieaufwand nötig ist, der durch eine Verringerung der Abstoßung der Reste R der Phosphan-Liganden ausgeglichen wird.

Der Komplex **3** (mit C_2 -Symmetrie) ist ebenso wie die Verbindungen **5** und **8** (mit D_2 -Symmetrie) *axial-chiral*. Die Phosphane sind (siehe Abb. 2) paarweise chemisch inäquivalent und sollten daher in den NMR-Spektren zwei Signalsätze für die Isopropylprotonen und die ^{31}P -Kerne liefern. Man beobachtet im ^1H -NMR-Spektrum jedoch nur ein Multiplett für die PCH- und ein Dublett von Dubletts für die PCHCH₃-Protonen. Für das Brücken-Wasserstoff-Atom erscheint bei $\delta = -7.14$ ein Triplett von Quintetts, und nicht, wie es nach Abb. 2 zu erwarten wäre, ein Triplett von Triplets.

Die damit implizierte Annahme, daß **3** in Lösung eine nicht-starre Struktur besitzt wird auch durch das ^{31}P -NMR-Spektrum (bei 25°C) gestützt. Es zeigt nicht die ABB'A'-Signale eines ABXX'B'A'-Spinsystems, sondern ein 8-Linien-Resonanz-Signal, das dem A_2A_2' -Teilspektrum eines $A_2XX'A_2'$ -Spinsystems (A, A' = P; X, X' = Rh) zuzuordnen ist. Bereits bei 0°C fallen die einzelnen Signale

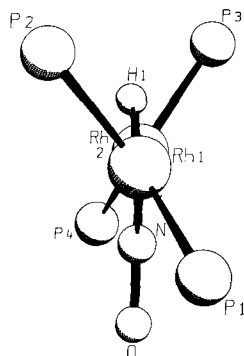


Abb. 2. Struktur der zentralen $\text{P}_2\text{Rh}(\mu\text{-H})(\mu\text{-NO})\text{RhP}_2$ -Baueinheit von **3** mit Blick entlang der Rh–Rh-Bindung

unter starker Verbreiterung teilweise zusammen; das zu erwartende ABA'B'-Teilspektrum läßt sich allerdings wegen der schlechten Löslichkeit von **3** bei tiefen Temperaturen auch bei weiterem Abkühlen der Probe nicht beobachten.

Die Titelverbindung **3** ist unseres Wissens der erste Zweikernkomplex mit je einem Hydrid- und NO-Brückenliganden^[13]. Nach vorläufigen Untersuchungen reagiert **3** nicht nur mit CO, Alkenen, Alkinen und Chloralkanen, sondern ist auch ein vorzüglicher Hydrier-Katalysator. Hierüber werden wir demnächst ausführlich berichten.

Wir danken der *Deutschen Forschungsgemeinschaft* (SFB 347), dem *Fonds der Chemischen Industrie* und der *Degussa AG* für wertvolle Unterstützung, dem Fonds insbesondere für ein Doktorandenstipendium (für O.N.). Frau *M.-L. Schäfer* und Herrn Dr. *W. Buchner* sind wir für die Durchführung von NMR-Messungen zu Dank verpflichtet.

Experimenteller Teil

Durchführung der Versuche unter Argon und mit Schlenkrohrtechnik; Darstellung von $[\text{RhH}_2\text{Cl}(\text{PiPr}_3)_2]$ nach Literaturangabe^[1b]. – Bestimmung des Schmelzpunkts durch DTA. – IR: Perkin-Elmer 1420. – NMR: Jeol FX 90Q, Bruker AC 200.

Tab. 1. Atomkoordinaten von **3** (Standardabweichungen in Klammern)

Atom	x/a	y/b	z/c	Beq
Rh1	0.18165 (8)	0.18429 (7)	0.34251 (5)	2.90 (2)
Rh2	0.24933 (8)	0.00751 (7)	0.25830 (5)	2.84 (2)
P1	0.1439 (3)	0.2528 (2)	0.4732 (2)	3.68 (9)
P2	0.1403 (3)	0.2910 (2)	0.2644 (2)	3.43 (8)
P3	0.4411 (3)	0.0463 (3)	0.2411 (2)	3.82 (9)
P4	0.1718 (3)	-0.1778 (2)	0.2058 (2)	3.48 (9)
O	0.0897 (8)	-0.0119 (6)	0.3650 (5)	6.3 (2)
N	0.1514 (8)	0.0400 (7)	0.3339 (5)	3.9 (3)
C1	-0.012 (1)	0.238 (1)	0.4833 (8)	4.7 (4)
C2	-0.073 (1)	0.303 (1)	0.4424 (9)	6.0 (4)
C3	-0.084 (1)	0.120 (1)	0.4442 (9)	6.1 (4)
C4	0.200 (1)	0.183 (1)	0.5437 (7)	4.9 (4)
C5	0.330 (1)	0.190 (1)	0.553 (1)	9.0 (5)
C6	0.171 (1)	0.205 (1)	0.6274 (8)	7.1 (5)
C7	0.219 (1)	0.4020 (9)	0.5299 (7)	4.7 (4)
C8	0.207 (2)	0.459 (1)	0.620 (1)	9.7 (6)
C9	0.348 (1)	0.430 (1)	0.531 (1)	7.6 (5)
C10	0.259 (1)	0.3329 (9)	0.2147 (7)	4.4 (3)
C11	0.225 (1)	0.384 (1)	0.1494 (8)	6.5 (4)
C12	0.380 (1)	0.403 (1)	0.2822 (9)	6.2 (4)
C13	0.080 (1)	0.408 (1)	0.3043 (8)	5.7 (4)
C14	0.185 (2)	0.513 (1)	0.3618 (9)	7.8 (5)
C15	-0.009 (1)	0.430 (1)	0.238 (1)	8.1 (5)
C16	0.012 (1)	0.1977 (9)	0.1665 (7)	4.4 (4)
C17	-0.094 (1)	0.150 (1)	0.1933 (8)	6.0 (4)
C18	0.050 (1)	0.111 (1)	0.1064 (7)	5.0 (4)
C19	0.549 (1)	0.121 (1)	0.3503 (8)	5.4 (4)
C20	0.538 (1)	0.232 (1)	0.395 (1)	6.7 (5)
C21	0.532 (1)	0.053 (1)	0.4044 (9)	6.6 (5)
C22	0.510 (1)	-0.060 (1)	0.1952 (8)	5.2 (4)
C23	0.646 (1)	-0.040 (1)	0.229 (1)	7.9 (5)
C24	0.479 (1)	-0.103 (1)	0.096 (1)	8.2 (5)
C25	0.471 (1)	0.148 (1)	0.1910 (8)	5.3 (4)
C26	0.382 (1)	0.112 (1)	0.1023 (9)	7.2 (4)
C27	0.600 (1)	0.192 (1)	0.191 (1)	8.6 (5)
C28	0.195 (1)	-0.2517 (9)	0.1021 (7)	4.7 (4)
C29	0.152 (1)	-0.206 (1)	0.0354 (8)	6.9 (5)
C30	0.148 (2)	-0.377 (1)	0.064 (1)	8.5 (6)
C31	0.222 (1)	-0.2532 (9)	0.2729 (8)	4.8 (4)
C32	0.209 (1)	-0.203 (1)	0.3628 (8)	6.0 (4)
C33	0.349 (1)	-0.260 (1)	0.2758 (9)	6.4 (4)
C34	0.006 (1)	-0.2153 (9)	0.1939 (8)	4.9 (4)
C35	-0.060 (1)	-0.161 (1)	0.140 (1)	7.5 (5)
C36	-0.063 (1)	-0.332 (1)	0.163 (1)	8.0 (6)
H1	0.2635	0.1402	0.2743	6.0*

* Die Position des Hydrido-Liganden wurde mit dem Programm HYDEX berechnet und nicht verfeinert.

Synthese und Struktur von $[\text{Rh}_2(\mu\text{-NO})(\mu\text{-H})(\text{PiPr}_3)_4]$

1. *Synthese von $[\text{Rh}_2(\mu\text{-NO})(\mu\text{-H})(\text{PiPr}_3)_4]$ (3)*: Eine Lösung von 475 mg (5.79 mmol) $i\text{PrONa}$ und 0.67 ml (3.42 mmol) PiPr_3 in 10 ml $i\text{PrOH}$ wird bei 60°C mit einer Lösung von 150 mg (0.57 mmol) $\text{RhCl}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ in 10 ml $i\text{PrOH}$ versetzt. Nach 15 min. Rühren wird zu dem Reaktionsgemisch innerhalb von 30 min eine Lösung von 75.0 mg (0.35 mmol) N -Methyl- N -nitroso-4-toluolsulfonsäureamid (Diazald) in 15 ml $i\text{PrOH}$ getropft und noch 30 min gerührt. Nach Abkühlen und Abziehen des Lösungsmittels wird der Rückstand mit 60 ml Pentan extrahiert, der Extrakt zur Trockene gebracht und der feste Rückstand dreimal mit je 5 ml kaltem Methanol (-78°C) gewaschen. Umkristallisieren aus Hexan (Sdp. $70\text{--}78^\circ\text{C}$) liefert tiefblaue, sehr oxidationsempfindliche Kristalle; Ausbeute 168 mg (67%); Schmp. 134°C (Zers.). — IR (KBr): $\tilde{\nu} = 1458\text{ cm}^{-1}$ [$\nu(\text{NO})$]. — $^1\text{H-NMR}$ (C_6D_6 , 90 MHz, 25°C): $\delta = 2.47$ [m, PCHCH_3], 1.33 [dd, $J(\text{PH}) = 11.7$, $J(\text{HH}) = 7.3$ Hz, PCHCH_3], -7.14 [tquint, $J(\text{PH}) = 22.95$, $J(\text{RH}) = 17.8$ Hz, RhHRh]; — $^{31}\text{P-NMR}$ ($\text{C}_6\text{D}_5\text{CD}_3$, 81.0 MHz, 25°C): $\delta = 56.63$ [8-Liniensignal des $\text{A}_2\text{A}_2'$ -Teilspektrums, $N = |J(\text{AX}) + J(\text{AX}')| = 105.6$ Hz].

2. *Verbesserte Vorschrift für $[\text{RhH}(\text{PiPr}_3)_3]$ (4)*: Eine Lösung von 234 mg (0.51 mmol) $[\text{RhH}_2\text{Cl}(\text{PiPr}_3)_2]$ und 1.00 ml (5.14 mmol) PiPr_3 in 10 ml Benzol wird bei 25°C mit 560 mg (5.00 mmol) $t\text{BuOK}$ versetzt und 10 min gerührt. Nach Abziehen des Lösungsmittels wird der Rückstand mit 50 ml Pentan extrahiert und der Extrakt eingengt. Das orangefarbene Öl wird in 2 ml Ether gelöst, die Lösung auf -78°C gekühlt und langsam mit 15 ml kaltem Methanol (-78°C) versetzt. Es bildet sich ein orangegelber Niederschlag, der nach 1 stdg. Stehen bei -78°C abfiltriert und zweimal mit je 5 ml Methanol (-78°C) gewaschen wird; Ausbeute 223 mg (75%); Identifizierung durch NMR^[9].

3. *Daten zur Kristallstrukturanalyse*^[16] von **3**: Kristalle aus Hexan; Kristallgröße $0.1 \times 0.2 \times 0.5$ mm; Kristallsystem triklin; Raumgruppe $\text{P}\bar{1}$ (Nr. 2); $Z = 2$; $a = 11.888(1)$, $b = 13.678(2)$, $c = 17.229(3)$ Å; $\alpha = 109.28(1)$, $\beta = 101.69(1)$, $\gamma = 101.63(1)^\circ$; $V = 2477.8$ Å³; $d_{\text{ber.}} = 1.09\text{ g cm}^{-3}$; max. $2\theta = 44^\circ$ (Mo- K_α ; $\lambda = 0.70930$ Å; Graphit-Monochromator; $\omega/2\theta$ -Scan; $T = 293$ K); Enraf-Nonius-CAD4-Diffraktometer; 5656 gemessene Reflexe ($+h$, $\pm k$, $\pm l$), 3097 beobachtet [$F_o > 3\sigma(F_o)$]; Lorentz-, Polarisations- und empirische Absorptionskorrektur ($\mu = 7.4\text{ cm}^{-1}$, Ψ -Scan-Verfahren, min./max. Transmission 89.4/99.9%); Lösung der Struktur nach Patterson-Methode (SHELXS-86); Verfeinerung mit Programmpaket SDP (Enraf-Nonius); Position des verbrückenden Hydrid-Liganden mit Programm HYDEX; sonstige Wasserstoff-Atome nach idealer Geometrie (C—H-Abstand 0.95 Å) berechnet, in die Strukturfaktor-Berechnung der letzten FMLS-Verfeinerung mit einbezogen; $R = 0.050$; $R_w = 0.059$ [$w = 1/\sigma^2(F_o)$]; Reflex/Parameter-Verhältnis 7.8; Restelektronendichte $0.75\text{ e}\text{Å}^{-3}$; Atomparameter Tab. 1.

- [1] [1a] C. Busetto, A. D'Alfonso, F. Maspero, G. Perego, A. Zazzetta, *J. Chem. Soc., Dalton Trans.* **1977**, 1828–1834. — [1b] H. Werner, J. Wolf, A. Höhn, *J. Organomet. Chem.* **1985**, *287*, 395–407.
 [2] T. Dirnberger, H. Werner, *Chem. Ber.* **1992**, *125*, 2007–2014.
 [3] [3a] H. Werner, J. Wolf, U. Schubert, K. Ackermann, *J. Organomet. Chem.* **1986**, *317*, 327–356. — [3b] J. Wolf, H. Werner, *Organometallics* **1987**, *6*, 1164–1169. — [3c] H. Werner, J. Wolf, F. J. Garcia Alonso, M. L. Ziegler, O. Serhadli, *J. Organomet. Chem.* **1987**, *336*, 397–411. — [3d] H. Werner, F. J. Garcia Alonso, H. Otto, J. Wolf, *Z. Naturforsch., B: Chem. Sci.* **1988**, *43*, 722–726. — [3e] H. Werner, U. Brekau, *Z. Naturforsch., B: Chem. Sci.* **1989**, *44*, 1438–1446. — [3f] H. Werner, T. Rappert, J. Wolf, *Isr. J. Chem.* **1990**, *30*, 377–384. — [3g] D. Schneider, H. Werner, *Angew. Chem.* **1991**, *103*, 710–712; *Angew. Chem. Int. Ed. Engl.* **1991**, *30*, 700–702. — [3h] T. Rappert, O. Nürnberg, N. Mahr, J. Wolf, H. Werner, *Organometallics* **1992**, *11*, 4156–4164. — [3i] H. Werner, T. Rappert, *Chem. Ber.* **1993**, *126*, 669–678.
 [4] [4a] Überblick: H. Werner, *Nachr. Chem. Tech. Lab.* **1992**, *40*, 435–444. — [4b] Neueste Arbeit: T. Rappert, O. Nürnberg, H. Werner, *Organometallics* **1993**, *12*, im Druck.
 [5] D. L. Thorn, J. A. Ibers, *Adv. Chem. Ser.* **1982**, *196*, 117–133.
 [6] M. Schäfer, J. Wolf, H. Werner, *J. Chem. Soc., Chem. Commun.* **1991**, 1341–1343.
 [7] [7a] N. Ahmad, J. J. Levison, S. D. Robinson, M. F. Uttley, *Inorg. Synth.* **1974**, *15*, 61–64. — [7b] W. Hieber, K. Heinicke, *Z. Anorg. Allg. Chem.* **1962**, *316*, 321–326.
 [8] [8a] J. F. Nixon, B. Wilkins, *J. Organomet. Chem.* **1974**, *80*, 129–137. — [8b] D. M. Bridges, D. W. H. Rankin, D. A. Clement, J. F. Nixon, *Acta Crystallogr., Sect. B* **1972**, *28*, 1130–1136.
 [9] T. Yoshida, T. Okano, D. L. Thorn, T. H. Tulip, S. Otsuka, J. A. Ibers, *J. Organomet. Chem.* **1979**, *181*, 183–201.
 [10] R. R. Burch, E. L. Muetterties, A. J. Schultz, E. G. Gebert, J. M. Williams, *J. Am. Chem. Soc.* **1981**, *103*, 5517–5522.
 [11] P. Singh, C. B. Damman, D. J. Hodgson, *Inorg. Chem.* **1973**, *12*, 1335–1339.
 [12] M. D. Fryzuk, M.-L. Jang, T. Jones, F. W. B. Einstein, *Canad. J. Chem.* **1986**, *64*, 174–179.
 [13] Zusammenfassende Arbeiten über NO-Metallkomplexe: [13a] B. F. G. Johnson, J. A. McCleverty, *Prog. Inorg. Chem.* **1966**, *7*, 277–359. — [13b] W. P. Griffith, *Adv. Organomet. Chem.* **1968**, *7*, 211–239. — [13c] B. F. G. Johnson, B. L. Haymore, J. R. Dilworth in *Comprehensive Coordination Chemistry* (Hrsg.: G. Wilkinson, R. D. Gillard, J. A. McCleverty), Pergamon, Oxford, **1987**, Bd. 2, S. 100–118. — [13d] G. P. Richter-Addo, P. Legzdins, *Chem. Rev.* **1988**, *88*, 991–1010.
 [14] B. L. Barnett, C. Krüger, Y.-H. Tsay, R. H. Summerville, R. Hoffmann, *Chem. Ber.* **1977**, *110*, 3900–3909.
 [15] R. H. Summerville, R. Hoffmann, *J. Am. Chem. Soc.* **1976**, *98*, 7240–7254.
 [16] Weitere Einzelheiten zur Röntgenstrukturanalyse können beim Fachinformationszentrum Karlsruhe, Gesellschaft für wissenschaftlich-technische Information mbH, D-7514 Eggenstein-Leopoldshafen 2, unter Angabe der Hinterlegungsnummer CSD-56929, der Autorennamen und des Zeitschriftenzitats angefordert werden.

[1/93]