

des Allyl- und Cyclopentadienyliganden addiert sich die zentrale Dreiringdoppelbindung von **2** an das Palladiumatom. **6** ist sowohl oxidationsempfindlich als auch thermolabil (analoge Nickelkomplexe siehe [5]). Die Kernresonanzspektren sind mit der angegebenen Propellanstruktur vereinbar^[10]. Im ³¹P-NMR-Spektrum wird bei $\delta = -22.2$ ein Signal mit einer triplattartigen Aufspaltung von 7.6 Hz beobachtet. Unter Berücksichtigung nur homonuclearer Kopplungen im ¹H-NMR-Spektrum zeigen die Signale der inäquivalenten Protonen H-3, H-3', H-4 und H-4' das Aufspaltungsbild eines AA'BB'-Systems ($\delta_A = 6.42$ und $\delta_B = 5.85$).

Die Umsetzung von **3** mit **4** und Trimethylphosphan führt in hoher Ausbeute zum Palladacyclobutabenzol **7** (Schema 1). **7** bildet sich ebenfalls unter Verdrängung des Allyl- und Cyclopentadienyliganden sowie Insertion des Palladiums in eine der beiden CC-Einfachbindungen des Dreirings von **3**. Der Komplex **7** ist bei Raumtemperatur stabil, zerstetzt sich jedoch unter dem Einfluß von Luftsauerstoff. Die Kernresonanzspektren^[10] belegen die vorgeschlagene Struktur. Im ³¹P-NMR-Spektrum von **7** wird das Aufspaltungsmuster eines AX-Spinsystems ($\delta = -22.0/-29.9$, $J(P,F) = 25.3$ Hz) beobachtet. Aus den unterschiedlichen Beträgen der P-C-7-Kopplungskonstanten (70.7 und 4.6 Hz) kann auf eine quasi quadratisch-planare Anordnung am Palladium geschlossen werden. Überdies stimmen die NMR-Daten von **7** gut mit den Daten der analogen Nickel(II)-Komplexe überein^[3,6].

Mit der Synthese der Verbindungen **5**, **6** und **7** ist es somit erstmals gelungen, einen Palladium-Komplex mit Cyclopropabenzolen zu definierten Produkten umzusetzen. In Analogie zu den Reaktionen mit Nickel(0)-Komplexen^[3-6] bilden **2** und **3** mit dem Palladium(II)-Komplex **4** ein Metallatricyclooctadien **6** bzw. ein Metallacyclobutabenzol **7**. Dagegen reagiert die Stammverbindung **1** mit **4** zu einem Benzylkomplex **5**. Eine analoge Verbindung konnte mit Nickel nicht erhalten werden.

Eingegangen am 31. Juli 1986 [Z 1884]

- [1] W. E. Billups, A. J. Blakeney, W. Y. Chow, *Org. Synth.* 55 (1976) 12.
- [2] a) S. Korte, *Dissertation*, Universität Köln 1968; b) E. Vogel, S. Korte, W. Grimme, H. Günther, *Angew. Chem.* 80 (1968) 279; *Angew. Chem. Int. Ed. Engl.* 7 (1968) 289.
- [3] a) H. Schwager, *Dissertation*, Universität Bochum 1986; b) H. Schwager, C. Krüger, K. Laakmann, G. Schroth, G. Wilke, *Chem. Ber.*, im Druck.
- [4] a) R. Mynott, R. Neidlein, H. Schwager, G. Wilke, *Angew. Chem.* 98 (1986) 374; *Angew. Chem. Int. Ed. Engl.* 25 (1986) 367; b) H. Schwager, R. Neidlein, G. Wilke, Deutsch-Österreichisches Chemikertreffen 1986, Vortragsbd. S. 68.
- [5] H. Schwager, C. Krüger, R. Neidlein, G. Wilke, *Angew. Chem.* 99 (1987) 72; *Angew. Chem. Int. Ed. Engl.* 26 (1987) Nr. 1.
- [6] R. Neidlein, A. Rufińska, H. Schwager, G. Wilke, *Angew. Chem.* 98 (1986) 643; *Angew. Chem. Int. Ed. Engl.* 25 (1986) 640.
- [7] Y. Tatsuno, T. Yoshida, *Inorg. Synth.* 19 (1979) 220.
- [8] a) H. M. Büch, *Dissertation*, Universität Kaiserslautern 1982; b) P. Binder, H. M. Büch, R. Mynott, *Angew. Chem.* 94 (1982) 66; *Angew. Chem. Int. Ed. Engl.* 21 (1982) 62; *Angew. Chem. Suppl.* 1982, 153.
- [9] Arbeitsvorschrift 5: Zu einer Lösung von 890 mg (4.19 mmol) **4** [7] in 50 mL Pentan werden bei -30°C 0.84 mL (8.38 mmol) Trimethylphosphan und 0.87 mL (8.38 mmol) **1** gegeben. Die zunächst gebildete orangefarbene Suspension geht beim Rühren bei Raumtemperatur in eine klare rote Lösung über. Danach filtriert man über eine D_4 -Fritte von wenig Ungelöstem ab. Das Filtrat wird auf 20 mL eingeeignet und langsam auf -78°C abgekühlt. Nach 2 d werden die ausgefallenen, roten Kristalle von der Mutterlauge befreit und im Hochvakuum bei -78°C getrocknet. Bei Raumtemperatur zerlaufen die Kristalle zu einem roten Öl. Ausbeute: 1.26 g (3.33 mmol, 79%) rotes Öl. Korrekte Elementaranalyse. MS (70 eV): m/z 378 (M^+ , 27%). IR (KBr): $\tilde{\nu} = 1486, 1593$ (C=C); 3019, 3070 (=C-H) cm^{-1} . ¹H-NMR (400 MHz, $[\text{D}_4]\text{THF}$, TMS, 27°C): $\delta = 2.64$ (d, 2 H, H-1, $^3J(1,P) = 5.5$ Hz); 7.13 (dd, 2 H, H-3); 6.97 (br. t, 2 H, H-4); 6.79 (br. t, 1 H, H-5); 5.20 (m, 2 H, H-6, $^3J(6,7) = 4.8$ Hz, $^3J(6,P) = 1.1$ Hz); 5.07 (m, 2 H, H-7, $^3J(7,P) = 1.5$ Hz); 2.86 (br. d, 2 H,

H-9, $^3J(9,10) = 6.7$ Hz, $^4J(9,11) = -1.3$ Hz, $^4J(9,11') = -1.6$ Hz, $^4J(9,P) = 1.9$ Hz); 5.83 (m, 1 H, H-10, $^3J(10,11) = 10.0$ Hz, $^3J(10,11') = 17.1$ Hz); 4.83 (m, 1 H, H-11, $^2J(11,11') = 2.3$ Hz); 4.92 (m, 1 H, H-11'); 1.33 (d, 9 H, H-12, $^2J(12,P) = 10.2$ Hz). ³¹P-NMR (32 MHz, $[\text{D}_4]\text{THF}$, TMS, 37°C): $\delta = -6.6$ (s). ¹³C-NMR (75.5 MHz, $[\text{D}_4]\text{THF}$, TMS, 38°C): $\delta = 7.68$ (t, C-1, $^2J(\text{P},\text{C}) = 8.1$ Hz); 154.10 (s, C-2); 128.68 (d, C-3); 128.20 (d, C-4); 122.51 (d, C-5); 97.62 (d, C-6, $^2J(\text{P},\text{C}) = 3.1$ Hz); 95.94 (d, C-7, $^2J(\text{P},\text{C}) = 1.8$ Hz); 115.94 (s, C-8, $^2J(\text{P},\text{C}) = 2.7$ Hz); 33.57 (t, C-9); 139.8 (d, C-10); 113.5 (t, C-11); 18.86 (q, C-12, $^1J(\text{P},\text{C}) = 29.3$ Hz).

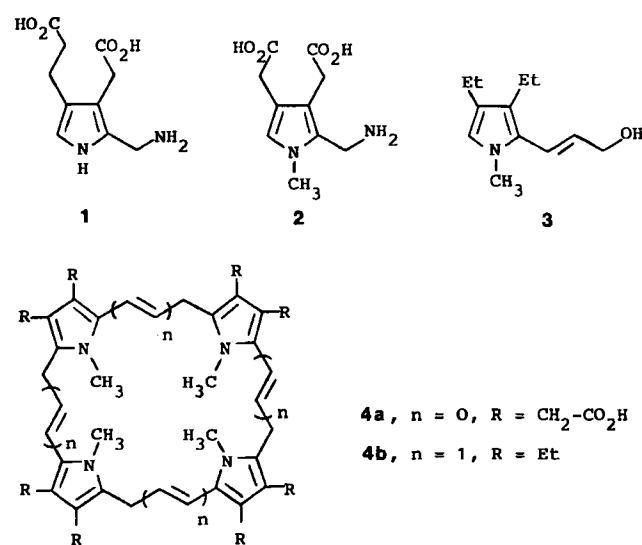
[10] NMR-Datensammlung, NMR-Labor, Max-Planck-Institut für Kohlenforschung, Kaiser-Wilhelm-Platz 1, D-4330 Mülheim a. d. Ruhr.

Biomimetische Synthese eines zweifach N,N' - und N'',N''' -überbrückten Porphyrinogens**

Von Ralf Timmermann, Rainer Mattes und Burchard Franck*

Von den Reaktionen der Biosynthese des Blutfarbstoffs Häm^[1,2] hat besonders die cyclisierende Kondensation von vier Molekülen der Monopyrrol-Vorstufe Porphobilinogen **1** zur Nachahmung im Laboratorium angeregt. Mit hoher Selektivität (keine Oligomere, kaum Polymere) kondensieren **1** und strukturverwandte Pyrrol-Derivate säurekatalysiert zu Porphyrinogenen, den cyclischen Tetrapyrrol-Vorstufen der Porphyrine^[3,4]. Im Rahmen unserer Untersuchungen über die Anwendungsbreite dieser biomimetischen^[5] Cyclotetramerisierung konnten wir durch säurekatalysierte Kondensation der Monopyrrole **2** und **3** neuartige, nicht planare sowie vierfach aufgeweitete Porphyrinogene **4a**^[6] bzw. **4b**^[7] darstellen und in die entsprechenden Porphyrine überführen. Wir berichten nun über die Anwendung dieses biomimetischen Reaktionsprinzips zur Synthese des zweifach N,N' - und N'',N''' -überbrückten Porphyrinogens **8** aus dem Trimethylen-dipyrrol **7**, das als ein vereinfachtes, N,N' -verbrücktes Dimer von Porphobilinogen **1** betrachtet werden kann.

Das leicht zugängliche^[8] 3,4-Diethyl-2-formyl-pyrrol **5** wurde in Anlehnung an ein Verfahren von Burger und Dreier^[9] über das Kaliumsalz mit 1,3-Dibrompropan zum

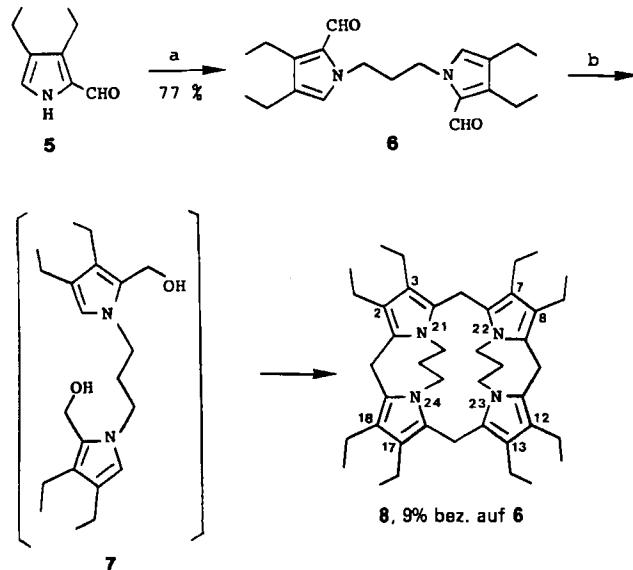


* Prof. Dr. B. Franck, Dipl.-Chem. R. Timmermann
Organisch-chemisches Institut der Universität
Orléansring 23, D-4400 Münster

Prof. Dr. R. Mattes
Anorganisch-chemisches Institut der Universität
Corrensstraße 36, D-4400 Münster

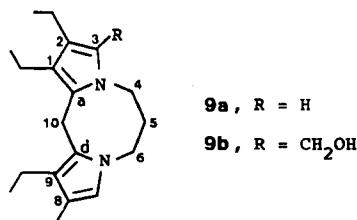
** Diese Arbeit wurde von der Deutschen Forschungsgemeinschaft und dem Fonds der Chemischen Industrie gefördert.

Dialdehyd **6** alkyliert. Zur Aktivierung für die säurekatalysierte Kondensation reduzierte man **6** zum sehr reaktiven Dialkohol **7**, der in situ bei -60°C umgesetzt wurde (siehe Schema 1). Aufarbeitung und chromatographische Reinigung ergab das 21,24:22,23-Bis-trimethylen-2,3,7,8,12,13,17,18-octaethylporphyrinogen **8** in feinen Nadeln als trocknungsbeständiges Tetrahydrat ($\text{Fp} = 109^{\circ}\text{C}$)^[10]. Nach spektroskopischen Daten^[10], insbesondere MS- und $^1\text{H-NMR}$ -Daten, erwies sich **8** als dimeres Kondensationsprodukt von **7**.



Eine isomere Struktur mit gekreuzten Trimethylenbrücken, das 21,23:22,24-Bis-trimethylen-Derivat, konnte anhand der MS- und $^1\text{H-NMR}$ -Daten sowie durch Isolierung und Strukturaufklärung einer Kondensationszwischenstufe ausgeschlossen werden. So erfolgte im Massenspektrometer, wie für **8** zu erwarten, bevorzugte Spaltung des Moleküls in zwei Hälften; im Falle einer gekreuzten Verknüpfung wäre dafür die sehr unwahrscheinliche Spaltung von vier Bindungen erforderlich. Mit den $^1\text{H-NMR}$ -Daten ist ein gekreuzt kondensiertes Produkt ebenfalls nicht vereinbar, weil es im Gegensatz zu **8** zentrosymmetrisch wäre und nicht die Aufspaltung der Methyl- und Methylen-Signale der Ethylseitenketten in jeweils zwei Triplets bzw. Quadruplets zeigen dürfte. Ferner ist anzunehmen, daß die säurekatalysierte Kondensation von **6** zunächst intramolekular zu **9b** führt, aus dem nur **8** hervorgehen kann.

Führte man die Kondensation unter Zurückdrängung der intermolekularen Reaktion durch (Verdünnung, höhere Temperatur und größere Katalysatormenge), entstand



mit 12% Ausbeute ein in gut ausgebildeten Nadeln kristallisiertes Produkt ($\text{Fp} = 92^{\circ}\text{C}$). Aus seiner Kristallstrukturanalyse (Abb. 1) ging hervor, daß es sich um das Tetrahydro-dipyrrolo-1,5-diazocin **9a** handelt, das aus dem primär gebildeten Hydroxymethylenprodukt **9b** durch Eliminierung von Formaldehyd entstanden sein kann.

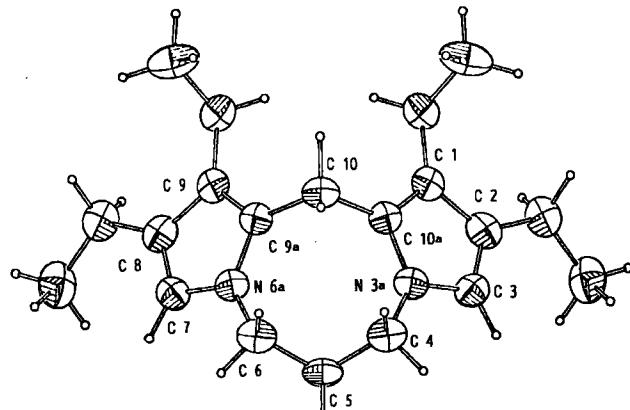
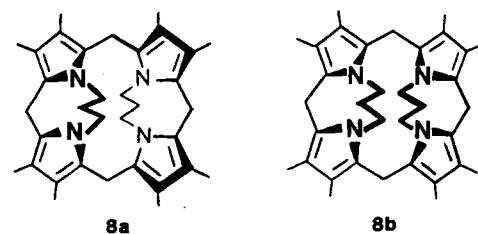


Abb. 1. Struktur von **9a** im Kristall. Ausgewählte Abstände [pm]: C(10a)-N(3a) 137.4(3), N(3a)-C(3) 138.3(3), C(3)-C(2) 135.9(5), C(2)-C(1) 142.4(3), C(1)-C(10a) 138.1(4). Interplanarwinkel zwischen den Pyrrolringen: 111° [10].

In **9a** sind die Pyrrolringe dachförmig zueinander angeordnet (Interplanarwinkel 111°). Unter der Annahme, daß **9a** ein Strukturelement von **8** ist, kommen von den vier möglichen Konfigurationen für **8** nur **8a** und **8b** in Frage, wobei nach Modellbetrachtungen die käfigartige Konfiguration **8a** sterisch begünstigt ist.



Gegenüber dem nicht überbrückten N,N',N'',N''' -Tetramethylporphyrinogen **4a**^[6] haben **8a** und **8b** höhere sterische Wechselwirkungen in der Molekülmitte, was eine Einebnung erschwert. Deshalb ließ sich **8** nicht wie **4a** zum entsprechenden Porphyrin dehydrieren.

Eingegangen am 23. September 1986 [Z 1934]

- [1] B. Franck, *Angew. Chem.* 94 (1982) 327; *Angew. Chem. Int. Ed. Engl.* 21 (1982) 343.
- [2] M. Akthar, P. M. Jordan in D. H. R. Barton, W. D. Ollis (Hrsg.): *Comprehensive Organic Chemistry*, Vol. 5, Pergamon, Oxford 1979, S. 1121.
- [3] G. H. Cookson, C. Rimington, *Biochem. J.* 57 (1954) 476.
- [4] B. Franck, G. Bringmann, C. Wegner, U. Spiegel, *Liebigs Ann. Chem.* 1980, 263.
- [5] R. Breslow, *Q. Rev. Chem. Soc.* 1 (1972) 553: "Biomimetic chemistry is the branch of organic chemistry, which attempts to imitate natural reactions and enzymatic processes as a way to improve the power of organic chemistry".
- [6] B. Franck, C. Wegner, *Angew. Chem.* 87 (1975) 419; *Angew. Chem. Int. Ed. Engl.* 14 (1975) 424.
- [7] M. Gosmann, B. Franck, *Angew. Chem.* 98 (1986) 1107; *Angew. Chem. Int. Ed. Engl.* 25 (1986) 1100.
- [8] A. W. Johnson, I. T. Kay, *J. Chem. Soc.* 1965, 1620; B. Fietzke, *Dissertation*, Universität Münster 1986.

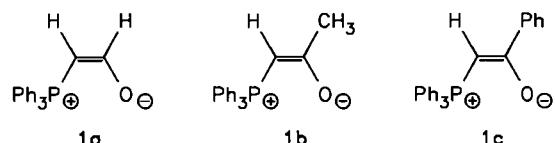
[9] U. Burger, F. Dreier, *Tetrahedron* 39 (1983) 2065.

[10] Die neuen Verbindungen **6**, **8** und **9a** sind durch Elementaranalyse und spektroskopische Daten vollständig charakterisiert. – **6**: $F_p = 69\text{--}71^\circ\text{C}$, $^1\text{H-NMR}$ (CDCl_3): $\delta = 1.17$ (*t*, $J = 7.6\text{ Hz}$, 6H, Ethyl-CH₂ an C-4/C-4'), 1.18 (*t*, $J = 7.6\text{ Hz}$, 6H, Ethyl-CH₂ an C-3/C-3'), 2.40 (*q*, $J = 7.6\text{ Hz}$, 4H, Ethyl-CH₂ an C-3/C-3'), 9.65 (*s*, 2H, 2 Aldehyd-H). – **8**: $F_p = 109^\circ\text{C}$, MS (EI): m/z 620 (52%, M^+), 310 (28, $M^+/\text{2}$), 162 (100, Diethylpyrrol + 3CH₂); $^1\text{H-NMR}$ (CDCl_3): $\delta = 1.10$ (*t*, $J = 7.4\text{ Hz}$, 12H, 4CH₃), 1.17 (*t*, $J = 7.4\text{ Hz}$, 12H, 4CH₃), 2.27 (*m*, 4H, 2CH₂ in der Mitte der beiden Brücken), 2.42 (*q*, $J = 7.4\text{ Hz}$, 8H, CH₂ in 4 Ethylgruppen), 2.44 (*q*, $J = 7.4\text{ Hz}$, 8H, CH₂ in 4 Ethylgruppen), 3.89 (*t*, $J = 6.7\text{ Hz}$, 8H, 4N-CH₂-Gruppen), 4.45 (*s*, 8H, 4 *meso*-CH₂). – **9a**: $F_p = 92^\circ\text{C}$, kristallisiert in der Raumgruppe $P2_1/m$ mit zwei Formeleinheiten pro Elementarzelle und besitzt kristallographische Spiegelsymmetrie, $a = 924.5(8)$, $b = 2236(4)$, $c = 468.4(4)$ pm, $\beta = 116.8(1)^\circ$; Syntex-P2₁-Diffraktometer, 1057 unabhängige Reflexe mit $F_0 \geq 3.92\sigma(F_0)$, 167 Parameter, $R = 0.0561$, $R_w = 0.0522$. Weitere Einzelheiten zur Kristallstrukturuntersuchung können beim Fachinformationszentrum Energie, Physik, Mathematik GmbH, D-7514 Eggenstein-Leopoldshafen 2, unter Angabe der Hinterlegungsnummer CSD-52163, der Autoren und des Zeitschriftenzitats angefordert werden. – MS (EI): m/z 298 (55%, M^+), 269 (100, $M^+ - \text{Ethyl}$), 162 (66, Diethylpyrrol + 3CH₂); $^1\text{H-NMR}$ (CDCl_3): $\delta = 1.15$ (*t*, $J = 7.5\text{ Hz}$, 6H, 2CH₃), 1.16 (*t*, $J = 7.5\text{ Hz}$, 6H, 2CH₃), 2.26 (*m*, $J = 6.8\text{ Hz}$, 2H, CH₂ in Trimethylenbrückenmitte), 2.40 (*q*, $J = 7.5\text{ Hz}$, 4H, Ethyl-CH₂), 2.53 (*q*, $J = 7.5\text{ Hz}$, Ethyl-CH₂), 3.86 (*t*, $J = 6.8\text{ Hz}$, 4H, N-CH₂), 4.33 (*s*, 2H, H an C-10), 6.28 (*s*, 2H, H an C-3/C-7).

Steuerung des Molekulargewichts von Polyethen bei der Synthese mit Bis(ylid)nickel-Katalysatoren

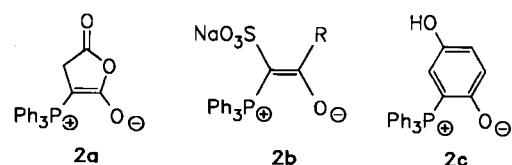
Von K. Alexander Ostoja Starzewski* und Josef Witte

Wir berichteten kürzlich über hochaktive Ni-Katalysatorsysteme für die Ethen-Polymerisation, die aus Bis(cyclooctadien)nickel(0), Ni(cod)₂, sowie einem carbonylstabilisierten und einem nichtstabilisierten Ylid, Ph₃PCR¹C(O)R² bzw. R₃PCR⁴R⁵, erzeugt werden^[1]. Im katalytisch aktiven, quadratisch-planaren Nickelkomplex ist das nichtstabilisierte Ylid strukturell intakt C-koordiniert, das stabilisierte hingegen unter Umlagerung P=O-koordiniert. Durch Variation des intakten Ylidliganden lässt sich die Aktivität des Katalysators optimieren; aber auch die Abwandlung des Substituenten R² im carbonylstabilisierten Ylidliganden steigert beim System Ni(cod)₂/Ph₃PCH(C(O)R²)/Me₃PCH₂ die katalytische Aktivität:



Geht man vom Formyl- **1a** über das Acetyl- **1b** zum Benzoylmethylen(triphenyl)phosphor an **1c** ($R^2 = \text{H, Me, Ph}$) über, so steigt der Umsatz bis auf ca. $0.5 \cdot 10^5$ mol Ethen pro mol Nickel^[1].

Polymeranalytische Untersuchungen ergaben, daß dabei mit zunehmender Katalysatoraktivität auch die mittlere Kettenlänge der Ethen-Polymerisate ansteigt. Die Grenzviskositäten in Tetralin bei 140°C überschreiten jedoch nicht 0.2 dL/g, was Molekulargewichten M bis etwa $5 \cdot 10^3$ g/mol entspricht^[2]. Wir haben daher versucht, durch weitere Änderungen des carbonylstabilisierten Ylidliganden den mit diesem Ni-Katalysatorsystem zugänglichen Molekulargewichtsbereich wesentlich zu erweitern. Tatsächlich konnten mit den drei Liganden **2a**–**2c** neue, sehr aktive Bis(ylid)nickel-Polymerisationskatalysatoren erhalten werden, die Polyethen (PE) in praktisch allen Molekulargewichtsbereichen von PE-Wachsen und Hartwachsen über hochmolekulares "high density"-Polyethen (HDPE) bis hin zu ultrahochmolekularem Polyethen (UHMW-PE) mit $M \geq 10^6$ g/mol zugänglich machen (Tabelle 1).



Die neuen Katalysatoren werden *in situ* durch stöchiometrische Umsetzung der drei Komponenten in Toluol bei $40\text{--}60^\circ\text{C}$ erhalten (vgl. ^[1]). Das Triphenylphosphan-Maleinsäureanhydrid-Addukt **2a**^[3] fand bisher noch keine Verwendung als Ligand; das sulfonierte Benzoylmethylen(triphenyl)phosphor an **2b**, R=Ph, und das Triphenyl-

Tabelle 1. Polyethen-Synthese mit Bis(ylid)nickel-Katalysatoren aus Ni(cod)₂, Ph₃PCR¹C(O)R² („R₃P=O⁺“) und R₃PCR⁴R⁵ („R₃P=O⁺–X[–]“) (Versuchsdurchführung siehe [1]).

| R ₃ P=O ⁺ | R ₃ P=O ⁺ –X [–] | Katalysator-injektion [a] | Lösungsmittel [g] | Polymerisations-temperatur [b] [°C] | Grenzviskosität in Tetralin bei 140°C [dL/g] | PE-Molekulargewicht M [g/mol] [c] |
|---------------------------------|---|---------------------------|-------------------|-------------------------------------|--|-------------------------------------|
| 1b | iPr ₃ PCH ₂ | m.p.i. | Cyclohexan | 125 ± 5 | 0.07 | $1.3 \cdot 10^3$ |
| 1c | iPr ₃ PCH ₂ | m.p.i. | Cyclohexan | 130 ± 10 | 0.10 | $2.1 \cdot 10^3$ |
| 2a | Ph ₃ PCHMe | s.p.i. | Cyclohexan | ca. 100 | 0.5 | $1.87 \cdot 10^4$ |
| 2b | Ph ₃ PCH ₂ | m.p.i. [d] | Cyclohexan | ca. 110 | 0.7 | $2.97 \cdot 10^4$ |
| 2b | Ph ₃ P(CH ₂) ₂ Ph [e] | s.p.i. [f] | Cyclohexan | ca. 110 | 1.5 | $8.44 \cdot 10^4$ |
| 2c | Ph ₃ PCHMe | s.p.i. | Cyclohexan | ca. 100 | 2.1 | $1.34 \cdot 10^5$ |
| 2c | Ph ₃ PN <i>t</i> Bu | s.p.i. | Cyclohexan | ca. 100 | 3.2 | $2.38 \cdot 10^5$ |
| 2c | (PhO) ₂ PO | s.p.i. | Cyclohexan | 60–100 | 5.8 | $5.38 \cdot 10^5$ |
| 2c | Ph ₃ PO | s.p.i. | Cyclohexan | 65–85 | 9.6 | $1.07 \cdot 10^6$ |
| 2c | Ph ₃ PCHMe | s.p.i. | Ethylacetat | ca. 100 | 0.21 | $5.7 \cdot 10^3$ |
| 2c | Ph ₃ PCHMe | s.p.i. | Aceton | ca. 100 | 0.16 | $3.9 \cdot 10^3$ |
| 2c | Ph ₃ PCHMe | s.p.i. | DMF | ca. 100 | 0.12 | $2.7 \cdot 10^3$ |

[a] m.p.i. = multi pulse injection, 2 mmol in 200 mL Toluol; s.p.i. = single pulse injection, 2 mmol in 50 mL Toluol. [b] Polymerisationsdruck ca. 10^2 bar. [c] Die PE-Molekulargewichte wurden anhand der η/M -Beziehung für lineares PE: $\eta = 3.8 \cdot 10^{-4} \cdot M^{0.73}$ (siehe [9]) abgeschätzt. [d] In Toluol/DMF. [e] Ph₃P(CH₂)₂Ph steht für Ph₃P=CH–CH=CH–Ph. [f] 1 mmol Katalysator. [g] 1 L.

[*] Dr. K. A. Ostoja Starzewski, Dr. J. Witte
Bayer AG, Zentrale Forschung und Entwicklung
Wissenschaftliches Hauptlaboratorium
D-5090 Leverkusen 1

phosphan-Benzochinon-Addukt **2c**^[3] waren hingegen schon in Kombination mit Nickel(0)-Komplexen und Triphenylphosphan erfolgreich als Katalysatoren zur Synthese von niedermolekularen PE-Wachsen (α -Olefine) ein-