

tionsgrad von wenigstens 10 auf<sup>[9]</sup>. Da dieser in Diethylether/Hexan/Benzol größer sein und ähnliches für 1,3-Diphenylallyllithium gelten sollte, entspricht die Kristallstruktur von 3 möglicherweise weitgehend seiner Struktur in Lösung.

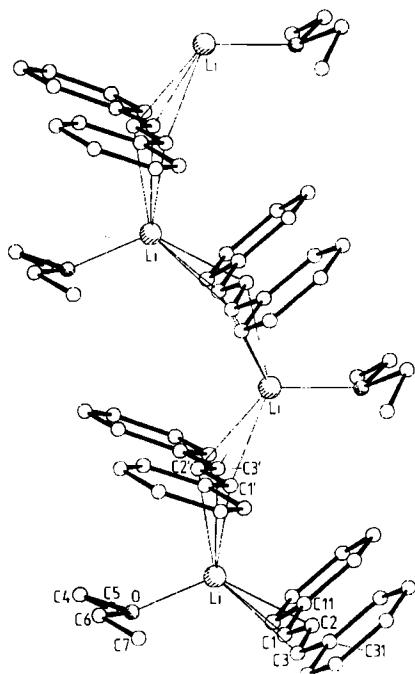


Abb. 1. Ausschnitt aus der polymeren Kettenstruktur von 3. Die Atome sind als Kugeln mit willkürlichen Radien dargestellt. Ausgewählte Bindungslängen [pm] und -winkel [ $^{\circ}$ ]: Li-C1 248(3), Li-C2 230(3), Li-C3 250(3), Li-O 192(3), Li-C1' 240(3), Li-C2' 232(3), Li-C3' 252(3), C1-C11 147(1), C1-C2 139(1), C2-C3 138(2), C3-C31 145(1), C11-C1-C2 127(1), C1-C2-C3 131(1), C2-C3-C31 127(1).

Strukturen vom „ $\eta^3$ -Allyl-Typ“ kennt man, seit Stucky et al. die Kristallstruktur von Benzyllithium-Triethylendiamin aufgeklärt haben<sup>[10a]</sup>. Interessanterweise wird der häufig auftretende<sup>[2, 10b]</sup> und bei 3 ebenfalls mögliche Benzyllithium-Strukturtyp nicht gefunden. Die Energieunterschiede zwischen solchen Strukturen sollten allerdings gering sein, wie die Polymorphie bei Dilithium-1,2-diphenylbenzocyclobutadienid-2tmeda gezeigt hat<sup>[11, 12]</sup>.

Eingegangen am 2. September,  
ergänzte Fassung am 7. Oktober 1985 [Z 1445]

- [1] Wichtige Arbeiten: a) G. Wilke, B. Bogdanović, P. Hardt, P. Heimbach, W. Keim, M. Kröner, W. Oberkirch, K. Tanaka, E. Steinrücke, D. Walter, H. Zimmermann, *Angew. Chem.* 78 (1966) 157; *Angew. Chem. Int. Ed. Engl.* 5 (1966) 151; b) R. Uttech, H. Dietrich, *Z. Kristallogr.* 122 (1965) 60; c) U. Franke, E. Weiss, *J. Organomet. Chem.* 139 (1977) 305; d) J. A. Kaduk, A. T. Poulos, J. A. Ibers, *ibid.* 127 (1977) 245 (in dieser Arbeit wird die Struktur vieler Allylübergangsmetall-Komplexe diskutiert); e) T. H. Tulip, J. A. Ibers, *J. Am. Chem. Soc.* 101 (1979) 4201; f) D. M. P. Mingos in G. Wilkinson, F. G. A. Stone, E. W. Abel (Hrsg.): *Comprehensive Organometallic Chemistry*, Vol. 3, Pergamon, Oxford 1982; g) T. H. Cymbaluk, R. D. Ernst, V. W. Day, *Organometallics* 2 (1983) 963; h) R. Benn, A. Rufinska, *ibid.* 4 (1985) 209, zit. Lit.; i) R. Goddard, C. Krüger, F. Mark, R. Stansfield, X. Zhang, *ibid.* 4 (1985) 285, zit. Lit.; j) P. W. Jolly, *Angew. Chem.* 97 (1985) 279; *Angew. Chem. Int. Ed. Engl.* 24 (1985) 283.
- [2] a) T. Clark, E. D. Jemmis, P. von R. Schleyer, J. S. Binkley, J. A. Pople, *J. Organomet. Chem.* 150 (1978) 1; b) T. Clark, C. Rhode, P. von R. Schleyer, *Organometallics* 2 (1983) 1344; c) G. Decher, G. Boche, *J. Organomet. Chem.* 259 (1983) 31.
- [3] Zu anderen Abbiegungen der H-Atome kamen aufgrund von  $^1J(C, H)$ - und  $^3J(H, H)$ -Kopplungskonstanten: M. Schlosser, M. Stähle, *Angew. Chem.* 94 (1982) 142; *Angew. Chem. Int. Ed. Engl.* 21 (1982) 145; *Angew. Chem. Suppl.* 1982, 198; siehe dazu [2b, 4].
- [4] H. Ahlbrecht, K. Zimmermann, G. Boche, G. Decher, *J. Organomet. Chem.* 262 (1984) 1. In dieser Arbeit werden auch weitere Berechnungen

zur Struktur von Allyl-„Anionen“ zitiert und  $^1J(^{13}C, H)$ -Kopplungskonstanten dieser Verbindungen diskutiert. Neueste Strukturberechnungen an Allyllithium, die eine sehr gute Übereinstimmung vergleichbarer Daten mit 3 zeigen, sind der Arbeit P. von R. Schleyer, *J. Am. Chem. Soc.* 107 (1985) 4793 zu entnehmen. Strukturdaten des Allylaniions in der Gasphase weichen dagegen stark ab, siehe J. M. Oakes, G. B. Ellison, *J. Am. Chem. Soc.* 106 (1984) 7734.

- [5] H. Köster, E. Weiss, *Chem. Ber.* 115 (1982) 3422.
- [6] Unsymmetrisch überbrückt: a) M. Schlosser, M. Stähle, *Angew. Chem.* 92 (1980) 497; *Angew. Chem. Int. Ed. Engl.* 19 (1980) 487; b) M. Stähle, M. Schlosser, *J. Organomet. Chem.* 220 (1981) 277; symmetrisch überbrückt: c) W. Neugebauer, P. von R. Schleyer, *ibid.* 198 (1980) C 1.
- [7] Röntgen-Strukturanalyse: 154 K, rote Nadel, ca. 0.6-0.09-0.07 mm<sup>3</sup>;  $P_{2,2,2}, a = 1770.2(8)$ ,  $b = 746.5(6)$ ,  $c = 1231.0(7)$  pm,  $Z = 4$ ,  $\rho_{\text{ber.}} = 1.120$  g cm<sup>-3</sup>; wegen des sehr kleinen Kristalls konnten nur 570 unabhängige Reflexe mit  $F_0 > 3\sigma(F_0)$  (von insgesamt 905 Reflexen mit  $\theta < 20^\circ$ ) vermessen werden (Vierkreisdiffraktometer CAD4, Enraf-Nonius, graphitmonochromatisierte  $\text{MoK}_{\alpha}$ -Strahlung). Direkte Methoden, Verfeinerung wegen der geringen Reflexzahl unter Einsetzen der Phenylreste als starre Gruppen mit idealisierter Geometrie (C-C 139.5 pm), der H-Atome auf berechneten Lagen (C-H 95 pm) sowie mit isotropen Temperatursfaktoren für die Diphenylallyl-Einheit und anisotropen für die stärker schwingende oder etwas fehlgeordnete Ethergruppe.  $R_g = 0.068$ ,  $R_w = 0.074$  mit  $w = 1.8/\sigma^2(F_0)$ , 86 Parameter. Weitere Einzelheiten zur Kristallstrukturuntersuchung können beim Fachinformationszentrum Energie, Physik, Mathematik GmbH, D-7514 Eggenstein-Leopoldshafen 2, unter Angabe der Hinterlegungsnummer CSD-51693, der Autoren und des Zeitschriftenzitats angefordert werden. Ähnliche polymere Strukturen findet man z. B. bei  $[\text{C}_5\text{H}_5\text{In}]$  und  $[\text{C}_5\text{H}_5\text{Ti}]$  (E. Frasson, F. Menegus, C. Panattoni, *Nature (London)* 1963, 1087),  $[(\text{C}_5\text{H}_5)_2\text{Pb}]$  (C. Panattoni, G. Bombieri, U. Croatto, *Acta Crystallogr.* 21 (1966) 823),  $[\text{C}_5\text{H}_4\text{C}(\text{CN})\text{C}(\text{CN})]^- \text{Ti}^+$  (M. B. Freeman, L. G. Sneddon, J. C. Huffman, *J. Am. Chem. Soc.* 99 (1977) 5194),  $[(\text{C}_5\text{H}_5\text{Na})\text{tmeda}]$  (T. Aoyagi, H. M. M. Shearer, K. Wade, G. Whitehead, *J. Organomet. Chem.* 175 (1979) 21), siehe auch: E. Canadell, O. Eisenstein, *Organometallics* 3 (1984) 759. E. R. Tidwell, B. R. Russell, *J. Organomet. Chem.* 80 (1974) 175, berechneten mit Hilfe von CNDO/2 Allyllithium-Dimere und spekulierten dabei über eine polymere Struktur, die mit 3 gewisse Ähnlichkeiten hat. Die berechnete Struktur eines Allyllithium-Lithiumhydrid-Komplexes kann man ebenfalls als Modell für die Struktur von 3 betrachten (P. von R. Schleyer, A. J. Kos, E. Kaufmann, *J. Am. Chem. Soc.* 105 (1983) 7617).
- [8] Herstellung von 3: 100 mg (0.51 mmol) 1,3-Diphenylpropen wurden in 1 mL Benzol und 1 mL *n*-Hexan gelöst und mit 1.2 Moläquivalent Diethylether und dann mit 1.2 Moläquivalent *n*-Butyllithium in Hexan bei Raumtemperatur versetzt. Nach 16 h befreite man die roten, sehr dünnen Kristallnadeln mit einer Spritze vom Lösungsmittel, wusch mit 0.5 mL *n*-Hexan und trocknete bei  $10^{-4}$  Torr.
- [9] P. West, J. I. Purmort, S. V. McKinley, *J. Am. Chem. Soc.* 90 (1968) 797.
- [10] a) S. P. Patterman, I. L. Karle, G. D. Stucky, *J. Am. Chem. Soc.* 92 (1970) 1150; b) Übersicht: W. Setzer, P. von R. Schleyer, *Adv. Organomet. Chem.* 24 (1985) 353.
- [11] G. Boche, H. Etzrodt, W. Massa, G. Baum, *Angew. Chem.* 97 (1985) 858; *Angew. Chem. Int. Ed. Engl.* 24 (1985) 863.
- [12] Eine Struktur vom „ $\eta^3$ -Azallyl-Typ“ wurde kürzlich beschrieben: a) D. Colgan, R. I. Papasergio, C. L. Raston, A. H. White, *J. Chem. Soc. Chem. Commun.* 1984, 1708; b) siehe auch P. von R. Schleyer, R. Häcker, H. Dietrich, W. Mahdi, *ibid.* 1985, 622.

## Thianthren-5-oxid als mechanistische Sonde bei Sauerstofftransferreaktionen: Der nucleophile Charakter von Carbonyloxiden\*\*

Von Waldemar Adam\*, Heinz Dürr, Wolfgang Haas und Bhushan Lohray

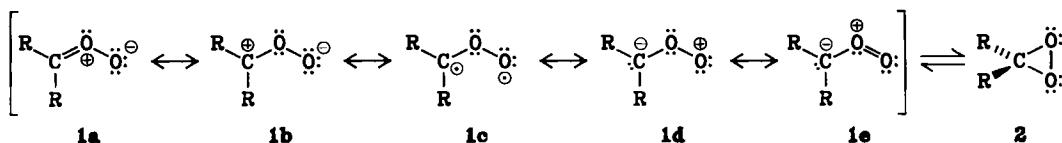
Kurzlebige Zwischenstufen wie die Carbonyloxide (Criegee-Zwitterionen) werden gegenwärtig mechanistisch intensiv untersucht<sup>[1]</sup>. Besonderes Interesse gilt der Frage,

[\*] Prof. Dr. W. Adam, Dr. B. Lohray [†], Dr. W. Haas  
Institut für Organische Chemie der Universität  
Am Hubland, D-8700 Würzburg

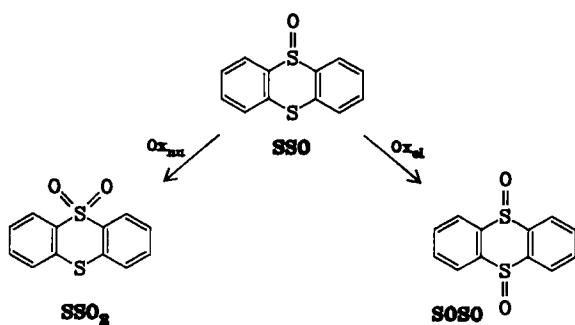
Prof. Dr. H. Dürr  
Institut für Organische Chemie der Universität  
D-6600 Saarbrücken

[†] Alexander-von-Humboldt-Stipendiat (1984/1985)

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



Welche der fiktiven Grenzstrukturen 1a-e das chemische Verhalten der Carbonyloxide am besten wiedergibt, oder ob sogar die cyclische Valenzstruktur des Dioxirans 2 zutrifft. Beim Sauerstofftransfer auf  $\pi$ -Bindungen (Alkene, Arene) und Heteroatome (Amine, Sulfide, Sulfoxide, Phosphane) sollte zum Beispiel der negative geladene, endständige Sauerstoff in 1a, b vergleichsweise nucleophiler sein als der radikalische Sauerstoff in 1c oder der positiv geladene bzw. ungeladene Sauerstoff in 1d bzw. 1e. Mit dem Konkurrenzsystem Thianthren-5-oxid (SSO), das am Sulfoxidschwefel bevorzugt von nucleophilen Oxidantien ( $\text{Ox}_{\text{n}}$ ) zu Thianthren-5,5-dioxid (SSO<sub>2</sub>) und am Sulfidschwefel bevorzugt von elektrophilen Oxidantien ( $\text{Ox}_{\text{e}}$ ) zu Thianthren-5,10-dioxid (SOSO) oxidiert wird, konnte



vor kurzem<sup>[2]</sup> gezeigt werden, daß Carbonyloxide 1 den Sauerstoff nucleophiler übertragen als Dioxirane 2. Diese mechanistische Sonde offenbarte weiterhin (Tabelle 1), daß die Substituenten R des Carbonyloxids 1 den nucleophilen Charakter des endständigen Sauerstoffs steuern: Alkylsubstituierte Derivate wie 4 und 5 weisen erwartungsgemäß den nucleophilsten Sauerstofftransfer auf, während Phenyl- 8 und Benzoylsubstitution 10 weniger nucleophile Sauerstoffübertragung bewirken. Sterische Effekte können diese Tendenz kaum erklären. Es stellt sich die Frage, ob durch geeignete Substitution eine der Grenzstrukturen 1a-e des Carbonyloxids gezielt bevorzugt und dadurch der nucleophile Charakter des endständigen Sauerstoffs beliebig geändert werden könnte. Wäre dies möglich, dann sollten sich Carbonyloxide 1 und Dioxirane 2 mit Thianthren-5-oxid als mechanistische Sonde unterscheiden lassen. Die Ergebnisse sind in Tabelle 1 zusammengefaßt.

Die  $X_{\text{SO}}$ -Skala ( $X_{\text{SO}}$  = Anteil des nucleophilen Angriffs auf die Sulfoxidgruppe von Thianthren-5-oxid) erstreckt sich von  $X_{\text{SO}} = 1.00$  für Dibenzotropoxin 3 bis zu  $X_{\text{SO}} = 0.61$  für 1,4-Naphthochinonoxid 12. Daraus geht deutlich hervor, daß entsprechende Substitution einerseits die typischen  $X_{\text{SO}}$ -Werte der nucleophilen Carbonyloxide (0.80–0.96<sup>[2]</sup>) bis zum Maximalwert  $X_{\text{SO}} = 1.00$  steigert, aber andererseits bis zu den typischen Werten der weniger nucleophilen Dioxirane (0.57–0.67<sup>[2]</sup>) vermindert. Kontrollversuche schließen Photooxidation von Thianthren-5-oxid durch Elektronentransfer, die den niedrigen Wert  $X_{\text{SO}} = 0.61$  erklären könnten, aus. Anhand dieser Fakten vermuten wir, daß die Grenzstruktur 12f von 1,4-Naphthochinonoxid durch Aromatisierung an Bedeutung gewinnt. Dagegen kann der ausschließlich nucleophile Sauerstoff-

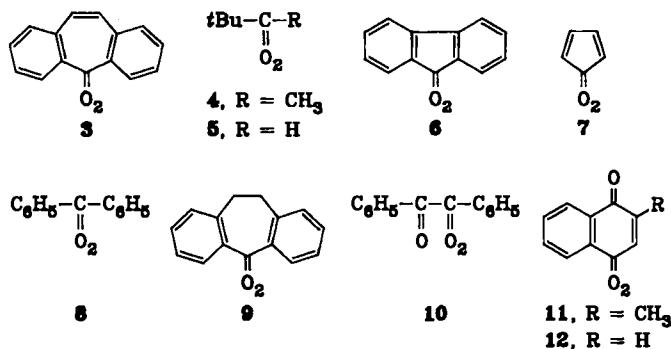
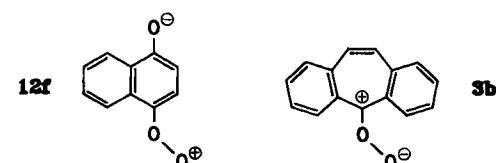


Tabelle 1. Sauerstofftransfer auf Thianthren-5-oxid mit Carbonyloxiden 3–12, erzeugt durch Photooxygenierung von Diazoalkanen [a].

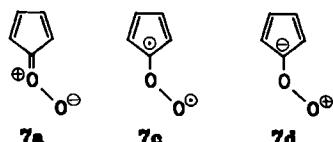
Carbonyl- oxid	Ausbeute [mmol/L] [b] SSO <sub>2</sub> (n <sub>SO</sub> )	X <sub>SO</sub> [c]	SOSO (n <sub>S</sub> )
3	0.974	—	1.00
4	2.06	0.131	0.94
5	4.43	0.408	0.92
6	21.7	1.62	0.93
7	0.795	0.115	0.87
8	3.72	0.747	0.83
9	6.25	1.30	0.83
10	3.00	0.774	0.80
11	0.989	0.464	0.68
12	0.961	0.607	0.61

[a] Singuletsauerstoff wurde photochemisch durch Sensibilisierung mit Tetraphenylporphin erzeugt. Die Reaktion wurde in wasserfreiem Dichlormethan bei –20 bis 0°C durchgeführt. Kontrollversuche zeigten, daß weder Singuletsauerstoff noch Diazoalkan allein einen Sauerstofftransfer bewirken. [b] Quantitative Auswertung durch HPLC auf LiChrosorb Si60, 5 μm, mit dem Laufmittelgemisch Petrolether (50–70°C), Essigsäureethylester, Methanol (960:40:4), 3.0 mL/min, interner Standard Bis(p-nitrophenyl)sulfon. [c] Anteil des Sauerstofftransfers auf den Sulfoxidschwefel ( $X_{\text{SO}} = n_{\text{SO}} / (n_{\text{SO}} + n_{\text{S}})$ ), Fehler  $\pm 0.03$ .

transfer von Dibenzotropoxin, bei dem die Aromatisierung die positive Ladung stabilisiert, über die Grenzstruktur 3b erklärt werden. Wird diese Aromatisierung wie bei Dibenzodihydro-5-oxides 9 unterbunden, dann wird ein weniger nucleophiler Sauerstofftransfer beobachtet.



Bei den bisher diskutierten Fällen entspricht die Elektronendichte des endständigen Sauerstoffs im Carbonyl-oxid recht gut dem nucleophilen Charakter des Sauerstofftransfers auf Thianthren-5-oxid. Überraschend jedoch verhielten sich Fluoren-5-oxides 6 und Cyclopentadien-5-oxides 7, für die wir aufgrund der aromatischen Grenzstruktur 7d erwartet hätten, daß der Sauerstofftransfer wenigstens so elektrophil wie bei 12 verläuft. Der sehr nucleophile Sauerstofftransfer ist jedoch am besten mit 7a und 7c in Einklang zu bringen. Entsprechendes gilt für 6.



Leider führten IR-spektroskopische Untersuchungen an matrixisoliertem Cyclopentadienonoxid 7 zu widersprüchlichen Aussagen über die elektronische Struktur dieser Spezies<sup>[3]</sup>. Während Chapman et al.<sup>[3a]</sup> aufgrund von  $\nu_{CO} \approx 1390 \text{ cm}^{-1}$  die Grenzstruktur 7a favorisieren, argumentieren Dunkin et al.<sup>[3b,c]</sup> für die Grenzstrukturen 7c, d. Auf keinen Fall ist die Grenzstruktur 7d mit dem stark nucleophilen Sauerstofftransfer vereinbar. Auch erwartet man für die diradikale Grenzstruktur 7c weniger nucleophilen Sauerstofftransfer, denn das *tert*-Butylperoxyradikal überträgt Sauerstoff auf Thianthren-5-oxid stark elektrophil ( $X_{SO} = 0.03$ )<sup>[4]</sup>. Bis weitere spektroskopische Untersuchungen den elektronischen Charakter klären, bevorzugen wir das Carboxyloxid 7a als plausibelste Grenzstruktur. Der direkte IR-spektroskopische Nachweis, daß Cyclopentadienon einem „normalen“  $\alpha, \beta$ -ungesättigten Keton entspricht<sup>[5]</sup>, läßt erwarten, daß das Carboxyloxid sich beim Sauerstofftransfer stark nucleophil verhält.

Eingegangen am 14. August,  
ergänzte Fassung am 1. Oktober 1985 [Z 1430]

- [1] R. L. Kuczowski in A. Padwa (Hrsg.): *1,3-Dipolar Cycloaddition Chemistry*, Vol. 2, Wiley, New York 1984, S. 197–276.  
 [2] W. Adam, W. Haas, G. Sieker, *J. Am. Chem. Soc.* 106 (1984) 5020.  
 [3] a) O. L. Chapman, T. C. Hess, *J. Am. Chem. Soc.* 106 (1984) 1842; b) G. A. Bell, I. R. Dunkin, *J. Chem. Soc. Chem. Commun.* 1983, 1213; c) G. A. Bell, I. R. Dunkin, *Tetrahedron* 41 (1985) 339.  
 [4] W. Haas, *Dissertation*, Universität Würzburg 1985.  
 [5] G. Maier, L. H. Franz, H.-G. Hartan, K. Lanz, H. P. Reisenauer, *Chem. Ber.* 118 (1985) 3196.

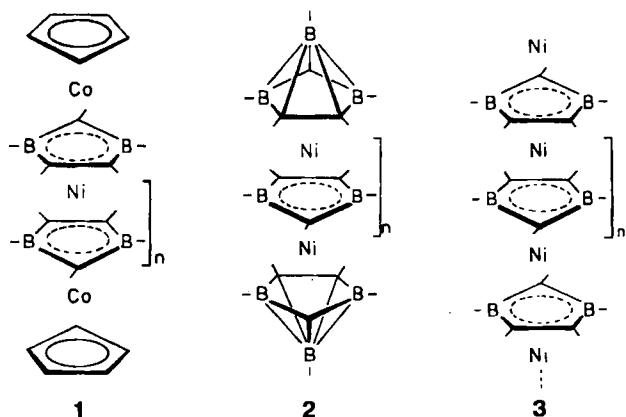
## Polymeres ( $\eta^5, \mu$ -2,3-Dihydro-1,3-diborolyl)nickel – die erste Polydecker-Sandwichverbindung\*\*

Von Thomas Kuhlmann, Siegmar Roth, Jacques Rozière und Walter Siebert\*

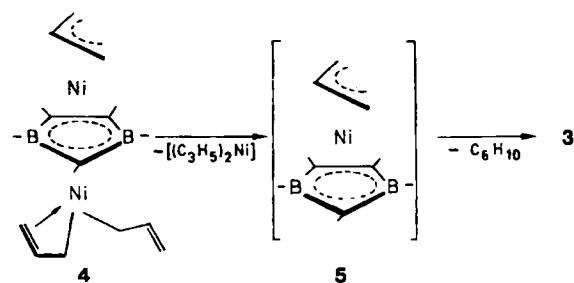
Professor Max Schmidt zum 60. Geburtstag gewidmet

Polydecker-Sandwichverbindungen sind eindimensionale Übergangsmetallkomplex-Systeme, die elektrische Leitfähigkeit aufweisen sollten. INDO-MO-Rechnungen<sup>[1]</sup> an elf Modellverbindungen haben Bandstrukturen in Abhängigkeit der Metalle (Mn–Zn) und der sie verknüpfenden Brückenliganden ergeben: Polymeres  $[(Mn(C_5H_5)_2)_n]$  ist ein Isolator,  $[Zn(B_5H_5)_2]$  ein elektrischer Leiter. Der Aufbau von Oligodecker-Sandwichverbindungen führte mit Carbacyclen bisher nur zu Tripeldeckern<sup>[2]</sup>, während mit dem elektronenarmen 2,3-Dihydro-1,3-diborolyl-Liganden die Synthese von Tetra-, Penta- und Hexadecker-Komplexen vom Typ 1 ( $n = 1$ –3) gelang<sup>[3]</sup>. Diese Ergebnisse sowie

die ungewöhnliche schon bei Raumtemperatur erfolgende Umwandlung von Bis(2,3-dihydro-1,3-diborol)nickel-Sandwichkomplexen in die Oligodecker<sup>[4]</sup> 2 ( $n = 1$ –8) zeigen, daß das 13-Valenzelektronen-Fragment  $[\text{Ni}(R_5C_3B_2)]$  eine elektronisch günstige Stapeleinheit ist. Wir berichten hier über Synthese und Eigenschaften der ersten Polydecker-Sandwichverbindung 3.



Durch Umsetzung von 1,3,4,5-Tetramethyl-2,3-dihydro-1,3-diborol<sup>[5]</sup> mit Bis(allyl)nickel im Überschuß bei tiefer Temperatur wird der Zweikernkomplex 4 gebildet<sup>[6]</sup>. In Lösung reagiert er langsam zum Tetradecker  $[(C_3H_5)_2Ni(Me_4HC_3B_2)_2Ni]$ , wobei auch Nickel, Hexadien und wenig polymere Produkte anfallen. Erhitzt man dünne Schichten von 4 im Vakuum, so werden die Kondensationsprodukte  $[(\eta^3-C_3H_5)_2Ni]$  und Hexadien aus dem Reaktionsgemisch entfernt, und auf der Kolbenwand entsteht ein schwarzer Film, der beim Abkühlen in metallisch glänzende Plättchen zerspringt. Die fast quantitative Bildung von polymerem 3 verläuft vermutlich über den aus 4 primär entstehenden Komplex 5.



3 ist thermisch außerordentlich stabil und unlöslich in organischen Solventien. Bei Kapazitätsmessungen<sup>[7]</sup> in Propylenkarbonat/LiClO<sub>4</sub> tritt eine partielle Auflösung der Polydecker-Elektrode ein. Die Analysen des sehr sauerstoffempfindlichen Polymers<sup>[8]</sup> ergeben die für die Stapeleinheit berechnete Formel  $C_7H_{13}B_2Ni$ . Im  $O_2$ -Strom entzündet sich 3, Suspensionen in Mesitylen nehmen pro Stapeleinheit zwei Sauerstoffmoleküle auf<sup>[9]</sup>.

Massenspektrometrisch wird bis 620 K als einziges Fragment Allyl ( $m/z$  41) in geringer Intensität gefunden. Festkörper-NMR-Untersuchungen ergeben breite  $^{11}B$ - und  $^{13}C$ -Signale im diamagnetischen Bereich<sup>[10]</sup>; die Aufnahme von  $^1H$ -entkoppelten NMR-Spektren ist wegen Entladung in der Probe nicht möglich. Im X-Band-ESR-Spektrum zeigt das Polymer bei 280 K ein sehr breites Signal (864 G,  $g = 2.25$ ), ab 50 K tritt ein neues Signal bei  $g = 2.10$  auf, dessen Intensität bei weiterem Abkühlen zunimmt, während das ursprüngliche Signal verschwindet. Bei 2 K liegt

[\*] Prof. Dr. W. Siebert, Dr. T. Kuhlmann  
Anorganisch-chemisches Institut der Universität  
Im Neuenheimer Feld 270, D-6900 Heidelberg 1

Dr. S. Roth  
Max-Planck-Institut für Festkörperforschung  
Heisenbergstraße 1, D-7000 Stuttgart 80

Prof. Dr. J. Rozière  
Laboratoire des Acides Minéraux Université des Sciences et Techniques  
du Languedoc  
F-34060 Montpellier Cedex (Frankreich)

[\*\*] Diese Arbeit wurde von der Deutschen Forschungsgemeinschaft, dem Land Baden-Württemberg (Schwerpunkt Nr. 31 – Komplexchemie), dem Fonds der Chemischen Industrie und der BASF AG unterstützt.