

Tabelle 1. Durch visuelle Auswertung der Elektropherogramme erhaltene Werte für die makroskopische Geschwindigkeit der Hydrolyse,  $\bar{v}$ , und die Prozessivität der Exonuclease III.<sup>[a]</sup>

Nr.	DNA-Markierung	$[E_0]$ [U]	T [°C]	1,4-Dioxan	Umsatz [%]	t [min]	$\bar{v}$ [nts <sup>-1</sup> ]	Prozessivität
1	TMR, RG	5	37	+	26	0.3	16.5	+
2	TMR, RG	50	37	+	72	0.3	16.5	+
3	TMR, RG	250	37	+	67	0.3	16.5	+
4	TMR, RG	50	10	+	38	0.3	16.5	+
5	TMR, RG	50	20	+	68	0.3	16.5	+
6	TMR, RG	50	37	+	72	0.3	16.5	+
7	TMR, RG	25	20	+	56	0.3	16.5	+
8	TMR, RG	25	20	-	15	5.0	1.1	-
9	keine <sup>[b]</sup>	25	20	-	98	0.2	4.1	-

[a] TMR = Tetramethylrhodamin; RG = Rhodamine-Green. [b] 5'-Terminale RG-Markierung.

holen.<sup>[7,14]</sup> Dieser „minimale“ oder Zweifarben-Ansatz könnte nun basierend auf unseren Ergebnissen verfolgt werden, da wir einerseits gezeigt haben, dass DNA bei vollständiger Substitution der Pyrimidin-Nucleotide durch ihre fluoreszierenden Analoga sequenzgetreu kopiert werden kann, und andererseits diese Heteroduplex-DNA als Substrat für den sequentiellen hydrolytischen Abbau durch *E.-coli*-Exonuclease III fungiert – sofern 1,4-Dioxan zugegeben wird. Dieses Lösungsmittel erhöht nicht nur die Löslichkeit der markierten DNA, sondern ändert auch das mikroskopische Verhalten des Enzyms vom distributiven zum hochgradig prozessiven Modus. Daher sind wir zuversichtlich, dass das Konzept der Einzelmolekül-Sequenzierung jetzt realisiert und reproduzierbar etabliert werden kann.

### Experimentelles

**Kinetische Gleichgewichtszustandsanalyse:** 40 fmol dsDNA-Substrat mit einem vollständig durch Rhodamin-markierte Pyrimidin-Analoga modifizierten Strang (ca. 370 bp; Fragment der codierenden Sequenz der Reversen Transkriptase von HIV) wurden in 75 µL Reaktionspuffer, bestehend aus 66 mM Tris-HCl, pH 8.0, 0.66 mM MgCl<sub>2</sub>, 50 mM Dithiothreitol (DTT), 0.5 mg mL<sup>-1</sup> BSA und 25% (v/v) 1,4-Dioxan, gelöst. Der exonucleolytische Abbau wurde durch Zugabe von 2 µL Exonuclease III gestartet (jeweils Verdünnungen, die die in Tabelle 1 angegebenen Mengen an Enzym in Units enthielten; United States Biochemicals). Die Reaktion wurde bei 20 °C inkubiert. Proben (7 µL) wurden unmittelbar vor Zugabe des Enzyms (0 min) sowie nach 0.2, 2, 5, 10, 15, 20, 30, 60, 120 min genommen, die dann mit 1 µL 0.5 M EDTA versetzt wurden, um die Reaktion zu beenden. Nach der sich anschließenden Lyophilisierung wurden die Proben in 4 µL Ladepuffer (Formamid/25 mM EDTA = 5:1 (v/v) mit 50 mg mL<sup>-1</sup> Dextranblau) aufgenommen, mit 1 µL internem Fragmentlängen-Standard ROX-1000 (Applied Biosystems) versetzt und in Sequenziereilen (6% Polyacrylamid, 8.3 M Harnstoff) mithilfe des automatischen Systems ABI 373A analysiert. Fragmentlängen und relative Konzentrationen wurden mit der Software GeneScan 672 (ABI) bestimmt.

Eingegangen am 17. April 2002 [Z19105]

- [1] D. C. Nguyen, R. A. Keller, J. H. Jett, J. C. Martin, *Anal. Chem.* **1987**, 59, 2158–2161.
- [2] W. P. Ambrose, P. M. Goodwin, J. H. Jett, M. E. Johnson, J. C. Martin, B. L. Marrone, J. A. Schecker, C. W. Wilkerson, R. A. Keller, *Ber. Bunsen-Ges.* **1993**, 97, 1535–1542.
- [3] M. Eigen, R. Rigler, *Proc. Natl. Acad. Sci. USA* **1994**, 91, 5740–5747.
- [4] R. F. Service, *Science* **1999**, 283, 1669.
- [5] J. Stephan, K. Dörre, S. Brakmann, T. Winkler, T. Wetzel, M. Lapczyna, M. Stuke, B. Angerer, W. Ankenbauer, Z. Földes-Papp, R. Rigler, M. Eigen, *J. Biotechnol.* **2001**, 86, 255–267.
- [6] R. Rigler, Ü. Mets, J. Widengren, P. Kask, *Eur. Biophys. J.* **1993**, 22, 169–175.

- [7] K. Dörre, S. Brakmann, M. Brinkmeier, K.-T. Han, K. Riebeseel, P. Schwille, J. Stephan, T. Wetzel, M. Lapczyna, M. Stuke, R. Bader, M. Hinz, H. Seliger, J. Holm, M. Eigen, R. Rigler, *Bioimaging* **1997**, 5, 139–152.
- [8] S. Brakmann, P. Nieckchen, *ChemBioChem* **2001**, 2, 773–777.
- [9] S. Brakmann, S. Löbermann, *Angew. Chem.* **2001**, 113, 1473–1476; *Angew. Chem. Int. Ed.* **2001**, 40, 1427–1429.
- [10] K. K. Ogilvie, F. H. Hruska, *Biochem. Biophys. Res. Commun.* **1976**, 68, 375–378.
- [11] J. D. Hoheisel, F. M. Pohl, *J. Mol. Biol.* **1987**, 193, 447–464.
- [12] J. D. Hoheisel, *Anal. Biochem.* **1993**, 209, 238–246.
- [13] R. L. Affeck, J. N. Demas, P. M. Goodwin, J. H. Jett, R. A. Keller, J. C. Martin, J. A. Schecker, D. J. Semin, M. Wu in Human Genome Program Contractor-Grantee Workshop V, Human Genome Program, US Department of Energy, **1996**.
- [14] J. H. Jett, R. A. Keller, J. C. Martin, R. G. Posner, B. L. Marrone, M. L. Hammond, D. J. Simpson, Method for rapid base sequencing in DNA and RNA with two base labeling, USA 5405747, **1995**.

### <sup>1</sup>[HgGe<sub>9</sub>]<sup>2-</sup> – Ein durch Heteroatome kovalent verknüpftes Polymer mit Zintl-Ionen als Bausteinen\*\*

Anke Nienhaus, Ralf Hauptmann und Thomas F. Fässler\*

Professor Gottfried Huttner zum 65. Geburtstag gewidmet

Homoatomare Elementpolyeder des Typs E<sub>n</sub><sup>x-</sup> (E = Element der Gruppe 14) sind aussichtsreiche Kandidaten für den Aufbau komplexer Strukturen mit interessanten elektronischen Eigenschaften. Die E<sub>n</sub>-Polyeder sind mit unterschiedlicher Elektronenzahl stabil und können daher als Elektronenreservoir dienen, was bei geeigneter Kupplung der Cluster zu ungewöhnlichen Eigenschaften führt. Besonders eindrucksvoll ist dies bei Alkalimetallfullerid-Phasen belegt,

[\*] Prof. Dr. T. F. Fässler, A. Nienhaus, Dr. R. Hauptmann  
Technische Universität Darmstadt  
Eduard-Zintl-Institut  
Petersenstraße 18–20, 64287 Darmstadt (Deutschland)  
Fax: (+49) 6151-16-6029  
E-mail: faessler@ac.chemie.tu-darmstadt.de

[\*\*] Diese Arbeit wurde von der Deutschen Forschungsgemeinschaft (SPP 1072) gefördert. Wir danken Herrn Dr. Cordier für die Unterstützung bei der Datensammlung für die Strukturanalyse und Herrn Dr. Eichel für die Aufnahme von ESR-Spektren.

welche  $C_{60}^{3-}$ -Ionen enthalten und bei relativ hohen Sprungtemperaturen supraleitend werden.<sup>[1]</sup> Die strukturellen Charakterisierungen der linear-polymeren Anionen mit  $C_7^{[2]}$  und  $Ge_9^{[3]}$  als Bausteinen zeigen nun Möglichkeiten auf, komplexe Strukturen durch kovalente Verknüpfung der Polyeder zu erhalten. Auf die Parallelen zwischen den Fulleriden und den homoatomaren Polyedern der schwereren Elemente der Gruppe 14, welche als Zintl-Ionen bekannt sind, haben wir kürzlich hingewiesen.<sup>[4]</sup> Homoatomare Zintl-Ionen mit Elementen der Gruppe 14 sind schon seit 1891 durch das Lösen von elementarem Zinn oder Blei in einer Lösung von Natrium in flüssigem Ammoniak belegt,<sup>[5]</sup> doch ist über die chemische Reaktivität der Ionen bis heute wenig bekannt.<sup>[6]</sup>

Im Rahmen unserer Untersuchungen über Halbleiter- und Metallcluster als Bausteine für organisierte Strukturen<sup>[7]</sup> gelang uns nun erstmals die Kupplung von  $Ge_9$ -Polyedern mit Hg-Atomen. Durch Umsetzung einer Lösung der Phase  $K_4Ge_9$  in Ethyldiamin (en) mit elementarem Quecksilber in Gegenwart von [2.2.2]Cryptand (crypt), erhielten wir die Verbindung  $[K(\text{crypt})_2][HgGe_9](\text{en})_2$  (**1**).<sup>[8]</sup> Wie erwartet treten die Hg-Atome als Brücken zwischen den  $E_9$ -Clustern unter Bildung eines linearen Polymers der Zusammensetzung  $\sim[HgGe_9]$  auf.

Die Ergebnisse der Einkristallstrukturanalyse von **1** zeigen, dass die Hg-Atome an zwei gegenüberliegende Ge-Atome der offenen Vierecksfläche der  $E_9$ -Cluster gebunden sind.<sup>[9]</sup> Die kleinsten Hg-Ge-Abstände sind mit 2.543(1) Å der zu Ge3 und mit 2.606(1) Å der zu Ge4. Die Abstände des Hg-Atoms zu je zwei weiteren Ge-Atomen der Cluster sind mit 3.049(1) und 3.120(1) Å zu Ge5 bzw. Ge6 sowie 4.096(1) und 4.043(1) Å zu Ge7 bzw. Ge8 deutlich größer (Abbildung 1).

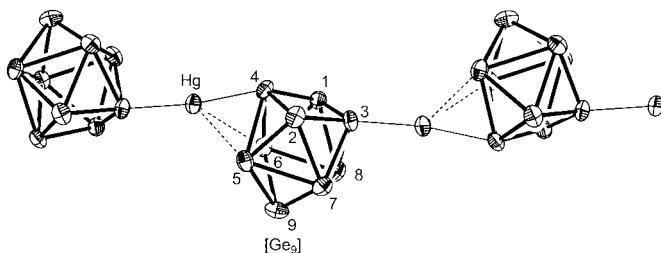


Abbildung 1. Darstellung eines Strukturausschnitts von **1** mit dem linearen Polymer  $[HgGe_9]$ . Die Auslenkungsparameter der Atome sind mit 50% Aufenthaltswahrscheinlichkeit gezeigt. Bindungslängen in Å: Ge1-Ge3 2.555(2), Ge1-Ge4 2.583(1), Ge1-Ge6 2.550(1), Ge1-Ge8 2.682(1), Ge2-Ge3 2.555(1), Ge2-Ge4 2.575(2), Ge2-Ge5 2.537(1), Ge2-Ge7 2.643(1), Ge3-Ge7 2.606(1), Ge3-Ge8 2.590(1), Ge4-Ge5 2.726(1), Ge4-Ge6 2.725(1), Ge5-Ge6 2.904(1), Ge5-Ge7 2.750(1), Ge5-Ge9 2.560(1), Ge6-Ge8 2.756(1), Ge6-Ge9 2.567(1), Ge7-Ge8 2.776(1), Ge7-Ge9 2.589(1), Ge8-Ge9 2.587(1), Hg-Ge3 2.543(1), Hg-Ge4 2.606(1).

Da die Abstände zu den Atomen Ge5 und Ge6 kleiner sind als zu Ge7 und Ge8 des zweiten im Polymer benachbarten Clusters, ist der  $Ge_9$ -Cluster gegenüber dem Hg-Hg-Vektor gekippt.

Der Bindungswinkel am Quecksilberatom zu den nächsten Nachbarn beträgt 172.2(3)° und weist auf eine zweifache Koordination des Hg-Atoms und eine kovalente Wechselwirkung zwischen Hg- und Ge-Atomen hin. Für eine kovalente Bindung spricht auch die gute Übereinstimmung der Bin-

dungslängen mit der Summe der Kovalenzradien ( $r_{\text{Hg}} = 1.30 \text{ \AA}$ ,  $r_{\text{Ge}} = 1.22 \text{ \AA}$ ).<sup>[10]</sup> Vergleichbare Bindungsparameter finden sich in der metallorganischen Verbindung  $\text{Ph}_3\text{Ge}-\text{Hg}-\text{GePh}_3$ , bei welcher die Ge-Hg-Bindungslängen mit 2.543(1) und 2.514(2) Å nur wenig kürzer und der Ge-Hg-Ge Bindungswinkel mit 178.68° etwas größer sind.<sup>[11]</sup>

Pro  $[\text{HgGe}_9]$ -Einheit liegen zwei  $[\text{K}(\text{crypt})]^+$ -Kationen vor, was zu einer Ladung von -2 für das Monomer der Polymerkette führt (Abbildung 2). Die Ge-Ge-Bindungslängen

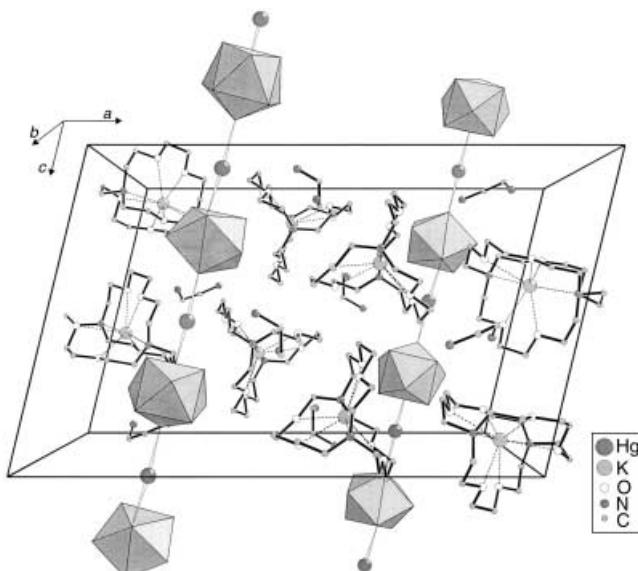


Abbildung 2. Struktur von **1** im Kristall mit Einheitszelle. Blickrichtung entlang der  $b$ -Achse.

liegen im Bereich von 2.537(1) bis 2.904(1) Å und entsprechen denen in bekannten  $Ge_9$ -Clustern.<sup>[12]</sup> Die längste Bindung mit 2.904 Å tritt zwischen den Atomen Ge5 und Ge6 auf, welche schwache Wechselwirkungen mit dem Hg-Atom aufweisen. Je nach Ladungszuweisung kann das Polymer mit kovalenten Bindungen zwischen Ge- und Hg-Atomen entsprechend  $-[\text{Ge}_9]^{2-}-\text{Hg}-[\text{Ge}_9]^{2-}-\text{Hg}-$  oder mit formaler Ladungsübertragung als  $[\text{Ge}_9]^{4-}\text{Hg}^{2+}[\text{Ge}_9]^{4-}\text{Hg}^{2+}$  formuliert werden. Unabhängig von der Ladungsverteilung haben die Cluster 22 Gerüstbindungelektronen (GBE) und lassen nach den Wade-Regeln eine *nido*-Struktur in der Form eines einfach überdachten quadratischen Antiprismas mit  $C_{4v}$ -Punktsymmetrie erwarten. Die geometrischen Bindungsparameter in **1** sprechen allerdings für einen  $C_s$ -symmetrischen Körper mit einer Struktur, die zwischen dem *nido*- und dem *clos*-Typ liegt (dreifach überdachtes trigonales Prisma,  $D_{3h}$ -Symmetrie). Letzterer wird für Cluster mit 20 GBE erwartet. In **1** ist die offene quadratische Fläche eines unterlegten  $C_{4v}$ -symmetrischen Körpers deutlich in Richtung einer Raute mit der kürzeren Diagonale parallel zur Kettenrichtung verzerrt ( $d(\text{Ge1-Ge2}) = 4.049(2) \text{ \AA}$ ,  $d(\text{Ge3-Ge4}) = 3.149(1) \text{ \AA}$ ). Unter der Annahme eines zugrunde liegenden trigonalen Prismas der Atome Ge3 bis Ge8 ist die Prismenkante Ge3-Ge4 gegenüber den Kanten Ge5-Ge7 und Ge6-Ge8 um 14% verlängert. Die nahezu  $C_{2v}$ -symmetrische Clustertopologie ist

nicht ungewöhnlich und wird auch für eine Reihe anderer  $\text{Ge}_9$ -Cluster mit 22 und 21 GBE beschrieben.<sup>[12]</sup>

Die  $^1[\text{HgGe}_9]$ -Ketten sind in Kristallen von **1** parallel zur *c*-Achse in Form einer verzerrt hexagonal dichten Stabpackung angeordnet und durch die  $[\text{K}(\text{crypt})]^+$ -Kationen voneinander getrennt (Abbildung 3). Zwischen den  $^1[\text{HgGe}_9]$ -Ketten und

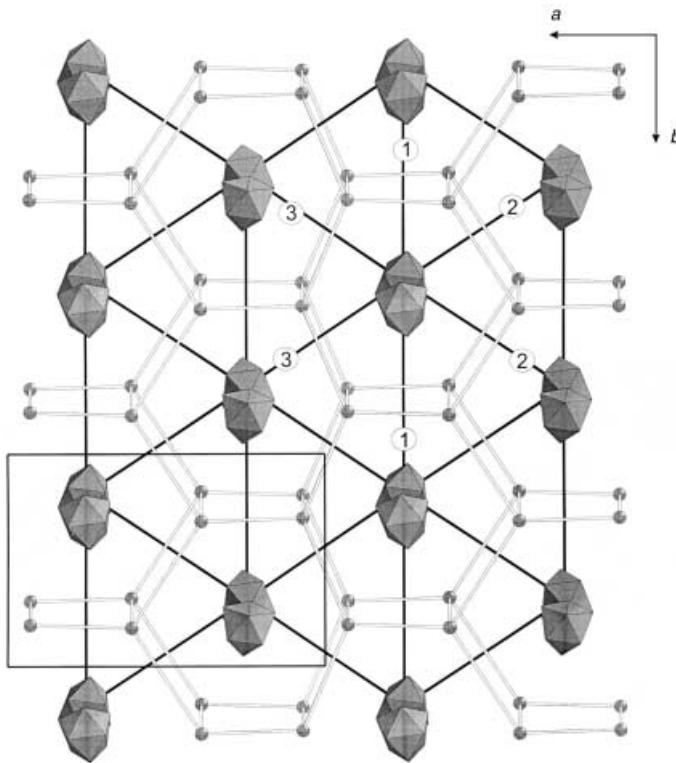


Abbildung 3. Struktur von **1** im Kristall mit Blickrichtung entlang der *c*-Achse. Die polymeren Ketten sind analog einer hexagonal dichten Stabpackung angeordnet, die Abstände zwischen den Schwerpunkten der Cluster sind bei ① 16.242, bei ② 15.084 und bei ③ 14.736 Å groß. Die  $[\text{K}(\text{crypt})]^+$ -Kationen bilden ein stark verzerrtes Sechseckgitter. Anstelle  $[\text{K}(\text{crypt})]$ -Einheiten sind nur die zentralen K-Atome dargestellt.

den Kationen liegen keine bindenden Wechselwirkungen vor. Die Abstände zwischen den Schwerpunkten der Cluster benachbarter Ketten liegen im Bereich von 14.736 bis 16.242 Å. Die en-Moleküle besetzen Zwischenräume und weisen weder zu den  $^1[\text{HgGe}_9]$ -Ketten, noch zu den Kationen bindende Wechselwirkungen auf (Abbildung 2).

Verbindung **1** entsteht aus  $[\text{Ge}_9]^{4-}$ -Ionen und  $\text{Hg}^0$  ohne Verwendung eines Oxidationsmittels. Auch die vergleichbare Bildung von  $^1[\text{Ge}_9]^{2-}$ ,<sup>[3]</sup>  $[\text{Ge}_9\text{-Ge}_9]^{6-}$ ,<sup>[13]</sup>  $[\text{Ph}_2\text{Bi}\text{-Ge}_9\text{-BiPh}_2]$ <sup>[14]</sup> und den paramagnetischen Ionen  $[\text{Ge}_9]^{3-}$ <sup>[15-17]</sup> aus  $[\text{Ge}_9]^{4-}$ -Ionen erfolgte ohne Zusatz von Oxidationsmitteln. Bei der hier beschriebenen Reaktion mit einem Überschuss an Quecksilber ist jedoch neben der Oxidation durch Verunreinigungen auch die Reduktion von Quecksilber denkbar.

Mit der Synthese von **1** wird die Möglichkeit aufgezeigt, Zintl-Ionen als Bausteine zum Aufbau komplexer Strukturen zu verwenden. In Übereinstimmung mit den strukturellen Befunden und der Ladungsverteilung ist im ESR-Spektrum von **1** kein Signal zu erkennen.<sup>[18]</sup> Nach partieller Oxidation oder Reduktion der Polymerkette, was dem Einbau paramag-

netischer Cluster entspricht, sind interessante magnetische Eigenschaften zu erwarten. Die homoatomaren Cluster des eindimensionalen Polymers in **1** haben je zwei weitere reaktive Zentren, welche es im Prinzip durch erneute oxidative Kupplung in Gegenwart eines zur Brückebildung befähigten Atoms ermöglichen, auch zweidimensionale Polymere aufzubauen. Der zur Herstellung von **1** analoge Ansatz führte mit  $\text{Sn}_9$ -Clustern anstelle von  $\text{Ge}_9$  bisher lediglich zur Zersetzung der Lösung und Bildung von elementarem Zinn. Der Versuch,  $\text{Sn}_9$ -Cluster durch Te-Atome zu verbrücken, führte zum Abbau der Cluster und zur Bildung der heteroatomaren Ionen  $[\text{Te}_2\text{Sn}(\mu_2\text{-Te})_2\text{SnTe}_2]^{4-}$  und  $[\text{Sn}(\mu_2\text{-Te})_3\text{Sn}]^{2-}$ .<sup>[19]</sup>

### Experimentelles

Zur Herstellung von **1** werden 200 mg (0.25 mmol)  $\text{K}_4\text{Ge}_9$  und 3 mL en in ein Schlenk-Rohr gegeben. Das Gemisch wird 5 min im Ultraschallbad behandelt. Es bildet sich eine dunkelgrüne Lösung, die auf 300 mg (1.5 mmol) Hg filtriert wird. Das Reaktionsgemisch wird 20 min im Ultraschallbad behandelt und anschließend auf 376 mg (1 mmol) [2.2.2]Cryptand filtriert. Das Filtrat wird mit 3 mL Toluol überschichtet. Nach etwa 3 Tagen kristallisiert das Produkt in Form von rotbraunen säulenförmigen Kristallen mit einer Ausbeute von 90 mg aus (20% bezogen auf die eingesetzte Menge  $\text{K}_4\text{Ge}_9$ ). Elementaranalyse [%]: gef. (ber.): C 26.82 (26.61), H 4.95 (4.91), N 6.04 (6.21).

Eingegangen am 4. April 2002 [Z19038]

- [1] A. F. Hebard, M. J. Rosseinsky, R. C. Haddon, D. W. Murphy, S. H. Glarum, T. T. M. Palstra, A. P. Ramirez, A. R. Kortan, *Nature* **1991**, *350*, 600–601.
- [2] H. Brumm, E. Peters, M. Jansen, *Angew. Chem.* **2001**, *113*, 2117–2119; *Angew. Chem. Int. Ed.* **2001**, *40*, 2069–2071.
- [3] C. Downie, Z. Tang, A. M. Guloy, *Angew. Chem.* **2000**, *112*, 346–348; *Angew. Chem. Int. Ed.* **2000**, *39*, 338–340.
- [4] T. F. Fässler, *Angew. Chem.* **2001**, *113*, 4289–4293; *Angew. Chem. Int. Ed.* **2001**, *40*, 4161–4165.
- [5] A. Joannis, C. R. Hebd. *Seances Acad. Sci.* **1891**, *113*, 795–798.
- [6] B. W. Eichhorn, R. C. Haushalter, *J. Am. Chem. Soc.* **1988**, *110*, 8704–8706; B. Schiemann, G. Huttner, *Angew. Chem.* **1993**, *105*, 295–296; *Angew. Chem. Int. Ed. Engl.* **1993**, *32*, 297–298; G. Renner, P. Kircher, G. Huttner, P. Rutsch, K. Heinze, *Eur. J. Inorg. Chem.* **2001**, *973*–980; B. Kesani, J. Fettinger, B. Eichhorn, *Chem. Eur. J.* **2001**, *7*, 5277–5285; J. Campbell, H. P. A. Mercier, H. Franke, D. P. Santry, D. A. Dixon, G. J. Schroblingen, *Inorg. Chem.* **2002**, *41*, 86–107.
- [7] R. Hauptmann, R. Hoffmann, T. F. Fässler, *Z. Anorg. Allg. Chem.* **2001**, *627*, 2220–2224.
- [8] [2.2.2]Cryptand = 4,7,13,16,21,24-Hexaoxa-1,10-diazabicyclo[8.8.8]hexacosan.
- [9] Kristallstrukturanalyse: Die Kristalle wurden in Glaskapillaren montiert. Die Strukturlösung (SHELXS-97) und die Verfeinerung (SHELXL-97) erfolgte mit Direkten Methoden bzw. Volle-Matrix-kleinste-Fehlerquadrate-Methode gegen  $F^2$  für alle Nicht-Wasserstoffatome, außer denen der en-Moleküle, mit anisotropen Auslenkungsparametern. Kristallabmessungen  $0.17 \times 0.42 \times 0.46$  mm<sup>3</sup>, Gitterkonstanten bei 150 K:  $a = 24.994(5)$ ,  $b = 16.242(3)$ ,  $c = 16.062(3)$  Å,  $\beta = 103.51(3)$ °,  $V = 6340(2)$  Å<sup>3</sup>, Raumgruppe  $P2_1/c$  (Nr. 14),  $Z = 4$ ,  $\rho_{\text{ber.}} = 1.891$  g cm<sup>-3</sup>,  $\mu = 6.800(2)$  mm<sup>-1</sup>. Datensammlung: STOE-IPDS2, Mo<sub>Kα</sub>-Strahlung,  $2\Theta_{\text{max}} = 50.02$ ° (Bildplattenabstand 120 mm), 49959 Reflexe, davon 11123 unabhängig ( $R_{\text{int.}} = 0.108$ ),  $R_1 = 0.061$  und  $R_w = 0.102$  für 609 Parameter und 8619 Reflexe mit  $I > 2\sigma(I)$  sowie  $R_1 = 0.081$  und  $R_w = 0.108$  mit allen Daten. CCDC-182906 enthält die ausführlichen kristallographischen Daten zu dieser Veröffentlichung. Die Daten sind kostenlos über [www.ccdc.cam.ac.uk/conts/retrieving.html](http://www.ccdc.cam.ac.uk/conts/retrieving.html) erhältlich (oder können bei folgender Adresse in Großbritannien angefordert werden: Cambridge Crystallographic Data Centre, 12, Union Road, Cambridge CB21EZ; Fax: (+44) 1223-336-033; oder deposit@ccdc.cam.ac.uk).

- 
- [10] D. Crdenic, *Q. Rev. Chem. Soc.* **1965**, *19*, 303; L. Pauling, *The Nature of the Chemical Bond and the Structure of Molecules and Crystals*, Cornell University Press, New York, **1960**.
- [11] S. N. Titova, V. T. Bychkov, G. A. Domrachev, G. A. Razuvayev, L. N. Zakharov, G. G. Alexandrov, Y. T. Struchkov, *Inorg. Chim. Acta* **1981**, *50*, 71–77.
- [12] T. F. Fässler, *Coord. Chem. Rev.* **2001**, *215*, 347–377.
- [13] L. Xu, S. C. Sevov, *J. Am. Chem. Soc.* **1999**, *121*, 9245–9246.
- [14] A. Ugrinov, S. C. Sevov, *J. Am. Chem. Soc.* **2002**, *124*, 2442–2443.
- [15] C. Belin, H. Mercier, V. Angilella, *New J. Chem.* **1991**, *15*, 931.
- [16] T. F. Fässler, M. Hunziker, *Inorg. Chem.* **1994**, *33*, 5380–5381.
- [17] T. F. Fässler, U. Schütz, *Inorg. Chem.* **1999**, *38*, 1866–1870.
- [18] Die ESR-Messungen wurden mit einem ESP-300E-Spektrometer der Firma Bruker durchgeführt.
- [19] T. F. Fässler, U. Schütz, *J. Organomet. Chem.* **1997**, *541*, 269–276.