

noch nicht untersucht worden ist. Wir berichten nun über chemoselektive Cyclooligomerisierungen^[7] der Phosphaalkine **5a–e** mit den Vanadium(v)-Verbindungen $t\text{BuN}=\text{VCl}_3 \cdot \text{DME}$ **6**^[8] (DME = 1,2-Dimethoxyethan) und $t\text{BuN}=\text{VCl}_3$ **13**.^[9] Durch diese Reaktionen sind die Titelsubstanzen in guten Ausbeuten zugänglich.

Die Umsetzung von **5a–e** mit **6** im Molverhältnis 4:1 in Toluol liefert nach säulenchromatographischer Aufarbeitung an Aluminiumoxid recht selektiv die bislang unbekannten, gelben Azatetraphosphaquadracyclane **7a–e** (47–76 %, nicht optimiert; Tabelle 1). Die Elementaranalysen und Massen-

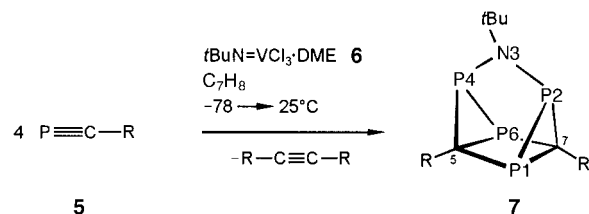


Tabelle 1. Synthese der Azatetraphosphaquadracyclane **7**.

5, 7	a	b	c	d	e
R	<i>t</i> Bu	<i>t</i> Pent			
Ausb. [%]	76	53	55	57	47

spektren (Tabelle 2) sprechen für den Aufbau der Heteropolycyclen aus vier Äquivalenten Phosphaalkin **5** unter Verlust eines Äquivalentes zweifach R-substituierter Acetylen (siehe Schema 1) sowie dem Einbau des Imidoliganden der Vanadiumverbindung **6**.

Beispielhaft diskutieren wir die NMR-Daten von **7a** (für weitere spektroskopische Daten der Verbindungen **7** siehe Tabelle 2): Das ³¹P-NMR-Spektrum des Tetracyclus enthält

Tabelle 2. Ausgewählte spektroskopische Daten der Azatetraphosphaquadracyclane **7**.^[a]

7a : ¹ H-NMR: δ = 0.99, 1.00 (2 s, je 9H; $\text{CC}(\text{CH}_3)_3$, 1.53 (pseudo-t, $^4J(\text{P}2, \text{H}) = ^4J(\text{P}4, \text{H}) = 0.9$ Hz, 9H; $\text{NC}(\text{CH}_3)_3$); ¹³ C-NMR: δ = 28.8–31.7 (br.m; $\text{CC}(\text{CH}_3)_3/\text{C}5/\text{C}7$), 32.1 (m; $\text{C}(\text{CH}_3)_3$), 34.0 (pseudo-t, $^3J(\text{P}, \text{C}) = 10.6$ Hz; $\text{NC}(\text{CH}_3)_3$), 56.8 (pseudo-t, $^2J(\text{P}, \text{C}) = 14.4$ Hz; $\text{NC}(\text{CH}_3)_3$); ³¹ P-NMR: δ = –7.4, –123.0 (AA'XX'-Spinsystem mit $J(\text{AX}) = J(\text{A'X'}) = 161.1$ Hz, $J(\text{AX'}) = J(\text{A'X}) = 21.0$ Hz, $J(\text{AA'}) = 22.4$ Hz, $J(\text{XX'}) = 5.5$ Hz); MS: m/z (%) 333 (63) [M^+], 233 (57) [$\text{M}^+ - \text{C}_5\text{H}_9\text{P}$], 177 (100) [$\text{M}^+ - \text{C}_4\text{H}_9 - \text{C}_5\text{H}_9\text{P}$], 162 (38) [$\text{M}^+ - \text{C}_4\text{H}_9\text{N} - \text{C}_5\text{H}_9\text{P}$], 57 (21) [C_4H_9]
7b : ¹³ C-NMR: δ = 28.7–31.3 (br.m; $\text{C}5/\text{C}7$), 56.9 (pseudo-t, $^2J(\text{P}, \text{C}) = 13.6$ Hz; $\text{NC}(\text{CH}_3)_3$); ³¹ P-NMR: δ = –9.2, –123.2; MS: m/z (%): 361 (66) [M^+]
7c : ¹³ C-NMR: δ = 30.1–32.9 (br.m; $\text{C}5/\text{C}7$), 56.7 (pseudo-t, $^2J(\text{P}, \text{C}) = 14.4$ Hz; $\text{NC}(\text{CH}_3)_3$); ³¹ P-NMR: δ = –14.7, –130.8; MS: m/z (%): 489 (19) [M^+]
7d : ¹³ C-NMR: δ = 28.8–31.4 (br.m; $\text{C}5/\text{C}7$), 56.8 (pseudo-t, $^2J(\text{P}, \text{C}) = 13.6$ Hz; $\text{NC}(\text{CH}_3)_3$); ³¹ P-NMR: δ = –5.8, –123.8; MS: m/z (%): 385 (69) [M^+]
7e : ¹³ C-NMR: δ = 28.6–30.6 (br.m; $\text{C}5/\text{C}7$), 56.4 (pseudo-t, $^2J(\text{P}, \text{C}) = 13.6$ Hz; $\text{NC}(\text{CH}_3)_3$); ³¹ P-NMR: δ = –11.9, –125.3; MS: m/z (%): 413 (34) [M^+]

[a] NMR: Bruker AC-200; ¹H-NMR (200 MHz) und ¹³C-NMR (50 MHz) in C_6D_6 , ³¹P-NMR (81 MHz) in C_6D_6 gegen 85proz. H_3PO_4 extern. MS: Finnigan MAT 90; 70 eV.

zwei Signale bei δ = –7.4 (P2, P4) und –123.0 (P1, P6), wobei die vier P-Kerne ein AA'XX'-Spinsystem bilden. Während die Signale im A-Teil des Spektrums aufgrund der Nachbarschaft von P2 und P4 zum N-Atom stark verbreitert sind, lassen sich aus dem X-Teil die in Tabelle 2 angegebenen Kopplungskonstanten ableiten.^[10] Das ¹H-NMR-Spektrum (zwei verschiedene Signale für die *t*Bu-Gruppen an C5 und C7) bestätigt diese Aussage; das Signal der N-gebundenen *t*Bu-Gruppe ist durch ⁴J-Kopplung leicht aufgespalten. Die Gerüst-C-Atome C5 und C7 erscheinen im ¹³C-NMR-Spektrum als Multiplett bei δ = 30.3 und können nicht unterschieden werden (Tabelle 2).

Mit diesen NMR-Daten ist die Struktur **7a** vereinbar, die durch eine Einkristallröntgenstrukturanalyse bestätigt wurde.^[11] Wie in Abbildung 1 gezeigt ist, handelt es sich um eine

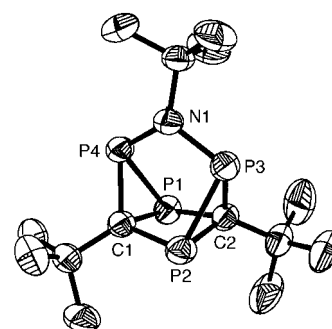
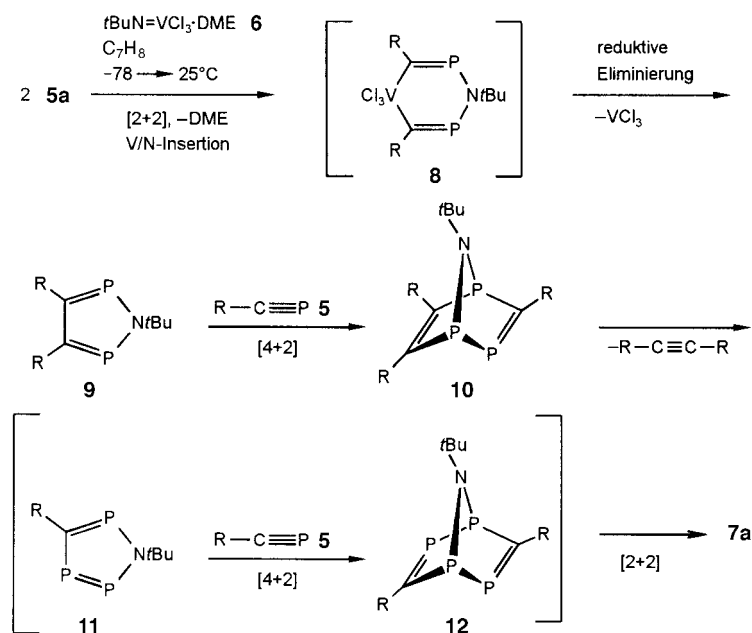


Abb. 1. Struktur von **7a** im Kristall (thermische Ellipsoide für 50 % Aufenthaltswahrscheinlichkeit). Ausgewählte Bindungslängen [Å] und -winkel [°]: P1–C2 1.880(2), P1–C1 1.894(2), P1–P4 2.2185(11), P2–C1 1.881(2), P2–C2 1.896(2), P2–P3 2.1782(10), P3–N1 1.716(2), P3–C2 1.865(2), P4–N1 1.716(2), P4–C1 1.842(2); C2–P1–C1 83.44(9), C1–P1–P4 52.50(6), C1–P2–C2 83.39(9), C2–P2–P3 53.94(6), C2–P3–P2 55.27(7), C1–P4–P1 54.67(7), P4–N1–P3 116.67(9), P4–C1–P1 72.83(8), P2–C1–P1 95.06(9), P3–C2–P2 70.79(8), P1–C2–P2 95.05(9).

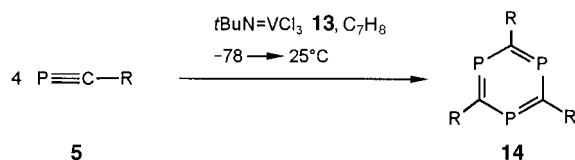
C_1 -symmetrische Quadracyclanstruktur, die wegen der pyramidalen Geometrie am N-Atom verzerrt ist. Bei der als Basis fungierenden 1,3-Diphosphacyclobutan-Einheit sind die beiden C-Atome nach oben aus der Ebene herausgeschoben, was sich in einem Diederwinkel an den P-Atomen von 19.6° widerspiegelt. Die P–C-Bindungslängen sowohl der 1,3-Diphosphacyclobutan-Einheit^[6] als auch der beiden Diphosphiran-Ringe^[12] sind mit 1.842–1.896 Å im erwarteten Bereich. Während der eine Dreiring eine für polycyclische Verbindungen mit Diphosphiran-Einheit lange P–P-Bindung von 2.219 Å sowie eine kurze P–C-Einfachbindung von 1.842 Å aufweist, hat der zweite Dreiring typische Bindungslängen.^[12] Die beiden Diphosphiran-Einheiten haben für solche Systeme charakteristische, aufgeweitete P–C–P-Innenwinkel von 70.8° und 72.8°.^[12]

Der Mechanismus für die Bildung der Azatetraphosphaquadracyclane **7** läßt sich überzeugend darstellen, da der Nachweis zweier Intermediate durch NMR-spektroskopische Verfolgung der Reaktion von **5a** mit **6** gelang (Schema 1). Setzt man die Verbindungen im Molverhältnis 2:1 unter sonst gleichen Bedingungen um und entfernt das Solvens sowie noch nicht umgesetztes **5a** bei 25°C/10^{–2} mbar, so verbleibt ein Rückstand aus **7a** und dem Azadiphosphol **9** (R = *t*Bu),

Schema 1. Mechanismus für die Bildung von **7a**.

dem ersten Beispiel dieses bisher unbekannten heterocyclischen Systems. Die NMR-Daten^[13] von **9** sind im Einklang mit der angegebenen Struktur. Vorausgegangen sein sollte eine [2+2]-Cycloaddition von **5a** an **6** sowie der Einbau einer zweiten Phosphaalkin-Einheit in die V-N-Bindung des Primäradduktes unter Bildung von **8**. Eine reduktive VCl_3 -Eliminierung (isoliert als $\text{VCl}_3 \cdot 1.5 \text{ DME}$) ist für die Bildung von **9** verantwortlich. Gibt man zum Reaktionsgemisch bei Raumtemperatur **5a** im Überschuß, so reagiert **9** erwartungsgemäß zu **7a**. Dabei sollte zunächst das Azatriphosphanobornadien **10** ($\text{R} = t\text{Bu}$)^[14] entstehen, von dem ausgehend sich problemlos die eingangs erwähnte Acetylenbildung durch eine Retro-Diels-Alder-Reaktion zu **11** erklären läßt. Nach der Umsetzung von **5c** mit **6** konnte Bis(adamant-1-yl)acetylen isoliert und anhand von Literaturdaten identifiziert werden.^[15] Die Umwandlung **11** → **12** ist ebenso plausibel wie die abschließende, intramolekulare „Kopf-Schwanz“-Cycloaddition der Phosphaalken-Einheiten,^[16] die zu **7a** führt.

Völlig anders verläuft die Cyclooligomerisierung der Phosphaalkine **5a–e** mit der starken Lewis-Säure **13**; sie liefert

Tabelle 3. Synthese der 1,3,5-Triphosphabenzole **14**.

5, 14	a	b	c	d	e
R	<i>t</i> Bu	<i>t</i> Pent			
Ausb. [%]	68	59	36	37	44

unter vergleichbaren Bedingungen selektiv die gelben 1,3,5-Triphosphabenzole **14a–e** (Tabelle 3). Die leichte Zugänglichkeit des Cyclotrimerisierungsreagens **13**^[9] und die durchgängig befriedigenden Ausbeuten (36–68 %, nicht optimiert) sind ein gravierender Vorteil gegenüber der bisher beschriebenen Synthese von **14a** über den Hafniumkomplex **3**^[4] und erlauben umfassende Reaktivitätsstudien der neuen Heteroarene. Cyclotrimerisierungen von Phosphaalkinen **5** mit Lewis-Säuren zu metallfreien Produkten sind bisher unbekannt; erwähnenswert ist die Spirocyclotrimerisierung von Phosphaalkinen **5** mit Aluminiumtrichlorid, das allerdings in das Produkt eingebaut wird.^[17] Das Heteroaren **14b** fällt als Öl an, **14a, c–e** sind kristallin. Die Elementarzusammensetzung und der Vergleich der ^{31}P - ($\delta = 238.1–242.8$) und ^{13}C -NMR-Daten ($\delta = 208.8–212.2$) für die Gerüstatoome von **14b–e** mit denen von **14a**^[4] ($\delta = 232.6$ bzw. 211.8) lassen keinen Zweifel an der Konstitution der Heteroarene aufkommen.

Experimentelles

7a: Zu einer Suspension von **6**^[8] (0.15 g, 0.47 mmol) in 5 mL Toluol gibt man unter Rühren bei -78°C **5a**^[18] (0.19 g, 1.90 mmol) und läßt auf Raumtemperatur erwärmen. Nach 12 h entfernt man alle flüchtigen Bestandteile bei $25^\circ\text{C}/10^{-2}$ mbar und arbeitet den Rückstand säulenchromatographisch an neutralem Aluminiumoxid (mit 4 % Wasser desaktiviert; Säule: 20×1.5 cm) mit *n*-Pentan auf. Die gelbe Fraktion liefert nach Eindampfen und Umkristallisieren aus *n*-Pentan bei -78°C hellgelbe Kristalle. Ausbeute: 0.12 g (76 %); Schmp. 76°C .

14a: Zu einer Lösung von **13**^[9] (0.10 g, 0.44 mmol) in 2 mL Toluol gibt man unter Rühren bei -78°C **5a**^[18] (0.18 g, 1.76 mmol) und läßt auf Raumtemperatur erwärmen. Nach Entfernen des Lösungsmittels bei $25^\circ\text{C}/10^{-2}$ mbar und anschließender säulenchromatographischer Aufarbeitung an Kieselgel (mit 4 % Wasser desaktiviert; Säule: 15×1.0 cm) mit *n*-Pentan erhält man aus der gelben Fraktion nach Eindampfen reines **14a**. Ausbeute: 0.12 g (68 %); Schmp. 88°C . Identifikation durch Vergleich mit dem NMR-Spektrum einer authentischen Probe.^[4]

Eingegangen am 30. Oktober 1997 [Z11102]

Stichwörter: Cycloadditionen • Cyclooligomerisierungen • Phosphaalkine • Phosphorheterocyclen

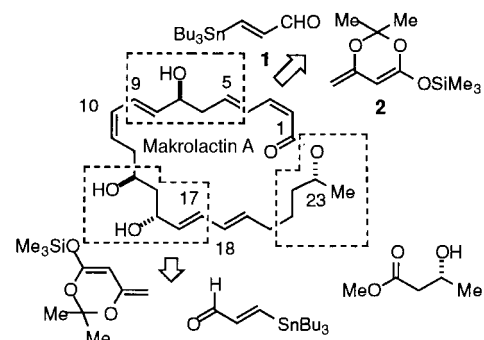
- [1] Übersichten: a) M. Regitz, P. Binger, *Angew. Chem.* **1988**, *100*, 1541–1565; *Angew. Chem. Int. Ed. Engl.* **1988**, *27*, 1484–1508; b) J. F. Nixon, *Chem. Rev.* **1988**, *88*, 1327–1362; c) P. Binger in *Multiple Bonds and Low Coordination in Phosphorus Chemistry* (Hrsg.: M. Regitz, O. J. Scherer), Thieme, Stuttgart, **1990**, S. 90; d) M. Regitz in *Organic Synthesis via Organometallics* (Hrsg.: D. Enders, H.-J. Gais, W. Keim), Vieweg, Wiesbaden, **1993**, S. 93; e) J. F. Nixon, *Chem. Soc. Rev.* **1995**, 319–328.
- [2] a) P. Binger, B. Biedenbach, C. Krüger, M. Regitz, *Angew. Chem.* **1987**, *99*, 798–799; *Angew. Chem. Int. Ed. Engl.* **1987**, *26*, 764–765; b) B. Geißler, T. Wettling, S. Barth, P. Binger, M. Regitz, *Synthesis* **1994**, 1337–1343.
- [3] R. Milczarek, W. Rüssler, P. Binger, K. Jonas, K. Angermund, C. Krüger, M. Regitz, *Angew. Chem.* **1987**, *99*, 957–958; *Angew. Chem. Int. Ed. Engl.* **1987**, *26*, 908–909.

- [4] P. Binger, S. Leininger, J. Stannek, B. Gabor, R. Mynott, J. Bruckmann, C. Krüger, *Angew. Chem.* **1995**, *107*, 2411–2414; *Angew. Chem. Int. Ed. Engl.* **1995**, *34*, 2227–2230.
- [5] P. Binger, G. Glaser, B. Gabor, R. Mynott, *Angew. Chem.* **1995**, *107*, 114–115; *Angew. Chem. Int. Ed. Engl.* **1995**, *34*, 81–83.
- [6] T. Wettling, J. Schneider, O. Wagner, C. G. Kreiter, M. Regitz, *Angew. Chem.* **1989**, *101*, 1035–1037; *Angew. Chem. Int. Ed. Engl.* **1989**, *28*, 1013–1014; siehe auch Lit.^[2b].
- [7] Kurze Zusammenfassung bisheriger Ergebnisse: U. Zenneck, *Angew. Chem.* **1990**, *102*, 171–182; *Angew. Chem. Int. Ed. Engl.* **1990**, *29*, 138–175.
- [8] F. Preuss, G. Hornung, W. Frank, G. Reiß, S. Müller-Becker, *Z. Anorg. Allg. Chem.* **1995**, *621*, 1663–1671.
- [9] a) F. Preuss, W. Towae, *Z. Naturforsch. B* **1981**, *36*, 1130–1135; b) F. Preuss, E. Fuchslocher, W. Towae, E. Leber, *ibid.* **1989**, *44*, 271–277.
- [10] H. Günther, *NMR-Spektroskopie*, 3. Aufl., Thieme, Stuttgart, **1992**, S. 169.
- [11] Einkristalle von **7a** wurden aus *n*-Pentan bei -78°C erhalten. $\text{C}_{17}\text{H}_{27}\text{NP}_4$, $M_r = 369.28$, gelbe Rauten ($0.3 \times 0.3 \times 0.2 \text{ mm}^3$), triklin, Raumgruppe $P\bar{1}$ (Nr. 2), $a = 9.728(2)$, $b = 10.292(2)$, $c = 10.601(2) \text{ \AA}$, $\alpha = 82.59(3)$, $\beta = 83.07(3)$, $\gamma = 63.41(3)^{\circ}$, $V = 938.7(3) \times 10^6 \text{ pm}^3$, $Z = 2$, $\rho_{\text{ber.}} = 1.306 \text{ g cm}^{-3}$, $F_{(000)} = 392$, $\mu = 3.9 \text{ cm}^{-1}$. Imaging Plate Diffraction System (IPDS-STOE, 289 Aufnahmen, Ψ -Inkrement 0.9° , 4 min pro Aufnahme), 9652 gemessene Reflexe ($2.22^{\circ} \leq \theta \leq 26.0^{\circ}$), davon 3412 unabhängige Reflexe ($R_{\text{int}} = 0.0285$) und 3407 Reflexe mit $I > 2\sigma(I)$. Die Struktur wurde mit Direkten Methoden gelöst und gegen F^2 mit SHELXTL (Version 5, Siemens) verfeinert. Alle Schweratome wurden anisotrop, die H-Atome in berechneten Positionen isotrop verfeinert (173 Parameter). $R1 = \Sigma(|F_o| - |F_c|)/\Sigma|F_o| = 0.0349$, $wR2 = [\Sigma w(F_o^2 - F_c^2)^2/\Sigma w(F_o^2)^2]^{1/2} = 0.0878$ (alle Daten: $R1 = 0.0448$, $wR2 = 0.1054$), $\text{GOF} = 1.041$, max./min. Restelektronendichte $0.27/-0.21 \text{ e \AA}^{-3}$. Weitere Einzelheiten zur Kristallstrukturuntersuchung können beim Fachinformationszentrum Karlsruhe, D-76344 Eggenstein-Leopoldshafen (Fax: (+49) 7247-808-666; E-mail: crysdata@fiz-karlsruhe.de), unter der Hinterlegungsnummer CSD-407858 angefordert werden.
- [12] a) H. Heydt, U. Bergsträßer, R. Fäßler, E. Fuchs, N. Kamel, T. Makewitz, G. Michels, W. Rösch, M. Regitz, P. Mazerolles, C. Laurent, A. Faucher, *Bull. Soc. Chim. Fr.* **1995**, *132*, 652–668; b) P. B. Hitchcock, C. Jones, J. F. Nixon, *J. Chem. Soc. Chem. Commun.* **1995**, 2167–2168; c) F. Mathey, *Chem. Rev.* **1990**, *90*, 997–1025.
- [13] Aus dem Gemisch aus **9** ($R = i\text{Bu}$) und **7a** ermittelt (die Signale von reinem **7a** sind bekannt). $^1\text{H-NMR}$ (200 MHz, C_6D_6): $\delta = 1.59$ (t, $^4J(\text{P,H}) = 0.9 \text{ Hz}$, 9H; $\text{NC}(\text{CH}_3)_3$), 1.66 (d, $^4J(\text{P,H}) = 3 \text{ Hz}$, 18H; $\text{CC}(\text{CH}_3)_3$); $^{13}\text{C-NMR}$ (50 MHz, C_6D_6): $\delta = 34.9$ (t, $^3J(\text{P,C}) = 9.3 \text{ Hz}$; $\text{NC}(\text{CH}_3)_3$), 35.3 (d, $^3J(\text{P,C}) = 19.5 \text{ Hz}$; $\text{CC}(\text{CH}_3)_3$), 37.6 (dd, $^2J(\text{P,C}) = 27.2$, $^3J(\text{P,C}) = 1.7 \text{ Hz}$; $\text{CC}(\text{CH}_3)_3$), 59.4 (t, $^2J(\text{P,C}) = 12.7 \text{ Hz}$; $\text{NC}(\text{CH}_3)_3$), 180.7 (dd, $^1J(\text{P,C}) = 47.5$, $^2J(\text{P,C}) = 11.4 \text{ Hz}$); $^{31}\text{P-NMR}$ (81 MHz, C_6D_6): $\delta = 285.75$ (s).
- [14] Die charakteristischen $^{31}\text{P-NMR}$ -Signale von **10** erhält man durch direkte NMR-spektroskopische Verfolgung der Reaktion nach dem Erwärmen. Die Signale verschwinden dann rasch, und die von **7a** werden stattdessen detektiert. $^{31}\text{P-NMR}$ (81 MHz, C_6D_6): $\delta = 106.1$ (d, $^2J(\text{P,P}) = 34.9 \text{ Hz}$), 135.7 (dd, $^1J(\text{P,P}) = 226.7$, $^2J(\text{P,P}) = 34.9 \text{ Hz}$), 314.7 (d, $^1J(\text{P,P}) = 226.7 \text{ Hz}$).
- [15] G. Capozzi, G. Romeo, F. Marcuzzi, *J. Chem. Soc. Chem. Commun.* **1982**, 959–960.
- [16] Zu solchen Phosphaalkendimerisierungen siehe auch Lit.^[2b, 6].
- [17] B. Breit, U. Bergsträßer, G. Maas, M. Regitz, *Angew. Chem.* **1992**, *104*, 1043–1046; *Angew. Chem. Int. Ed. Engl.* **1992**, *31*, 1055–1058.
- [18] a) G. Becker, G. Gresser, W. Uhl, *Z. Naturforsch. B* **1981**, *36*, 16–19; b) verbesserte Vorschrift: W. Rösch, U. Hees, M. Regitz, *Chem. Ber.* **1987**, *120*, 1645–1652.

Totalsynthese von Makrolactin A über vielseitige katalytische, enantioselektive Dienolat-Aldoladditionen**

Yuntae Kim, Robert A. Singer und Erick M. Carreira*

Die Polyen-Makrolid-Antibiotica bilden eine sehr heterogene Gruppe von Naturstoffen, die vielfältige biologische Aktivitäten aufweisen.^[1] Eindrucksvolle, elegante Synthesestrategien, die auf diese Klasse von Metaboliten angewendet wurden, führten zu einer Reihe sehr eleganter Synthesen.^[2–6] Kürzlich wurde Makrolactin A aus einem taxonomisch nicht klassifizierten Bakterium isoliert. Die Verbindung (Schema 1) wies in vorläufigen Untersuchungen eine vorbeugende Wirkung gegen die RNA-Replikation des HIV-Virus in T-Lymphoblastenzellen auf.^[7] Da dieser Naturstoff aus einem Organismus isoliert wurde, der bei einer Tiefseebohrung erhalten wurde und somit nicht leicht zur Verfügung steht, ist man bei weiteren biologischen Forschungsvorhaben auf die De-novo-Synthese von Makrolactin A angewiesen. Wir berichten hier über eine Totalsynthese von Makrolactin A, in der moderne asymmetrische, katalytische Methoden zur C-C-Verknüpfung zu einer hochkonvergenten Synthese kombiniert werden.^[8] Eine allgemeine enantioselektive, katalytische Dienolat-Addition wurde zur Herstellung zweier Schlüsselfragmente verwendet, welche die meisten stereochemischen Elemente der Zielverbindung aufweisen, und die Pd^0 -Stille-Kupplung wurde zur Verknüpfung der Hauptfragmente durchgeführt.



Schema 1. Retrosynthese von Makrolactin A.

Im Zentrum unserer Retrosynthese (Schema 1) stand die Strukturhomologie zwischen den drei Regionen, die die stereogenen Zentren von Makrolactin A enthalten. Wegen des latenten 1,3-Oxygenierungsmusters des acetogenen Makrocyclus liegt die Zerlegung des Makrocyclus in drei Schlüsseluntereinheiten annähernd gleicher Komplexität nahe: C(2)–C(9), C(11)–C(17) und C(18)–C(24). Die ersten

[*] Prof. Dr. E. M. Carreira, Dr. Y. Kim, R. A. Singer
California Institute of Technology
Division of Chemistry and Chemical Engineering, 164-30
1201 East CA Boulevard, Pasadena, CA 91125 (USA)
Fax: (+1) 626-564-9297
E-mail: carreira@cco.caltech.edu

[**] Diese Arbeit wurde von der National Science Foundation und den National Institutes of Health gefördert.