

**Der erste
Phosphidobismutkomplex:
[Li(thf)₄]⁺[{(tBuP)₃}₂Bi]⁻****

Michael A. Beswick,* Nick Choi,
Alexander D. Hopkins,
Yvonne G. Lawson, Mary McPartlin,
Alexander Rothenberger,
Dietmar Stalke,
Andrew E. H. Wheatley und
Dominic S. Wright*

Zwar wurde in den letzten Jahren über Amido-^[1] und Imidokomplexe^[2] von schweren Elementen der Gruppe 15 (Sb und Bi) berichtet, doch sind von den analogen Phosphorverbindungen mit R₂P⁻ und RP²⁻-Gruppen nur die des Antimons bekannt.^[3] Weiterhin sind Bi^{III}-Halogenide, in denen die Metallzentren von neutralen Phosphanliganden koordiniert sind, die einzigen strukturell charakterisierten Komplexe mit Bi-P-Bindungen.^[4] Durch neue Untersuchungen der Umsetzungen von [E(NMe₂)₃]-Verbindungen (E = As, Sb) mit primären Alkalimetallphosphiden ([RPHM]; M = Li, Na) konnten wir zeigen, daß vor der endgültigen Bildung von E₇³⁻-Zintl-Ionen^[5] heterocyclische Anionen des Typs [(RP)_nE]⁻ generiert werden.^[6] Da strukturell charakterisierte Bismutphosphide, die potentiell als Reaktanten zur Bildung von mehratomigen Bi₅³⁻- und Bi₃³⁻-Ionen über die Tieftemperaturroute geeignet sein sollten,^[7] nicht bekannt sind, haben wir die analogen Reaktionen von [Bi(NMe₂)₃] untersucht. Wir berichten hier über die Synthese und Struktur des ersten Phosphidobismutkomplexes, [Li(thf)₄][Bi{(tBuP)₃}₂]**1**.

Die Reaktion von [Bi(NMe₂)₃] mit [tBuPHLi] (Verhältnis 1:3) in THF/Hexan bei Raumtemperatur ergibt metallisches Bismut und eine gelbe Lösung. Nach längerem Lagern des Filtrats bei -30°C erhält man gelbe Kristalle von **1** (siehe *Experimentelles*). Obwohl der Komplex in Lösung einigermaßen haltbar ist, erwies er sich als thermisch so instabil, daß eine zufriedenstellende Charakterisierung mit spektroskopischen

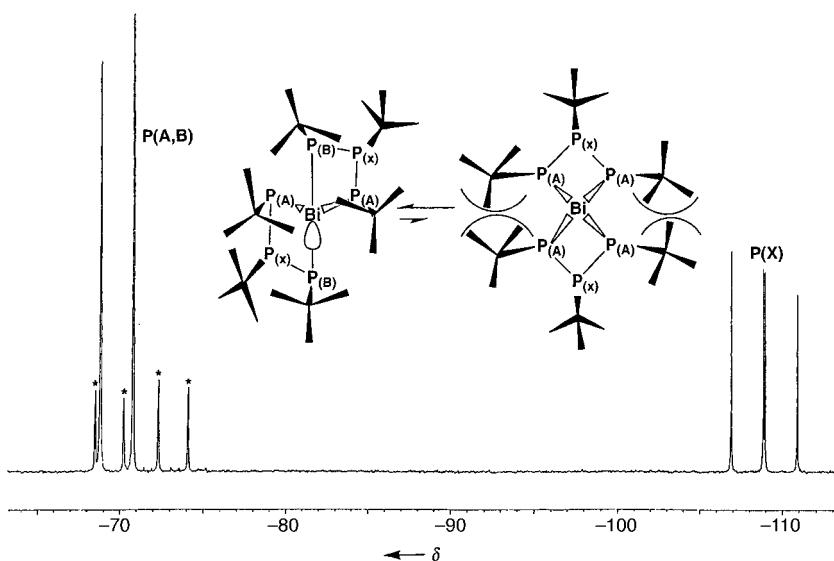


Abbildung 1. ³¹P-NMR-Spektrum von frischen und gealterten Reaktionsmischungen aus [Bi(NMe₂)₃] und [tBuPHLi] (50:50 in [D₈]THF, +25°C) sowie Darstellung der Berry-Pseudorotation. Näheres siehe Text.

schen und analytischen Standardmethoden nicht möglich war. ³¹P-NMR-Spektren (Raumtemperatur) von frischen und älteren Reaktionslösungen zufolge sind **1** und [tBuP]₄ (s, δ = -57.0) die Hauptprodukte.

Die Bildung des letztgenannten Produkts deutet auf das Ablauen ähnlicher Reaktionen hin wie zwischen [E(NMe₂)₃] (E = As, Sb) und primären Phosphidolithiumkomplexen.^[5, 6] Bemerkenswerte Merkmale des [tBuP]₃²⁻-Liganden in **1** sind die im ³¹P-NMR-Spektrum enthaltenen zwei Doublets von Doublets bei δ = -69.8 und -108.9 (Verhältnis 2:1) – und nicht wie erwartet ein Dublett und ein Tripplet (wie bei [{(tBuP)₃As}]⁻).^[8] Das ABX-System entspricht der statischen Struktur des [Bi{(tBuP)₃}₂]⁻-Ions in Lösung, in der die chemischen Verschiebungen der axialen und äquatorialen Phosphorzentren [P(A,B)] etwas voneinander abweichen und diese für sich mit dem zentralen Phosphorzentrum [P(X)] koppeln. Das Ausbleiben der Berry-Pseudorotation im [Bi{(tBuP)₃}₂]⁻-Ion bis zu 60°C in THF, die bei Vorliegen eines quadratisch-pyramidalen Intermediats nachweisbar sein müßte (Abbildung 1),^[9] liegt wahrscheinlich am sterischen Anspruch der tBu-Gruppe der terminalen Phosphorzentren.

Der bei tiefer Temperatur bestimmten Struktur von **1** im Kristall^[10] zufolge handelt es sich bei dem Komplex **1** um das solvensgetrennte Ionenpaar [Li(thf)₄]⁺[Bi{(tBuP)₃}₂]⁻. Das Anion in **1** besteht aus einem Bi^{III}-Zentrum, das von zwei kristallographisch unabhängigen [tBuP]₃²⁻-Ionen koordiniert ist (Abbildung 2). Die resultierende pseudo-trigonal-bipyramidale Umgebung des Metallzentrums (zehn Elektronen), dessen freie Koordinationsstelle charakteristisch für ein stereochemisch aktives freies Elektronenpaar ist, kommt bei Bi^{III}-Verbindungen recht selten vor; bei diesen führt die hohe Lewis-Acidität des Metallzentrums fast immer zu Koordinationszahlen > 4.^[11] Nur wenige Bi^{III}-haltige Anionen mit pseudo-trigonal-bipyramidaler Koordinationsgeometrie wurden bisher strukturell charakterisiert.^[12] Von großer Bedeutung ist, daß erst vor wenigen Jahren das erste binäre Bismut(III)-phosphid (BiP) hergestellt wurde^[13] und daß es

[*] Dr. M. A. Beswick, Dr. D. S. Wright, A. D. Hopkins, Dr. Y. G. Lawson, Dr. A. E. H. Wheatley
Chemistry Department, University of Cambridge
Lensfield Road, Cambridge CB2 1EW (Großbritannien)
Fax: (+44) 1223-336-362
E-mail: dsw1000@cus.cam.ac.uk.

Dr. N. Choi, Prof. M. McPartlin
School of Chemistry, University of North London
London N7 8DB (Großbritannien)
A. Rothenberger, Prof. D. Stalke
Institut für Anorganische Chemie
Universität Würzburg

[**] Diese Arbeit wurde von folgenden Einrichtungen und Firmen unterstützt: EPSRC (A.D.H., Y.G.L., M.McP.), Leverhulme Trust (M.A.B.), Electron Industries (A.D.H.), Gonville und Caius College, Cambridge, (A.E.H.W.), Gottlieb-Daimler-und-Karl-Benz-Stiftung (A.R.), ARC (D.S., D.S.W.), DFG (D.S.), Fonds der Chemischen Industrie (D.S.). Wir danken Dr. P. Grice (Cambridge) für die Aufnahme der COSY- und J-Spektren.

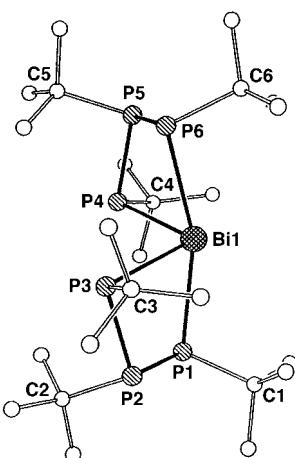


Abbildung 2. Struktur des Anions von **1** im Kristall. H-Atome wurden aus Gründen der Übersichtlichkeit weggelassen. Ausgewählte Bindungslängen [Å] und Winkel [°]: Bi1-P1 2.911(3), Bi1-P6 2.885(3), Bi1-P3 2.6304, Bi1-P4 2.651(3), P1-P2 2.177(5), P5-P6 2.174(5), P2-P3 2.240(5), P4-P5 2.236(5); P1-Bi1-P3 76.12(10), P4-Bi1-P6 75.78(11), P1-Bi1-P6 162.10(11), P1-Bi1-P4 91.50(11), P3-Bi1-P6 90.67(10), P1-P2-P3 101.6(2), P4-P5-P6 101.1(2).

keine Berichte über weitere molekulare Spezies gibt, die Bindungen zwischen Bismutzentren und anionischen Phosphorzentren aufweisen. Diese Tatsache spiegelt vermutlich die extrem hohe thermische Labilität solcher Verbindungen wider, die auch festes **1** aufweist.

Im Anion von **1** sind die axialen P-Bi-Bindungen (Bi1-P1 2.911(3), Bi1-P6 2.885(3) Å) deutlich länger als die äquatorialen (Bi1-P3 2.630(4), Bi1-P4 2.651(3) Å). Insgesamt sind diese Bindungslängen denen in strukturell charakterisierten Komplexen aus Bismut(III)-halogeniden und neutralen Phosphanliganden ähnlich (im Bereich von 2.654(8)-3.090(3) Å), in denen die Bismutkationen sechsfach koordiniert sind.^[4] Die pseudo-trigonal-bipyramidal Geometrie des $[\text{Bi}(t\text{BuP})_3]^{\cdot-}$ -Ions und der große Ionenradius von Bi^{III} führen zu merklicher Spannung im heterocyclischen P₃Bi-Ring. Dies wird vor allem am signifikant aufgeweiteten zentralen Winkel am Phosphorzentrums des $[\text{tBuP}]^{\cdot-}$ -Liganden (101.4°; zum Vergleich: Winkel im $[(t\text{BuP})_3\text{As}]^{\cdot-}$ -Ring von $[(t\text{BuP})_3\text{As}]\text{Li}(\text{tmeda})-(\text{thf}) = 91.4(2)^{\circ}$ ^[5]) sowie an den unterschiedlichen P-P-Bindungslängen deutlich. Sie spiegeln die starken Wechselwirkungen der terminalen Phosphorzentren des $[\text{tBuP}]^{\cdot-}$ -Liganden mit dem Bismutzentrum wider. Die P-P-Bindungen zu den axialen Phosphorzentren (P2,5-P1,6, im Mittel 2.176(5) Å) sind signifikant kürzer als die Bindungen zu den äquatorialen (P2,5-P3,4 im Mittel 2.238(5) Å; beide P-P-Bindungen in $[(t\text{BuP})_3\text{As}]^{\cdot-}$ sind ca. 2.20 Å lang^[5]).

Umsetzungen von $[\text{Bi}(\text{NMe}_2)_3]$ mit $[\text{tBuPHLi}]$ haben zum ersten strukturell charakterisierten Phosphidobismutkomplex geführt. Wir erhielten an diesem System bisher jedoch keine Hinweise auf die Bildung von Zintl-Verbindungen, die Bi_{n}^{x-} -Ionen enthalten. Dennoch hoffen wir, durch die Verwendung von geeigneten Liganden (z. B. Kryptanden) solche möglichen Produkte in Zukunft stabilisieren zu können.

Experimentelles

1: Zu einer Lösung von tBuPHLi (6.0 mmol) in THF/Hexan (4 mL/5 mL) wird bei -78°C tropfenweise eine Lösung von $\text{Bi}(\text{NMe}_2)_3$ (2.0 mmol,

0.8 mL, 2.5 mol L⁻¹ in THF) gegeben. Die Lösung wird 3 h bei -78°C gerührt und verfärbt sich dabei tiefrot unter Bildung eines Niederschlags von elementarem Bismut. Die Lösung wird langsam auf Raumtemperatur erwärmt. Bei -20°C ändert sich die Farbe, und bei Raumtemperatur bildet sich eine gelbe Lösung. Diese wird 15 min bei Raumtemperatur gerührt und anschließend langsam über viel Celite filtriert. Nach Lagern der Lösung bis zu vier Monaten erhält man **1** in Form gelber Kristalle in geringer Ausbeute. Versuche, den Komplex zu isolieren, scheiterten, da sich die Kristalle zu einem schwarzen Feststoff zersetzen. Dennoch ergaben ³¹P-NMR-Spektren (101.256 MHz, +25 °C, rel. zu 80proz. $\text{H}_3\text{PO}_4/\text{D}_2\text{O}$) von frisch bereiteten und älteren Reaktionslösungen (50:50-Mischung der Reaktanten in $[\text{D}_8]\text{THF}$), daß **1** immer als Hauptprodukt neben $[\text{tBuP}]_4$ gebildet wird (geringe Mengen diverser Nebenprodukte sind an Signalen bei $\delta = 0$ bis -50 erkennbar). $J_{\text{AX}} = 195.9$ Hz, $J_{\text{BX}} = 205.8$ Hz (Fehler = ± 1.7 Hz). Die gegenseitige Abhängigkeit der beiden Signale wurde durch ³¹P-COSY- und J-Spektrum-NMR-Experimente bestätigt. Zwar führt eine Erwärmung der Lösung zu einer Linienverbreiterung, doch wurde zwischen 25 und 60 °C keine Koaleszenz beobachtet.

eingegangen am 19. März 1999 [Z 13189]
International Edition: *Angew. Chem. Int. Ed.* **1999**, *38*, 3053–3055

Stichwörter: Bismut • Phosphide • Strukturaufklärung

- [1] W. Clegg, N. A. Compton, R. J. Errington, N. C. Norman, N. Wishart, *Polyhedron* **1989**, *8*, 1579; W. Clegg, N. A. Compton, R. J. Errington, G. A. Fisher, M. E. Green, D. R. Hockless, N. C. Norman, *Inorg. Chem.* **1991**, *30*, 4680.
- [2] M. Noltemeyer, H. W. Roesky, H. Schmidt, U. Wirsing, *Inorg. Chem.* **1994**, *33*, 4607; D. Barr, M. A. Beswick, A. J. Edwards, J. R. Galsworthy, M. A. Paver, M.-A. Rennie, C. A. Russell, P. R. Raithby, K. L. Verhorevoort, D. S. Wright, *Inorg. Chim. Acta* **1996**, *248*, 9; S. C. James, N. C. Norman, A. G. Orpen, M. J. Quayle, *J. Chem. Soc. Dalton Trans.* **1996**, 1455.
- [3] P. Jutzi, U. Meyer, S. Opiela, M. M. Olmstead, P. P. Power, *Organometallics* **1990**, *9*, 1459; M. A. Beswick, J. M. Goodman, C. A. Harmer, A. D. Hopkins, M. A. Paver, P. R. Raithby, A. E. H. Wheatley, D. S. Wright, *Chem. Commun.* **1997**, 1879.
- [4] W. Clegg, R. J. Errington, G. A. Fisher, M. E. Green, D. C. R. Hockless, N. C. Norman, *Chem. Ber.* **1991**, *124*, 2457; W. Clegg, R. J. Errington, R. J. Flynn, M. E. Green, D. C. R. Hockless, N. C. Norman, V. C. Gibson, K. Tavakkoli, *J. Chem. Soc. Dalton Trans.* **1992**, 1753; W. Clegg, M. R. J. Elsegood, N. C. Norman, N. L. Pickett, *J. Chem. Soc. Dalton Trans.* **1994**, 1753; W. Clegg, M. R. J. Errington, V. Graham, N. C. Norman, N. L. Pickett, K. Tavakkoli, *J. Chem. Soc. Dalton Trans.* **1994**, 1743; G. R. Willey, L. T. Daly, M. G. B. Drew, *J. Chem. Soc. Dalton Trans.* **1996**, 1063.
- [5] M. A. Beswick, N. Choi, A. D. Hopkins, M. McPartlin, M. E. G. Mosquera, P. R. Raithby, A. Rothenberger, D. Stalke, D. S. Wright, *Chem. Commun.* **1998**, 2485.
- [6] M. A. Beswick, N. Choi, A. D. Hopkins, C. N. Harmer, M. McPartlin, D. S. Wright, *Science* **1998**, *281*, 1500.
- [7] Obwohl Zintl berichtete, daß diese Ionen in flüssigem Ammoniak hergestellt werden können, gibt es bisher immer noch keine Strukturbelege für ihre Existenz. Siehe: E. Zintl, J. Goubeau, W. Dullenkof, *Z. Phys. Chem. A* **1931**, *154*, 1. Zum Beweis der analogen Sb_3^{3-} -Ionen siehe: M. Okada, R. Guidotti, J. D. Corbett, *Inorg. Chem.* **1968**, *7*, 2118.
- [8] Die Natur des $[\text{RP}]_3^{2-}$ -Ions war Gegenstand kontroverser Debatten. Für $[\text{PhP}]_3^{2-}$ wird ein AB₂-System beobachtet; K. Issleib, E. Fluck, *Angew. Chem.* **1966**, *78*, 597; *Angew. Chem. Int. Ed. Engl.* **1966**, *5*, 587; P. R. Hoffman, K. G. Caulton, *J. Am. Chem. Soc.* **1975**, *97*, 6370.
- [9] Rechnungen und spektroskopische Untersuchungen ergaben Werte von ca. 3.92–2.16 kcal mol⁻¹ für die Aktivierungsenergie der Pseudorotation in PF_5 und AsF_5 ; V. P. Spiridonov, L. S. Bernstein, J. J. Kim, K. S. Pitzer, S. Abramowitz, I. W. Levin, *J. Phys. Chem.* **1975**, *63*, 3671; L. S. Bernstein, S. Abramowitz, I. W. Levin, *J. Chem. Phys.* **1976**, *64*, 3228; A. A. Ischenko, L. S. Ivashkevich, *J. Mol. Struct.* **1981**, *72*, 153; C. Marsden, *J. Chem. Soc. Chem. Commun.* **1984**, 401.

- [10] Kristallstrukturanalyse von **1**: $C_{40}H_{86}BiLiO_4P_6$, $M_r = 1032.83$, monoklin, Raumgruppe $P2_1/n$, $Z = 4$, $a = 11.727(2)$, $b = 17.710(3)$, $c = 26.131(4)$ Å, $\beta = 102.268(4)^\circ$, $V = 5303.2(15)$ Å 3 , $\rho_{\text{ber.}} = 1.292$ Mg m $^{-3}$, $F(000) = 2136$, $\mu(\text{MoK}\alpha) = 3.538$ mm $^{-1}$, $T = 223(2)$ K. Die Datensammlung erfolgte auf einem Siemens-P4-Diffraktometer. 7316 Reflexe (5696 unabhängige, $R_{\text{int.}} = 0.0884$, absorptionskorrigiert $T_{\text{max.}} = 0.756$, $T_{\text{min.}} = 0.327$, 467 Parameter) wurden an einem schockgekühlten Kristall ($0.30 \times 0.30 \times 0.15$ mm 3) im Öltropfen im Bereich von $2.6^\circ \leq 2\theta \leq 42^\circ$ gesammelt. Der Kristall streute im hohen 2θ -Bereich allerdings nur schwach. Die Struktur wurde mit Direkten Methoden gelöst und mit Volle-Matrix-kleinste-Quadrat-Verfahren gegen F^2 verfeinert. Hohe Auslenkungsparameter für die Atome der THF-Liganden sprechen für eine Konformationsfehlordnung. Daraufhin wurden drei Kohlenstoffatome auf je zwei Positionen mit einem Besetzungsfaktor von ca. 0.5 verfeinert; chemisch äquivalente Bindungen in den Liganden wurden mit Restraints mit einer Standardabweichung von 0.01 Å einander angeglichen. Alle Nichtwasserstoffatome auf vollbesetzten Lagen wurden anisotrop verfeinert. Die Wasserstoffatome der Methylen- und Methylgruppen wurden auf idealisierten Lagen eingeführt und nach dem Reitermodell verfeinert. Max./min. Restelektronendichte 1.063/-1.270 e Å $^{-3}$. $R1 = 0.0654$ [$I > 2\sigma(I)$] und $wR2 = 0.1423$ (alle Daten). Verwendete Programme siehe Lit. [14]. Die kristallographischen Daten (ohne Strukturfaktoren) der in dieser Veröffentlichung beschriebenen Struktur wurden als „supplementary publication no. CCDC-114097“ beim Cambridge Crystallographic Data Centre hinterlegt. Kopien der Daten können kostenlos bei folgender Adresse in Großbritannien angefordert werden: CCDC, 12 Union Road, Cambridge CB21EZ (Fax: (+44) 1223-336-033; E-mail: deposit@ccdc.cam.ac.uk).
- [11] Zum Beispiel Bi III -Halogenide: A. Schier, J. M. Wallis, G. Müller, H. Schmidbauer, *Angew. Chem.* **1986**, 98, 742; *Angew. Chem. Int. Ed. Engl.* **1986**, 25, 757; N. J. Mammona, A. Zalkin, A. Landers, A. L. Rheingold, *Inorg. Chem.* **1977**, 16, 297; C. L. Raston, G. L. Rowbottom, A. H. White, *J. Chem. Soc. Dalton Trans.* **1981**, 1372; L. P. Battaglia, A. B. Corradi, I. M. Vezzosi, F. A. Zanol, *J. Chem. Soc. Dalton Trans.* **1990**, 1675.
- [12] D. H. R. Barton, B. Charpoit, E. T. H. Dau, W. B. Motherwell, C. Pascard, C. Pichon, *Helv. Chim. Acta* **1984**, 67, 586; X. Chen, Y. Yamamoto, K. Akiba, S. Yoshida, M. Yasui, F. Iwasaki, *Tetrahedron Lett.* **1992**, 33, 6653; S. Satoshi, M. Yasui, F. Iwasaki, Y. Yamamoto, X. Chen, K. Akiba, *Acta Crystallogr. Sect. B* **1994**, 50, 151.
- [13] C. J. Carmalt, A. H. Cowley, A. L. Hector, N. C. Norman, I. P. Parkin, *J. Chem. Soc. Chem. Commun.* **1994**, 1987; G. C. Allen, C. J. Carmalt, A. H. Cowley, A. L. Hector, S. Kamepalli, Y. G. Lawson, N. C. Norman, I. P. Parkin, L. K. Pickard, *Chem. Mater.* **1997**, 9, 1385.
- [14] a) N. Walker, D. Stuart, *Acta Crystallogr. Sect. A* **1983**, 39, 158; b) SHELXTL PC version 5.03, Siemens Analytical Instruments, Madison, WI, **1994**.

Doppelte Insertion von koordinierten Phosphanylalkinliganden in eine Pt-C₆F₅-Bindung**

Jonathan P. H. Charmant, Juan Forniés,* Julio Gómez, Elena Lalinde,* M. Teresa Moreno, A. Guy Orpen und Santiago Solano

Die Bildung von Kohlenstoff-Kohlenstoff-Bindungen durch Übergangsmetallvermittelte Reaktionen gehört zu den Hauptzielen der metallorganischen Chemie und spielt eine wichtige Rolle bei der Planung von effizienten und selektiven Prozessen.^[1] Die intramolekulare Kupplung von Alkinen und ähnlichen C₂-Liganden (Alkinyl, Vinyl, Vinyliden) ist besonders interessant, weil sie eine effektive Methode für die Synthese von nützlichen organischen Produkten ist.^[2] Die leichte Wanderung und Insertion von C≡C-Einheiten in M-H- und M-C-Bindungen scheint nicht nur für diese Reaktionen entscheidend zu sein, sondern auch für viele katalytische Prozesse.^[1, 2] In der Regel sind Bindungen zwischen einem Metall- und einem perfluorosubstituierten Kohlenstoffatom ziemlich inert gegenüber Insertionen, und man weiß nur sehr wenig über die Insertion von Acetylenfragmenten in die stabilen M-R_F-Bindungen.^[3]

Wir berichten hier über die erste doppelte Insertion von koordiniertem (Phenylethynyl)phosphoran PPh₂C≡CPh in eine Pt-C₆F₅-Bindung. Die Phosphanylalkine PPh₂C≡CR sind sehr vielseitige Verbindungen: Diese Liganden können nicht nur auf verschiedene Arten koordinieren,^[4] sondern in einigen Fällen unter Spaltung der P-C(Alkin)-Bindungen in Phosphid- und Alkinylfragmente übergehen, die weitere Kupplungsreaktionen mit geeigneten ungesättigten Molekülen eingehen können.^[4a,b, 5] Auch Insertionen in reaktive M-H- oder M-C-Bindungen sind bekannt,^[6] und in mehreren neuen Veröffentlichungen werden oxidative Alkinkupplungsprozesse mit diesen ungesättigten phosphorsubstituierten Alkinen beschrieben.^[7]

Wir haben kürzlich gezeigt, daß die Tetrahydrofuranliganden der sehr reaktiven Verbindung *cis*-[Pt(C₆F₅)₂(thf)₂] **1** leicht durch Alkine^[8a] oder Alkinylmetallkomplexe^[8b-d] ersetzt werden können. Die Reaktion von **1** mit *cis*-[PtX₂

[*] Prof. Dr. J. Forniés

Departamento de Química Inorgánica

Instituto de Ciencia de Materiales de Aragón

Universidad de Zaragoza-Consejo Superior de Investigaciones

Científicas

E-50009 Zaragoza (Spanien)

Fax: (+349) 76-761187

E-mail: forniesj@posta.unizar.es

Dr. E. Lalinde, Dr. M. T. Moreno, S. Solano

Departamento de Química

Universidad de La Rioja

E-26001 Logroño (Spanien)

Fax: (+349) 41-259431

E-mail: elena.lalinde@dq.unirioja.es

Dr. J. P. H. Charmant, J. Gómez, Prof. Dr. A. G. Orpen

School of Chemistry, University of Bristol (Großbritannien)

[**] Diese Arbeit wurde von der D.G.E.S. (Spanien, Projekt PB95-0003C02-01 02) und der Universität von La Rioja (Projekt API-99/B17, Stipendium für J.G.) gefördert.

Hintergrundinformationen zu diesem Beitrag (experimentelle Verfahren und spektroskopische Daten der Produkte) sind im WWW unter <http://www.wiley-vch.de/home/angewandte/> zu finden oder können beim Autor angefordert werden.