

- [12] K. Watanabe, K. Sawabe, Y. Matsumoto, *Phys. Rev. Lett.* **1996**, *76*, 1751–1754.
- [13] R. M. Jaeger, H. Kühlenbeck, H.-J. Freund, M. Wuttig, W. Hoffmann, R. Franchy, H. Ibach, *Surf. Sci.* **1991**, *259*, 235–252.
- [14] J. Libuda, F. Winkelmann, M. Bäumer, H.-J. Freund, T. Bertrams, H. Neddermeyer, K. Müller, *Surf. Sci.* **1994**, *318*, 61–73.
- [15] M. Bäumer, J. Libuda, H.-J. Freund in *Chemisorption and Reactivity on Supported Clusters and Thin Films* (Hrsg.: R. M. Lambert, G. Pacchioni), Kluwer, Dordrecht, **1997**, S. 61.
- [16] M. Menges, B. Baumeister, K. Al-Shamery, H.-J. Freund, C. Fischer, P. Andresen, *Surf. Sci.* **1994**, *316*, 103–111.
- [17] 1 Langmuir (Symbol L) entspricht 1×10^{-6} s Torr = 1.33×10^{-6} smbar.
- [18] Bei dieser Bedeckung wird eine $(\sqrt{3} \times \sqrt{3})R30^\circ$ -LEED-Überstruktur von CD₄ auf Pd(111) beobachtet.^[10]
- [19] Die typische Bestrahlungsbedingung war 2.5 mJ cm⁻² pro Puls bei 4 Hz Wiederholrate und Einfall der Strahlung normal zur Oberfläche.
- [20] Die Messung wurde bei m/z 19 (CD₃H) statt bei m/z 20 (CD₄) durchgeführt, um die Desorption von anderen Teilen als der Probenoberfläche zu vermeiden. Wegen der hohen Wasserstoffabsorption von Palladium adsorbiert restliches H₂ aus der UHV-Kammer dissoziativ auf den Pd-Clustern und bildet sogar bei Drücken unterhalb 10^{-10} mbar Wasserstoffadsorbate während des Experimentes. Dies ermöglicht die hintergrundfreie Messung der rekombinativen Desorption von CD₃(ads) + H(ads) → CD₃H(g).
- [21] Diese Abbildung zeigt das Verhältnis zwischen umgesetztem und nichtumgesetztem Methan nach Sättigung der Reaktion.
- [22] J. Yoshinobu, H. Ogasawara, M. Kawai, *Phys. Rev. Lett.* **1995**, *75*, 2176–2179.
- [23] Y. Akinaga, T. Taketsugu, K. Hirao, *J. Chem. Phys.* **1997**, *107*, 415–424.
- [24] Y. Akinaga, T. Taketsugu, K. Hirao, *J. Chem. Phys.* **1998**, *109*, 11010–11017.
- [25] D. R. Jennison, persönliche Mitteilung.
- [26] D. R. Jennison, E. B. Stechel, A. R. Burns, Y. S. Li, *Nucl. Instrum. Methods Phys. Res. Sect. B* **1995**, *101*, 22–30.
- [27] „Work function of Pd“: *Handbook of Chemistry and Physics* (Hrsg.: D. R. Lide), CRC Press, Boca Raton, FL, **1997–1998**.
- [28] Der Bindungsenergie des HOMO von CH₄ auf Pt(111) zufolge wird die Ionisierungsenergie nicht wesentlich durch die Adsorption beeinflusst (D. J. Alberas-Sloan, J. M. White, *Surf. Sci.* **1997**, *365*, 212–228).

Synthese, Charakterisierung und Kristallstruktur von Cyclotrisilen: ein dreigliedriger Ring mit einer Si-Si-Doppelbindung**

Masaaki Ichinohe, Tadahiro Matsuno und Akira Sekiguchi*

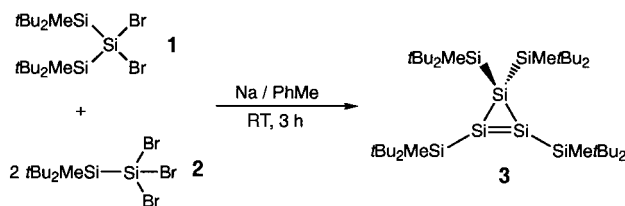
Seit der Synthese von Mes₂Si=SiMes₂ (Mes = 2,4,6-Trime-thylphenyl)^[2] und (Me₃Si)₂Si=C(OSiMe₃)Ad (Ad = 1-Adamantyl)^[3] wurden mehrere Silcium- und Germaniumverbindungen mit Doppelbindungen synthetisiert.^[1] Seitdem hat

sich die Zahl ungesättigter Verbindungen mit Elementen der Gruppe 14 explosionsartig erhöht.^[1] 1996 wurden erstmals Verbindungen mit endocyclischen Si-Si-Doppelbindungen von Kira et al. beschrieben,^[4] und zwei Jahre später berichteten Wiberg et al. über die Reaktion von Tetrakis(tert-butylsilyl)tetrasilatetrahedran mit Iod.^[5]

Wir beschrieben 1995 die erste erfolgreiche Synthese von Cyclotrigermenderivaten, die ein ungesättigtes, dreigliedriges Ringgerüst aufweisen und kristallstrukturanalytisch charakterisiert wurden.^[6] Ebenfalls konnten wir zeigen, daß Cyclotrigermeniumionen zugänglich sind: Wir synthetisierten freie Gernylkationen mit 2π-Elektronensystemen durch Oxidation von Cyclotrigermenen mit Trityltetraarylboraten (Trityl = Triphenylmethyl).^[7] Cyclotrisilen (R₄Si₃), ein dem Cyclopropan (R₄C₃) und dem Cyclotrigermen (R₄Ge₃) analoges Molekül, ist sehr interessant, da es einen dreigliedrigen, ungesättigten Ring enthält. Eine kürzlich von Kira et al. veröffentlichte Arbeit, in der die Synthese von Cyclotrisilen beschrieben wird, veranlaßte uns, unsere eigenen Ergebnisse über Cyclotrisilen zu publizieren.^[8] Wir berichten hier über die erfolgreiche Synthese symmetrisch substituierter Cyclotrisilene sowie die erste röntgenstrukturanalytisch bestimmte Kristallstruktur eines Cyclotrisilenderivats.

Zur Synthese gespannter Moleküle wie Cyclotrigermen und Cyclotrisilen ist die Wahl einer geeigneten Schutzgruppe unabdingbar. Die Mehrfachbindungen zwischen schweren Hauptgruppenelementen können zumeist durch Verwendung sterisch anspruchsvoller Substituenten stabilisiert werden. Den Ergebnissen von Rechnungen zufolge, mit denen die elektronischen Einflüsse von Substituenten untersucht wurden, verringern elektropositive Substituenten wie Silylgruppen die Ringspannung in dreigliedrigen Ringen aus Elementen der Gruppe 14 beträchtlich.^[9] Wir haben daher die *t*Bu₂MeSi-Gruppe zum Schutz des Cyclotrisilengerüsts verwendet.

Die Reaktion von 2,2-Dibrom-1,1,3,3-tetra(tert-butyl)-1,3-dimethyltrisilan **1** (1 Äquiv.) und 2,2,2-Tribrom-1,1-di(tert-butyl)-1-methyldisilan **2** (2 Äquiv.) mit Natrium in Toluol führte sofort zu einer dunkelroten Lösung, die Tetrakis(di-tert-butylmethylsilyl)cyclotrisilen **3** enthielt (Schema 1). Der



Schema 1. Synthese von **3**.

Mechanismus der Bildung von **3** ist unbekannt, allerdings ist die *t*Bu₂MeSi-Gruppe für die Bildung des Cyclotrisilenrings essentiell. Nur bei einer kurzen Reaktionszeit kann **3** isoliert werden; längere Reaktionszeiten könnten zu weitergehender Reduktion führen. Reines **3** wurde in Form rotorangefarbener Kristalle durch Umkristallisieren aus Hexan erhalten. Die Verbindung **3** ist luft- und feuchtigkeitsempfindlich, und sie wird sofort farblos, wenn sie der Luft ausgesetzt wird. Allerdings ist **3** thermisch stabil und schmilzt bei 207 °C ohne

[*] Prof. Dr. A. Sekiguchi
Department of Chemistry
University of Tsukuba
Tsukuba, Ibaraki 305-8571 (Japan)
Fax: (+81)298-53-4314
E-mail: sekiguchi@staff.chem.tsukuba.ac.jp

Dr. M. Ichinohe, Dipl.-Chem. T. Matsuno
Department of Chemistry, University of Tsukuba
Tsukuba, Ibaraki 305-8571 (Japan)

[**] Diese Arbeit wurde vom japanischen Ministerium für Bildung, Wissenschaft, Sport und Kultur (Nr. 09239101, 10146208, 10304051) und von der TARA-Stiftung (Tsukuba Advanced Research Alliance) unterstützt.

Zersetzung. Mit 2,3-Dimethyl-1,3-butadien und *tert*-Butylalkohol reagierte **3** bei Raumtemperatur nicht, was an der großen sterischen Überfrachtung liegt.

Die Struktur von **3** wurde massenspektrometrisch, ^1H -, ^{13}C - und ^{29}Si -NMR-spektroskopisch sowie röntgenstrukturanalytisch bestimmt. Den an $[\text{D}_6]\text{Benzol}$ -Lösungen von **3** erhaltenen NMR-Daten zufolge liegt eine hochsymmetrische Struktur vor. Daher sind in den ^1H - und ^{13}C -NMR-Spektren von **3** in $[\text{D}_6]\text{Benzol}$ für die $t\text{BuMe}_2\text{Si}$ -Gruppen nur zwei Arten von Signalen enthalten (siehe *Experimentelles*). Das ^{29}Si -NMR-Spektrum enthielt Signale bei $\delta = -127.3$, 7.9, 27.1 und 97.7. Das Signal bei niedrigstem Feld ($\delta = 97.7$) wird den ungesättigten Siliciumatomen der $t\text{Bu}_2\text{MeSi-Si=}$ Einheiten zugeordnet, und das Signal bei hohem Feld ($\delta = -127.3$) dem gesättigten Siliciumatom des $(t\text{Bu}_2\text{MeSi})_2\text{Si}$ -Rings. Das Massenspektrum enthält keine Signale von Moleküllionen, aber ein sehr schwaches bei m/z 656 [$M^+ - t\text{Bu}$] und relativ intensitätsstarke Signale im Bereich m/z 555–560, die mit der Formel $\text{C}_{27}\text{H}_{63}\text{Si}_6$ in Einklang sind. Diese Signale können dem $\text{Tris}(\text{di-tert-butylmethylsilyl})\text{cyclotrisilenium}$ -Ion zugeordnet werden, das durch Abspaltung einer $t\text{Bu}_2\text{MeSi}$ -Gruppe entsteht.

Die Molekülstruktur von **3** wurde röntgenstrukturanalytisch bestätigt (Abbildung 1).^[10] Der Kristallstruktur von **3**

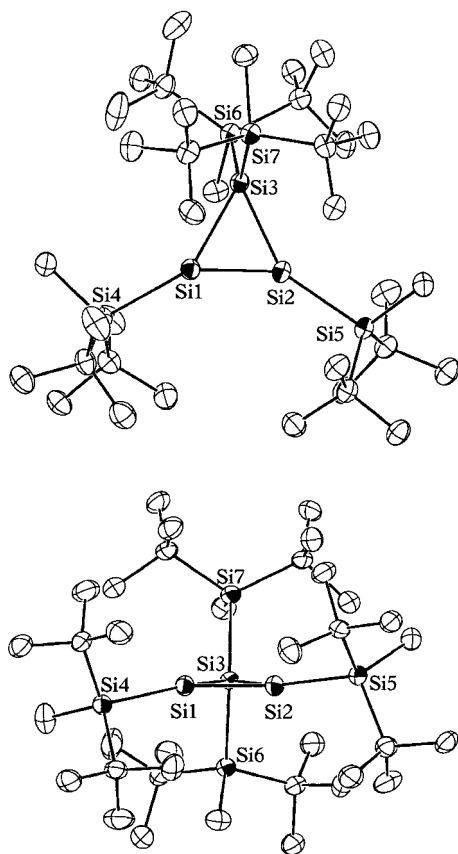


Abbildung 1. ORTEP-Darstellung der Struktur von **3**. Oben: Ansicht von oben; unten: Seitenansicht (die Wasserstoffatome sind der Übersichtlichkeit halber weggelassen). Ausgewählte Bindungslängen [Å], Winkel [°] und Torsionswinkel [°]: Si1–Si2 2.138(2), Si1–Si3 2.364(3), Si1–Si4 2.371(3), Si2–Si3 2.352(3), Si2–Si5 2.367(3), Si3–Si6 2.401(3), Si3–Si7 2.403(3); Si2–Si1–Si3 62.8(1), Si2–Si1–Si4 146.4(2), Si3–Si1–Si4 148.3(1), Si1–Si2–Si3 63.3(1), Si1–Si2–Si5 146.3(2), Si3–Si2–Si5 148.5(2), Si1–Si3–Si2 53.9(1), Si6–Si3–Si7 122.0(1); Si4–Si1–Si2–Si5 31.9(2).

zufolge weist das Molekül keine Symmetrie auf. Die Umgebung der Si–Si-Doppelbindung ist nicht planar, wie die Summe der Bindungswinkel an den ungesättigten Siliciumatomen belegt (357.5° für Si1 und 358.1° für Si2). Das Cyclotrisilen weist eine verdrehte Si–Si-Doppelbindung auf, was wahrscheinlich eine Folge der verdeckten Anordnung der beiden an den ungesättigten Siliciumatomen befindlichen $t\text{Bu}_2\text{MeSi}$ -Gruppen ist. Das $t\text{Bu}_2\text{Si}$ -substituierte Cyclotrisilen weist hingegen eine planar umgebene Ge–Ge-Doppelbindung auf. Der Si4–Si1–Si2–Si5-Torsionswinkel beträgt $31.9(2)^\circ$. Die Si=Si-Bindung von **3** ist 2.138(2) Å lang und damit eine der bislang kürzesten Si=Si-Bindungen (2.138–2.261 Å).^[11] Die Si–Si-Einfachbindungen in **3**, besonders die zwischen dem gesättigten Siliciumatom im dreigliedrigen Ring und denen der Substituenten (Si3–Si5 2.401(3), Si3–Si7 2.403(3) Å) sind etwas länger als gewöhnliche Si–Si-Einfachbindungen (2.34 Å). Der dreigliedrige Ring ist ein nahezu gleichschenkeliges Dreieck mit Bindungswinkeln von $62.8(1)^\circ$, $63.3(1)^\circ$ und $53.9(1)^\circ$.

Experimentelles

3: Eine Mischung aus **1** (1.01 g, 2.01 mmol) und **2** (1.78 g, 4.10 mmol) in Toluol (10 mL) wurde bei Raumtemperatur zu in Toluol (10 mL) dispergiertem Natrium (0.95 g, 41.3 mmol) gegeben. Die Reaktion wurde gaschromatographisch verfolgt, wobei **2** nach 3 h nicht mehr nachweisbar war. Zu dieser Zeit waren noch 44 % **1** vorhanden. Die erhaltenen Salze sowie überschüssiges Natrium wurden abfiltriert und das Solvens unter vermindertem Druck verdampft, wobei ein dunkelroter Feststoff erhalten wurde, der **3** in 34 % Ausbeute enthielt (bezogen auf die umgesetzte Menge an **1**). Reines **3** (130 mg, 9.1 %) wurde in Form luftempfindlicher, rotorangefarbener Kristalle durch Umkristallisieren der Reaktionslösung aus Hexan erhalten. Schmp. $207\text{--}209^\circ\text{C}$; MS (EI, 70 eV): m/z (%): 655 ($[M^+ - t\text{Bu}]$, 0.2), 555 ($[M^+ - t\text{Bu}_2\text{MeSi}]$, 8.6), 73 (100), 59 (11); ^1H -NMR ($[\text{D}_6]\text{Benzol}$, Tetramethylsilan (TMS)): $\delta = 0.42$ (s, 6H), 0.47 (s, 6H), 1.20 (s, 36H), 1.29 (s, 36H); ^{13}C -NMR ($[\text{D}_6]\text{Benzol}$, TMS): $\delta = -4.7$, -2.5 , 22.2 , 23.2 , 29.9 , 31.2 ; ^{29}Si -NMR ($[\text{D}_6]\text{Benzol}$, TMS): $\delta = -127.3$, 7.9, 27.1, 97.7; UV/Vis (Hexan): λ_{max} (ϵ) = 466 (440), 297 (sh, 1490), 259 (sh, 3610), 223 (7490).

Eingegangen am 8. März 1999 [Z13126]

International Edition: *Angew. Chem. Int. Ed.* **1999**, 38, 2194–2196

Stichwörter: Cyclotrisilen • Disilen • Festkörperstrukturen • Kleinringssysteme • Silicium

- [1] Übersichten zu $\text{R}_2\text{M}=\text{MR}_2$ (M = Si, Ge, Sn): a) R. West, *Angew. Chem.* **1987**, 99, 1231; *Angew. Chem. Int. Ed. Engl.* **1987**, 26, 1201; b) J. Barrau, J. Escudié, J. Satgé, *Chem. Rev.* **1990**, 90, 283; c) T. Tsumuraya, S. A. Batcheller, S. Masamune, *Angew. Chem.* **1991**, 103, 916; *Angew. Chem. Int. Ed. Engl.* **1991**, 30, 902; d) R. Okazaki, R. West, *Adv. Organomet. Chem.* **1996**, 39, 231; e) G. Raabe, J. Michl in *The Chemistry of Organic Silicon Compounds, Part 2* (Hrsg.: S. Patai, Z. Rappoport), Wiley, New York, **1989**, Kap. 17; f) H. Sakurai in *The Chemistry of Organic Silicon Compounds, Vol. 2, Part 1* (Hrsg.: Z. Rappoport, Y. Apeloig), Wiley, New York, **1998**, Kap. 15.
- [2] R. West, M. J. Fink, J. Michl, *Science* **1981**, 214, 1343.
- [3] A. G. Brook, F. Abdesaken, B. Gutekunst, G. Gutekunst, R. K. Kallury, *J. Chem. Soc. Chem. Commun.* **1981**, 191.
- [4] a) M. Kira, T. Iwamoto, C. Kabuto, *J. Am. Chem. Soc.* **1996**, 118, 10303; b) T. Iwamoto, M. Kira, *Chem. Lett.* **1998**, 277.
- [5] N. Wiberg, H. Auer, H. Nöth, J. Knizek, K. Polborn, *Angew. Chem.* **1998**, 110, 3030; *Angew. Chem. Int. Ed.* **1998**, 37, 2869.
- [6] A. Sekiguchi, H. Yamazaki, C. Kabuto, H. Sakurai, S. Nagase, *J. Am. Chem. Soc.* **1995**, 117, 8025.

- [7] a) A. Sekiguchi, M. Tsukamoto, M. Ichinohe, *Science* **1997**, 275, 60; b) A. Sekiguchi, M. Tsukamoto, M. Ichinohe, N. Fukaya, *Phosphorus Sulfur Silicon Relat. Elem.* **1997**, 124/125, 323; c) M. Ichinohe, N. Fukaya, A. Sekiguchi, *Chem. Lett.* **1998**, 1045.
- [8] Während unserer Arbeiten erfuhren wir, daß Kira et al. 1-Tris(*tert*-butyldimethylsilyl)silyl-2,3,3-tris(*tert*-butyldimethylsilyl)cyclotrisilen durch Reduktion von 1,1-Dibrom-3-*tert*-butyl-2,2-di(*tert*-butyldimethylsilyl)-1-chlor-3,3-dimethyltrisilan mit K_2C_8 hergestellt hatten. Es wurde allerdings keine Kristallstrukturanalyse vorgelegt, und das Cyclotrisilen ist unsymmetrisch substituiert: T. Iwamoto, C. Kabuto, M. Kira, *J. Am. Chem. Soc.* **1999**, 121, 886.
- [9] a) S. Nagase, *Pure Appl. Chem.* **1993**, 65, 675; b) A. Sekiguchi, S. Nagase in *The Chemistry of Organic Silicon Compounds*, Vol. 2, Part 1 (Hrsg.: Z. Rappoport, Y. Apeloig), Wiley, New York, **1998**, Kap. 3.
- [10] Ein Einkristall von **3** mit den Abmessungen $0.50 \times 0.35 \times 0.15 \text{ mm}^3$ wurde in eine Glaskapillare gegeben, die man zuschmolz. Die Datensammlung wurde bei 120 K auf einem Mac-Science-DIP2030-Image-Plate-Diffraktometer mit rotierender Anode (50 kV, 90 mA) unter Verwendung graphitmonochromatisierter $\text{Mo}_{\text{K}\alpha}$ -Strahlung ($\lambda = 0.71073 \text{ \AA}$) durchgeführt. Der abschließende *R*-Wert betrug 0.071 ($R_w = 0.136$) für 4291 Reflexe mit $I > 3\sigma(I)$. Kristallstrukturdaten: $\text{C}_{36}\text{H}_{84}\text{Si}_7$, $M_r = 713.67$, monoklin, Raumgruppe $P2_1/c$, $a = 24.063(4)$, $b = 11.629(2)$, $c = 17.715(3) \text{ \AA}$, $\beta = 110.435(1)^\circ$, $V = 4645(2) \text{ \AA}^3$, $Z = 4$, $\rho_{\text{ber.}} = 1.018 \text{ g cm}^{-3}$. Die kristallographischen Daten (ohne Struktur-faktoren) der in dieser Veröffentlichung beschriebenen Struktur wurden als „supplementary publication no. CCDC-118470“ beim Cambridge Crystallographic Data Centre hinterlegt. Kopien der Daten können kostenlos bei folgender Adresse in Großbritannien angefordert werden: CCDC, 12 Union Road, Cambridge CB2 1EZ (Fax: (+44) 1223-336-033; E-mail: deposit@ccdc.cam.ac.uk).
- [11] M. Kaftory, M. Kapon, M. Bortoshansky in *The Chemistry of Organic Silicon Compounds*, Vol. 2, Part 1 (Hrsg.: Z. Rappoport, Y. Apeloig), Wiley, New York, **1998**, Kap. 5.

Kinetische Einflüsse auf die Enantioselektivität von nichtdiastereomerenreinen Katalysatormischungen

Donna G. Blackmond,* Thorsten Rosner,
Torsten Neugebauer und Manfred T. Reetz

Es ist bekannt, daß nichtenantiomerenreine chirale Katalysatoren oder Auxiliare in Reaktionen zu höheren Enantiomerenüberschüssen führen können, als man es für eine Kombination der mit enantiomerenreinen Katalysatoren gebildeten Reaktionsprodukte erwarten würde. Dieses nicht-lineare Verhalten wird als „asymmetrische Verstärkung“ der Enantioselektivität des Produktes bezeichnet. Kagan und Mitarbeiter waren die ersten, die ein solches Verhalten

beschrieben haben.^[1] Seitdem wurde von zahlreichen weiteren Reaktionen mit katalytischem und stöchiometrischem Verlauf berichtet.^[2] Dieses Phänomen hat offensichtliche Bedeutung für die praktische organische Synthese, da die Kosten für die Produktion enantiomerenreiner Katalysatoren häufig als Hinderungsgrund für den breiteren Einsatz der asymmetrischen Katalyse in industriellen Prozessen angeführt wird. Tatsächlich ist ein nichtlinearer Effekt beim Einsatz eines chiralen Boran-Reagens bei der pharmazeutischen Produktion eines Leukotrien- D_4 -Antagonisten zur Behandlung von Asthma genutzt worden.^[3]

Ein ähnlicher nichtlinearer Effekt wurde von Kagan und Mitarbeitern^[4] für Reaktionen mit „pseudoenantiomeren“ Katalysatoren diskutiert. Dabei verwendet Kagan den Begriff „pseudoenantiomer“ abweichend von seiner eigentlichen Bedeutung für diastereomere Katalysatorspezies, die in der asymmetrischen Katalysereaktion zur Bildung der entgegengesetzten Enantiomere führen. Es wurde beobachtet, daß die Produkt-Enantioselektivität bei der asymmetrischen Dihydroxylierung von Olefinen nicht linear von der Zusammensetzung der verwendeten chiralen Liganden abhängt. Der Einsatz gleicher Mengen zweier Liganden, die einzeln mit hoher Enantioselektivität zu Produkten mit entgegengesetzter Konfiguration führen, ergab ein Verhältnis von $>95\%$ zugunsten des von einem der Liganden bevorzugt gebildeten Produkts. Es wurde darauf hingewiesen, daß derartige Experimente sowohl zum Vergleich unterschiedlicher katalytischer Spezies als auch zur Untersuchung möglicher Wechselwirkungen zwischen chiralen Verbindungen geeignet sein könnten.

Hier soll nun ein weiterer kinetischer Aspekt nichtlinearen Verhaltens^[5] in der asymmetrischen Katalyse mit Mischungen diastereomerer Katalysatoren hervorgehoben werden. Es wird gezeigt, daß für den Fall einer ungleichen Konzentrationsabhängigkeit der Reaktionsgeschwindigkeit für jede Katalysatorspezies in einer Mischung deutliche Änderungen der Enantioselektivität während des Reaktionsverlaufs möglich sind. Daher kann es irreführend sein, nur einen einzigen, am Ende der Reaktion bestimmten Wert für die Enantioselektivität zu betrachten. Dieser Wert repräsentiert die Summe der Einzeleffekte des komplexen kinetischen Verhaltens als Funktion des Reaktionsverlaufs und erschwert daher den Zugang zu wichtigen mechanistischen Informationen.

Die rhodiumkatalysierte asymmetrische Hydrierung mit neuartigen diastereomeren Diphosphitliganden ist ein gutes experimentelles Beispiel zur Illustration eines solchen kinetischen Verhaltens. Die Hydrierung prochiraler Olefine mit Übergangsmetallkatalysatoren, die chirale Phosphanliganden enthalten, war das erste kommerziell erfolgreiche Beispiel^[6] für den Einsatz der asymmetrischen Katalyse und ist intensiv untersucht worden.^[7] Seitdem ist eine große Zahl chiraler Liganden und Komplexe synthetisiert worden, und viele weisen hervorragende Enantioselektivitäten in der asymmetrischen Hydrierung auf. Im Rahmen unserer Untersuchungen neuartiger chiraler Diphosphitliganden auf der Basis von Kohlenhydraten wurde eine Reihe von Liganden synthetisiert, die 1,4:3,6-Dianhydro-D-mannitol als chirales Rückgrat enthalten.^[8] Die in Schema 1 gezeigten Katalysatoren **1** ((*R,R*)-Katalysator) und **2** ((*S,S*)-Katalysator) wurden aus

[*] Prof. D. G. Blackmond,^[+] Dipl.-Ing. T. Rosner,
Dr. T. Neugebauer, Prof. Dr. M. T. Reetz
Max-Planck-Institut für Kohlenforschung
Kaiser-Wilhelm-Platz 1
D-45470 Mülheim an der Ruhr

[+] Gegenwärtige Adresse:
University of Hull
Department of Chemistry
Hull HU6 7RX (Großbritannien)
Fax: (+44) 1482-46-6410
E-mail: D.G.Blackmond@chem.hull.ac.uk