

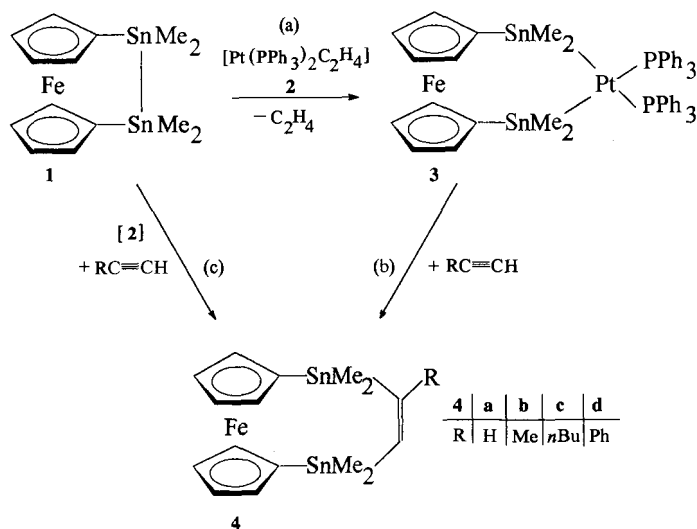
# Das erste 1,3-Distanna-2-platina[3]ferrocenophan und die Pt<sup>0</sup>-katalysierte Addition von 1,1,2,2-Tetramethyl-1,2-distanna[2]ferrocenophan an C-C-Dreifachbindungen\*\*

Max Herberhold,\* Udo Steffl, Wolfgang Milius und Bernd Wrackmeyer

Professor Cornelius G. Kreiter zum 60. Geburtstag gewidmet

Die Metall-katalysierte Distannylierung der C-C-Dreifachbindung ist seit geraumer Zeit bekannt;<sup>[1]</sup> die Reaktionen wurden vorwiegend in Gegenwart von [Pd(PPh<sub>3</sub>)<sub>4</sub>] als Katalysator durchgeführt.<sup>[2]</sup> Jedoch wurden mögliche Zwischenstufen wie *cis*-(R<sub>3</sub>Sn)<sub>2</sub>M(PPh<sub>3</sub>)<sub>2</sub>] (M = Pd, Pt) weder strukturell charakterisiert noch isoliert. Nur für einen einzigen Platinkomplex mit R = Me wurde anhand der <sup>1</sup>H-NMR- und IR-Daten eine Struktur vorgeschlagen,<sup>[3]</sup> ohne daß die Reaktivität gegenüber Alkinen überprüft wurde. Ein etwas besser charakterisierter Platinkomplex, *cis*-(Ph<sub>3</sub>Sn)<sub>2</sub>Pt(dppe)], mit Ph<sub>2</sub>PCH<sub>2</sub>CH<sub>2</sub>PPh<sub>2</sub> (dppe) anstelle der zwei PPh<sub>3</sub>-Liganden, wurde mit Multikern-NMR-Spektroskopie untersucht,<sup>[4]</sup> aber über Reaktionen mit Alkinen gibt es keine Information.

Kürzlich haben wir über die Synthese und Molekülstruktur des 1,2-Distanna[2]ferrocenophans **1** berichtet,<sup>[5]</sup> das ein erhebliches Potential zur Synthese neuartiger Ferrocenophane haben sollte.<sup>[6, 7]</sup> Wir zeigen hier, daß **1** glatt unter oxidativer Addition und Freisetzung von Ethylen (Schema 1, Weg (a)) mit



Schema 1. Synthesewege zu **4a–d**.

[Pt(PPh<sub>3</sub>)<sub>2</sub>C<sub>2</sub>H<sub>4</sub>] **2** zu 1,3-Distanna-2-platina[3]ferrocenophan **3** reagiert. Die Struktur von **3** im Kristall ist in Abbildung 1 dargestellt.<sup>[8]</sup> Über einen verwandten Komplex, 1,3-Digermana-2-platina[3]ferrocenophan Fe(C<sub>5</sub>H<sub>4</sub>GeMe<sub>2</sub>)<sub>2</sub>[Pt(dppe)], wurde vor kurzem berichtet.<sup>[9]</sup>

Das Platinatom liegt im Zentrum einer von den Liganden gebildeten verzerrt quadratisch-planaren Koordinationssphäre;

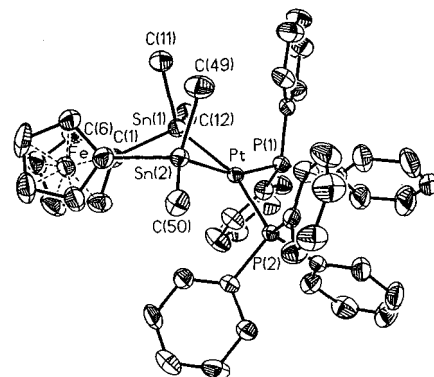
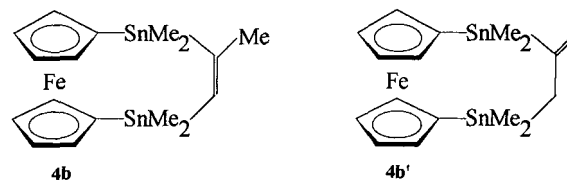


Abb. 1. Struktur von **3** im Kristall. Ausgewählte Bindungslängen [pm] und -winkel [°]: Sn(1)–Pt 264.4(1), Sn(2)–Pt 264.5(1), Sn(1)–C(1) 215.7(7), Sn(2)–C(6) 216.0(7), Sn–C(CH<sub>3</sub>) 217.0 (gemittelt), P(1)–Pt 230.8(2), P(2)–Pt 229.9(2); Pt–Sn(1)–C(1) 112.7(2), Pt–Sn(2)–C(6) 122.7(2), Sn(1)–Pt–Sn(2) 82.3(1), Sn(1)–Pt–P(1) 88.1(1), Sn(1)–Pt–P(2) 162.9(1), Sn(2)–Pt–P(1) 160.2(1), Sn(2)–Pt–P(2) 89.2(1), P(1)–Pt–P(2) 104.2(1).

die Ebenen P(1)–Pt–P(2) und Sn(1)–Pt–Sn(2) bilden einen Winkel von 20.7°. Einige wenige Komplexe mit einer derartigen Verzerrung sind bekannt, z. B. *cis*-(Et<sub>3</sub>P)<sub>2</sub>Pt(GeMe<sub>2</sub>Cl)<sub>2</sub>.<sup>[10]</sup> Die Mehrheit der [(R<sub>3</sub>P)<sub>2</sub>Pt(R')<sub>2</sub>]-Komplexe hat jedoch eine unverzerrte, planare Koordinationsgeometrie.<sup>[11]</sup> In **3** weichen die nahezu parallelen Cyclopentadienylringe (Neigungswinkel α = 2.3°) merklich von der ekliptischen Anordnung ab (Verdrillungswinkel τ = 17°). Die Bindungen Sn(1)–C(1) und Sn(2)–C(6) sind geringfügig aus der Ebene der Cyclopentadienylringe in Richtung Fe–Pt-Achse geneigt (β = 2.2 und 4°).

Die NMR-Spektren von **3** in Lösung (25 °C; CD<sub>2</sub>Cl<sub>2</sub>, siehe Experimentelles) zeigen einen intramolekularen, dynamischen Prozeß an (Aktivierungsenergie:<sup>[12]</sup> ΔG<sup>‡</sup> = 41.8 ± 2 kJ mol<sup>–1</sup>), der auf einen schnellen Platzwechsel der PPh<sub>3</sub>-Liganden in *cis*- und *trans*-Position relativ zu einem Zinnatom hinweist. Dies ergibt sich aus der gemittelten Kopplungskonstante |<sup>2</sup>J(<sup>119</sup>Sn, <sup>31</sup>P)| = 680.0 Hz sowohl im <sup>31</sup>P- als auch im <sup>119</sup>Sn-NMR-Spektrum. Bei –40 °C sind die <sup>117/119</sup>Sn-Satelliten, entsprechend <sup>2</sup>J(<sup>119</sup>Sn, <sup>31</sup>P)<sub>trans</sub> = –1574.5 Hz und <sup>2</sup>J(<sup>119</sup>Sn, <sup>31</sup>P)<sub>cis</sub> = +206 Hz, gut aufgelöst, und der Vergleich mit dem Mittelwert beweist, daß die Vorzeichen unterschiedlich sind. Dies stimmt mit dem Befund für [(Ph<sub>3</sub>Sn)<sub>2</sub>Pt(dppe)]<sup>[4]</sup> überein, wo jedoch in Lösung keine fluktuierende Struktur vorliegt. Im Fall von **3** kann eine Rotation des Pt(PPh<sub>3</sub>)<sub>2</sub>-Fragments um eine Achse angenommen werden, die die gedachte Verbindungslinie zwischen den beiden Zinnatomen halbiert.

Das dynamische Verhalten von Komplexen des Typs **3**, das hier zum ersten Mal beobachtet wird,<sup>[13]</sup> impliziert labile Pt–Sn-Bindungen, in die ungesättigte Einheiten wie C–C-Dreifachbindungen leicht inseriert werden können. Dies führt zu Übertragung des Sn–Sn-Fragments, entweder ausgehend von **3** in stöchiometrischen Reaktionen oder ausgehend von **1** in Gegenwart einer katalytischen Menge von **2**. Beide Reaktionen (Schema 1, Wege (b) und (c)) ergeben neue 1,4-Distanna-[4]ferrocenophane **4** in guten Ausbeuten. Im Fall von Propin entsteht eine 1:1-Mischung von **4b** und **4b'**. Die Pd<sup>0</sup>-katalysierte Addition von Sn<sub>2</sub>Me<sub>6</sub> an Propin ergibt selektiv ein zu **4b'** analoges



[\*] Prof. Dr. M. Herberhold, Dipl.-Chem. U. Steffl, Dr. W. Milius, Prof. Dr. B. Wrackmeyer  
Laboratorium für Anorganische Chemie der Universität  
Postfach 10 12 51, D-95440 Bayreuth  
Telefax: Int. + 921/552157  
E-mail: max.herberhold@uni-bayreuth.de.

[\*\*] Diese Arbeit wurde von der Deutschen Forschungsgemeinschaft und vom Fonds der Chemischen Industrie gefördert.

Produkt.<sup>[2f]</sup> In Abwesenheit von **2** findet keine Reaktion zwischen **1** und Alkinen statt. Unsere Versuche, **1** in Gegenwart von [Pd(PPh<sub>3</sub>)<sub>4</sub>] an Alkine<sup>[2]</sup> zu addieren, waren nicht erfolgreich, und wir konnten keine Bildung des zu **3** analogen Palladiumkomplexes beobachten. Die Struktur der Verbindung **4** in Lösung ergibt sich eindeutig aus dem konsistenten Satz der NMR-Daten (siehe Experimentelles). Die Reaktion zwischen **1** und **2** ermöglicht eine Untersuchung struktureller und dynamischer Besonderheiten von **3**, dem ersten 1,3-Distanna-2-platina-[3]ferrocenophan und der ersten, vollständig charakterisierten Zwischenstufe einer Metall-katalysierten Distannylierung. Die neuen 1,4-Distanna[4]ferrocenophane **4** sind wegen ihrer reaktiven Sn-C-Bindungen attraktive Edukte für weitere Umwandlungen.

### Experimentelles

**3:** Eine Lösung von **1** (0.11 g, 0.22 mmol) in Diethylether (10 mL) wurde langsam zu **2** (0.16 g, 0.22 mmol) in Toluol (10 mL) getropft, und die Mischung wurde bei Raumtemperatur 12 h gerührt. Nach ca. 10 min fiel ein gelbes Produkt aus. Dekantieren, Waschen mit Toluol und Ether und Trocknen ergab 0.19 g (69.5%) **3** als gelben Feststoff, Schmp. 185 °C (Zersetzung). <sup>1</sup>H-NMR (CD<sub>2</sub>Cl<sub>2</sub>, 500 MHz, [J(<sup>195</sup>Pt,<sup>1</sup>H)], [J(<sup>119</sup>Sn,<sup>1</sup>H)]): δ = -0.41 (s, 12H, Me<sub>2</sub>Sn, [6.6], (44.3)), 4.02 (m, 4H, 2,5-H, (7.6)), 4.15 (m, 4H, 3,4-H), 7.09–7.42 (m, 30H, C<sub>6</sub>H<sub>5</sub>); <sup>13</sup>C-NMR (CD<sub>2</sub>Cl<sub>2</sub>, 125.8 MHz, [J(<sup>195</sup>Pt,<sup>13</sup>C)], [J(<sup>119</sup>Sn,<sup>13</sup>C)]): δ = -3.0 (Me<sub>2</sub>Sn, [57.1], (211.7)), [15.7]), 79.3 (C-1, [96.0], [4.8]), 75.4 (C-2,5, [9.5], (38.6)), 69.6 (C-3,4, [6.0], (29.1)), 128.4 (C-1), 134.3 (C-2,6, [23.0], [12.9]), 128.1 (C-3,5, [1.8], [10.1]), 129.9 (C-4); <sup>31</sup>P-NMR (CD<sub>2</sub>Cl<sub>2</sub>, 101.2 MHz, 25 °C, [J(<sup>195</sup>Pt<sup>31</sup>P)], [J(<sup>119</sup>Sn<sup>31</sup>P)]: δ = 31.6 ([2627.9], (680.0)); <sup>119</sup>Sn-NMR (CD<sub>2</sub>Cl<sub>2</sub>, 93.3 MHz, [J(<sup>195</sup>Pt<sup>119</sup>Sn)], [J(<sup>119</sup>Sn<sup>117</sup>Sn)]: δ = 27.5 ([9056], (350.0)); <sup>195</sup>Pt-NMR (CD<sub>2</sub>Cl<sub>2</sub>, 107.1 MHz, [J(<sup>195</sup>Pt<sup>31</sup>P)]: δ = -762.3 ([2640]).

**4:** Allgemeine Vorschrift, ausgehend von **3**: Das jeweilige Alkin wird zu einer Lösung von **3** (0.12 g, 0.1 mmol) in THF (30 mL) gegeben und die Mischung mehrere Stunden lang auf 65 °C erhitzt. Das Lösungsmittel wird im Vakuum abgezogen und der Rückstand in Hexan aufgenommen. Nach der Filtration wird das Filtrat zur Trockne eingeengt. Säulenchromatographie über Kieselgel mit Hexan als Laufmittel gibt **4a–d** als orange Öle.

**4:** Allgemeine Vorschrift, ausgehend von **1**: Eine Lösung von **1** (0.12 g, 0.25 mmol), Alkin (0.3 mmol) und **2** (0.01 Äquiv.) in THF (30 mL) wird 72 h unter Rückfluß erhitzt. Aufarbeitung wie oben beschrieben ergibt **4c,d**.

**4a:** EI MS: *m/z* (%) 508 (100) [*M*<sup>+</sup>]. <sup>1</sup>H-NMR (C<sub>6</sub>D<sub>6</sub>, 500 MHz, [J(<sup>119</sup>Sn,<sup>1</sup>H)]: δ = 0.29 (s, 12H, Me<sub>2</sub>Sn, (54.9)), 4.06 (m, 4H, 2,5-H, (10.6)), 4.25 (m, 4H, 3,4-H, (6.1)), 7.43 (s, 2H, HC=CH, (131.8), (204.6)); <sup>13</sup>C-NMR (C<sub>6</sub>D<sub>6</sub>, 125.8 MHz, [J(<sup>119</sup>Sn<sup>13</sup>C)]: δ = -8.0 (Me<sub>2</sub>Sn, (356.2)), 66.7 (C-1, (499.7), (2.0)), 71.5 (C-3,4, (41.1)), 74.7 (C-2,5, (52.8)), 154.9 (C=C, (528.2), (31.7)); <sup>119</sup>Sn-NMR (C<sub>6</sub>D<sub>6</sub>, 93.3 MHz, [J(<sup>119</sup>Sn<sup>117</sup>Sn)]: δ = -71.7 ((444.2)).

**4b:** EI MS: *m/z* (%) 524 (100) [*M*<sup>+</sup>]. <sup>1</sup>H-NMR (C<sub>6</sub>D<sub>6</sub>, 250 MHz, [J(<sup>119</sup>Sn<sup>1</sup>H)]: δ = 0.30 (s, 6H, Me<sub>2</sub>Sn, (54.8)), 0.24 (s, 6H, Me<sub>2</sub>Sn, (53.5)), 2.17 (d, 3H, Me, (49.7), (10.6), <sup>4</sup>J(<sup>1</sup>H<sup>1</sup>H) = 1.7), 4.06 (m, 4H, 2,5-H), 4.26 (m, 4H, 3,4-H), 6.81 (q, 2H, HC=C, (204.8), (102.0), [1.7]); <sup>13</sup>C-NMR (C<sub>6</sub>D<sub>6</sub>, 62.9 MHz, [J(<sup>119</sup>Sn<sup>13</sup>C)]: δ = -7.7 (Me<sub>2</sub>Sn, (356.4)), -7.9 (Me<sub>2</sub>Sn, (340.1)), 33.9 (Me, (113.4), (86.1)), 67.3 (C-1, (494.6), (2.0)), 67.0 (C-1, (496.4), (2.4)), 71.44 (C-3,4, (40.2)), 71.38 (C-3,4, (40.2)), 75.0 (C-2,5, (51.2)), 74.9 (C-2,5, (50.1)), 144.1 (HC=C, (556.9), (73.0)), 163.4 (HC=C-CH<sub>3</sub>, (544.8), (34.8)); <sup>119</sup>Sn-NMR (C<sub>6</sub>D<sub>6</sub>, 93.3 MHz, [J(<sup>119</sup>Sn<sup>117</sup>Sn)]: δ = -73.1 ((349.2)), -61.5 ((349.2)).

**4b:** EI MS: *m/z* (%) 524 (100) [*M*<sup>+</sup>]. <sup>1</sup>H-NMR (C<sub>6</sub>D<sub>6</sub>, 250 MHz, [J(<sup>119</sup>Sn<sup>1</sup>H)]: δ = 0.31 (s, 6H, Me<sub>2</sub>Sn, (53.5)), 0.29 (s, 6H, Me<sub>2</sub>Sn, (54.2)), 2.30 (s, br, 2H, CH<sub>2</sub>, (70.9)), 4.06 (m, 4H, 2,5-H), 4.26 (m, 4H, 3,4-H), 5.08 (d, 1H, HC=C, (80.1), (27.3), <sup>2</sup>J(<sup>1</sup>H<sup>1</sup>H) = 2.3), 5.66 (dt, 1H, HC=C, (166.4), (25.9), <sup>2</sup>J(<sup>1</sup>H<sup>1</sup>H) = 2.3); <sup>13</sup>C-NMR (C<sub>6</sub>D<sub>6</sub>, 62.9 MHz, [J(<sup>119</sup>Sn<sup>13</sup>C)]: δ = -9.1 (Me<sub>2</sub>Sn, (362.9)), -9.2 (Me<sub>2</sub>Sn, (347.4)), 25.2 (CH<sub>2</sub>, (324.6), (55.6)), 67.8 (C-1, (471.4)), 67.1 (C-1, (484.3)), 71.29 (C-3,4, (40.2)), 71.20 (C-3,4, (40.2)), 74.7 (C-2,5, (53.4)), 74.6 (C-2,5, (51.2)), 120.7 (C=CH<sub>2</sub>, (49.0), (40.2)), 152.7 (C=CH<sub>2</sub>, (518.8), (54.5)); <sup>119</sup>Sn-NMR (C<sub>6</sub>D<sub>6</sub>, 93.3 MHz, [J(<sup>119</sup>Sn<sup>117</sup>Sn)]: δ = -40.1 ((96.9)), -17.9 ((96.9)).

Alle anderen Verbindungen **4** wurden in gleicher Weise dargestellt.

Eingegangen am 24. Januar 1997 [Z 10032]

**Stichworte:** Alkine · Eisen · Homogene Katalyse · Sandwichkomplexe · Zinn

[1] a) E. J. Bulten, H. A. Budding, J. G. Noltes, *J. Organomet. Chem.* **1970**, 22, C5–C6; b) E. J. Bulten, H. A. Budding, *ibid.* **1974**, 78, 385–393; c) E. Piers, R. T. Skerlj, *J. Chem. Soc. Chem. Commun.* **1986**, 626–627.

[2] a) T. N. Mitchell, A. Amamria, H. Killing, *J. Organomet. Chem.* **1983**, 241, C45–C47; b) H. Killing, T. N. Mitchell, *Organometallics* **1984**, 3,

1917–1919; c) H. Killing, T. N. Mitchell, *ibid.* **1984**, 3, 1318–1320; d) T. N. Mitchell, N. M. Dornseifer, A. Rahm, *J. High Pressure Res.* **1991**, 7, 165; e) T. N. Mitchell, B. Kowall, *J. Organomet. Chem.* **1992**, 437, 127–130; f) T. N. Mitchell, A. Amamria, H. Killing, D. Rutschow, *ibid.* **1986**, 304, 257–265; g) T. N. Mitchell, U. Schneider, *ibid.* **1991**, 407, 319–327; h) M. Niestroj, W. P. Neumann, T. N. Mitchell, *ibid.* **1996**, 519, 45–68.

[3] M. Akhtar, H. C. Clark, *J. Organomet. Chem.* **1970**, 22, 233–240.

[4] W. McFarlane, N. H. Rees, *J. Chem. Soc. Dalton Trans.* **1990**, 3211–3214.

[5] M. Herberhold, U. Steffl, W. Milius, B. Wrackmeyer, *Angew. Chem.* **1996**, 108, 1927–1928; *Angew. Chem. Int. Ed. Engl.* **1996**, 35, 1803–1804.

[6] Zum Beispiel inserieren Sauerstoff, Schwefel, Selen und Tellur in die Sn-Sn-Bindung von **1** unter Bildung von 1,3-Distanna-2-chalkogena[3]ferrocenophanen: M. Herberhold, U. Steffl, W. Milius, B. Wrackmeyer, *J. Organomet. Chem.* **1997**, im Druck.

[7] a) M. Herberhold, „Ferrocene Compounds containing Heteroelements“ in *Ferrocenes, Homogeneous Catalysis, Organic Synthesis, Material Science* (Hrsg.: A. Togni, T. Hayashi), VCH, Weinheim, **1995**, S. 219–238; b) M. Herberhold, *Angew. Chem.* **1995**, 107, 1985–1987; *Angew. Chem. Int. Ed. Engl.* **1995**, 34, 1837–1840; c) I. Manners, *ibid.* **1996**, 108, 1712–1731 bzw. **1995**, 35, 1602–1621.

[8] Kristallstrukturanalyse von **3**: C<sub>30</sub>H<sub>30</sub>FeP<sub>2</sub>Sn<sub>2</sub>, orange Prismen mit den Abmessungen 0.25 × 0.20 × 0.15 mm<sup>3</sup>; **3** kristallisiert in der triklinen Raumgruppe *P*<sub>1</sub> mit den Gitterparametern *a* = 11.929(2), *b* = 12.538(2), *c* = 15.654(2) Å, α = 86.14(2), β = 81.81(2), γ = 74.85(2)°, *Z* = 2, μ(MoKα) = 3.981 mm<sup>-1</sup>. Auf einem SIEMENS-P4-Diffraktometer mit MoKα-Strahlung (λ = 71.073 pm, Graphit-Monochromator) wurden 14670 Reflexe im Bereich von 2° ≤ 2θ ≤ 60° (*T* = 296 K) gesammelt. Die Struktur wurde mit 12944 unabhängigen und 10475 beobachteten Reflexen mit dem Programm SHELXTL PLUS gelöst und verfeinert (*R*<sub>o</sub> ≥ 2.0σ(*F*<sub>o</sub>)). Die Daten wurden empirisch für Absorptionseffekte unter Verwendung von *ψ*-Scans von 10 ausgesuchten Reflexen korrigiert (min./max. Transmissionsfaktoren: 0.3131/1.0000). Alle Nichtwasserstoffatome wurden anisotrop verfeinert, die Wasserstoffatome befinden sich in den berechneten Positionen. Die Verfeinerung konvergierte mit 506 Parametern bei *R*/*wR*-Werten von 0.0571/0.0390 mit *w*<sup>-1</sup> = σ<sup>2</sup>(*F*<sub>o</sub>); die max./min. Restelektronendichte war 3.72/–3.60 e Å<sup>-3</sup>. Die kristallographischen Daten der in dieser Veröffentlichung beschriebenen Struktur wurden als supplementary publication no. CCDC-100122 beim Cambridge Crystallographic Data Centre hinterlegt. Kopien der Daten können kostenlos bei folgender Adresse in Großbritannien angefordert werden: The Director, CCDC, 12 Union Road, Cambridge CB2 1EZ (Telefax: Int. +1223/336033; E-mail: deposit@chemcrs.cam.ac.uk).

[9] J. Barrau, G. Rima, V. Cassana, J. Satgé, *Organometallics* **1995**, 14, 5700–5703.

[10] H. Yamashita, T. Kobayashi, M. Tanaka, *Organometallics* **1992**, 11, 2330–2333.

[11] a) G. Lesley, P. Nguyen, N. J. Taylor, T. B. Marder, A. J. Scott, W. Clegg, N. C. Norman, *Organometallics* **1996**, 15, 5137–5154; b) T. Ishiyama, N. Matsuda, M. Murata, F. Ozawa, A. Suzuki, N. Miyaura, *ibid.* **1996**, 15, 713–720.

[12] J. Sandström, *Dynamic NMR Spectroscopy*, Academic Press, New York, **1982**, S. 96.

[13] a) Wir haben den bekannten Komplex [(Me<sub>3</sub>Sn)<sub>2</sub>Pt(PPh<sub>3</sub>)<sub>2</sub>] (**3**) hergestellt, der im Gegensatz zur Angabe in Lit. [3] in der *cis*-Konfiguration vorliegt. Sein dynamisches Verhalten, welches in Lit. [3] nicht angesprochen wird, ist dem von **3** analog. b) Für [Ph<sub>3</sub>Ge(Ph<sub>3</sub>GeHg)Pt(PPh<sub>3</sub>)<sub>2</sub>] wurde eine ähnliche Molekülbewegung berichtet; jedoch wurde ein Übergangszustand mit tetraedrisch umgebenem Platin angenommen: Yu. K. Grishin, V. A. Roznyatovsky, Yu. A. Ustynyuk, S. N. Titova, G. A. Domrachev, G. A. Razuvaev, *Polyhedron* **1983**, 2, 895–899.

## Relative Wanderungsneigung von Substituenten und Stereochemie der dyotropen Ringerweiterung von β-Lactonen

Johann Mulzer,\* Karsten Hoyer und Anke Müller-Fahrnow

Professor Dieter Seebach zum 60. Geburtstag gewidmet

Bei dyotropen Reaktionen vom Typ 1 tauschen zwei Substituenten bezüglich einer C-C-Einfachbindung die Positionen (Schema 1).<sup>[1]</sup> Die wechselseitige 1,2-Verschiebung ist reversi-

[\*] Prof. Dr. J. Mulzer

Institut für Organische Chemie der Universität  
Währinger Straße 38, A-1090 Wien (Österreich)  
Telefax: Int. +1/31367-2280

Dipl.-Chem. K. Hoyer, Institut für Organische Chemie der  
Universität Frankfurt am Main

Dr. A. Müller-Fahrnow, Institut für Physikochemie der Schering AG, Berlin