

[Mo(CO)₆], 13939-06-5; [W(CO)₆], 14040-11-0; [W(CO)₃(MeCN)₃], 16800-47-8; [W(CO)₃(EtCN)₃], 84580-21-2; [Cr(CO)₃(EtCN)₃], 91513-88-1; [Cr(CO)₃(MeCN)₃], 16800-46-7; [Mo(CO)₃(EtCN)₃], 103933-26-2; [Mo(CO)₃(MeCN)₃], 15038-48-9; [Me₃SiCl], 75-77-4.

- [1] M. Baudler, D. Düster, D. Ouzounis, *Z. Anorg. Allg. Chem.* **544** (1987) 87.
- [2] M. Baudler, *Angew. Chem.* **99** (1987) 429; *Angew. Chem. Int. Ed. Engl.* **26** (1987) 419.
- [3] M. Baudler, S. Akpapoglou, D. Ouzounis, F. Wasgestian, B. Meinigke, H. Budzikiewicz, H. Münster, *Angew. Chem.* **100** (1988) 288; *Angew. Chem. Int. Ed. Engl.* **27** (1988) 280.
- [4] M. Baudler, D. Ouzounis, *Z. Naturforsch.* **B44** (1989) 381.
- [5] M. Baudler, T. Etzbach, *Chem. Ber.*, im Druck.
- [6] Übersichten: O. J. Scherer, *Angew. Chem.* **102** (1990) 1137; *Angew. Chem. Int. Ed. Engl.* **29** (1990) 1104; *Comments Inorg. Chem.* **6** (1987) 1; *Nachr. Chem. Tech. Lab.* **35** (1987) 1140, zit. Lit.
- [7] Siehe auch: J. A. Chamizo, M. Ruiz-Mazón, R. Salcedo, R. A. Toscano, *Inorg. Chem.* **29** (1990) 879.
- [8] Koordinationsverschiebung $\Delta = \delta_{\text{Komplex}} - \delta_{\text{Ligand}}$; S. O. Grim, D. A. Wheatland, W. McFarlane, *J. Am. Chem. Soc.* **89** (1967) 5573.
- [9] Siehe beispielsweise: a) J. Deberitz, H. Nöth, *Chem. Ber.* **103** (1970) 2541; b) F. Mathev, A. Mitschler, R. Weiss, *J. Am. Chem. Soc.* **100** (1978) 5748.
- [10] W. Malisch, M. Kuhn, *Chem. Ber.* **107** (1974) 979.
- [11] J. E. Ellis, E. A. Flom, *J. Organomet. Chem.* **99** (1975) 263.
- [12] I. J. Hyams, R. T. Bailey, E. R. Lippincott, *Spectrochim. Acta Part A* **23** (1967) 273.
- [13] G. J. Kubas, *Inorg. Chem.* **22** (1983) 692.

Ein sechskerniger Eisen(III)-Komplex mit S = 5-Grundzustand **

Von Daniel F. Harvey*, Cheryl A. Christmas, James K. McCusker, Paula M. Hagen, Raj K. Chadha und David N. Hendrickson*

Oxoverbrückte Eisenkomplex-Einheiten kommen in Metalloproteinen vor^[1]. Untersuchungen zur Oligomerisierung der niedrigkernigen Oxo-Fe^{III}-Einheiten haben zur Herstellung von höherkernigen Oxo-Eisen-Komplexen geführt^[2]. Es hat sich gezeigt, daß bei allen diesen High-spin-Fe^{III}-Komplexen Oxo-, Hydroxo- oder Alkoxobrüchen nur antiferromagnetische Wechselwirkungen zwischen zwei Fe^{III}-Ionen begünstigen. Wir berichten hier über die Reaktion des Chelatliganden 1,1-Bis(*N*-methylimidazol-2-yl)ethanol **1** mit dem Acetato-Oxo-Fe^{III}-Komplex **2** zum sechskernigen Fe^{III}-

Komplex **3**. Dieser zeigt neuartige magnetische Eigenschaften, denn obwohl alle sechs Eisen-Ionen High-spin-Fe^{III}-Ionen sind, hat **3** einen S = 5-Grundzustand.

Die Zugabe von 3.1 Äquivalenten **1** unter Rühren zu einer Lösung von einem Äquivalent [Fe₃(OAc)₆(py)₃]ClO₄ **2** in Acetonitril lieferte eine dunkelbraune Lösung, die nach 20 min Reaktionszeit im Vakuum zu einem braunen Öl eingedunstet wurde. Zusatz von CH₂Cl₂ ergab eine braune Lösung, in der sich beim Stehenlassen bei Raumtemperatur im offenen Kolben durch langsames Verdunsten des Lösungsmittels rote quaderförmige Kristalle von **3** · 8 CH₂Cl₂ bildeten, die sich für eine röntgenkristallographische Charakterisierung eigneten^[3]. Weiteres Trocknen ergab **3** · CH₂Cl₂ (40% Ausbeute)^[4], das für die Magnetisierungsuntersuchungen verwendet wurde. Die Struktur von **3** im Kristall ist in Abbildung 1 gezeigt. Der Komplex **3** besitzt ein Inver-

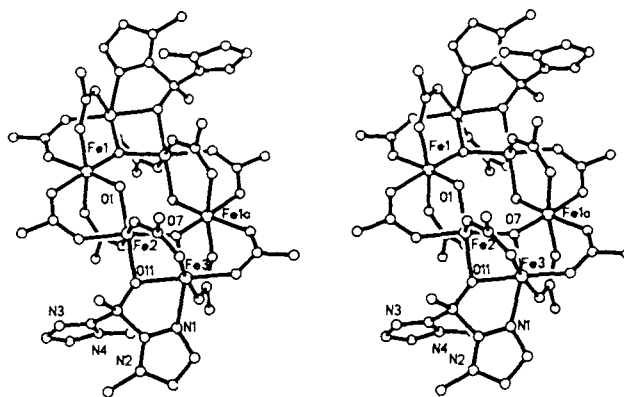
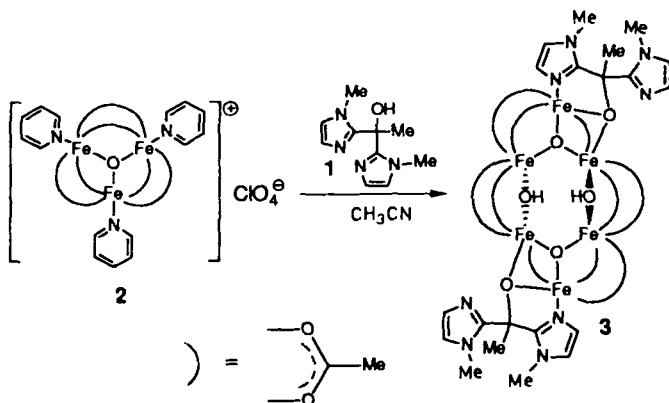


Abb. 1. Stereoskopische Ansicht von **3**. Die H-Atome wurden der Übersichtlichkeit halber weggelassen. Ausgewählte Bindungslängen [Å] und -winkel [°]: Fe1a-O7 1.873(4), Fe2-O7 1.963(3), Fe3-O7 1.908(5), Fe3-N1 2.111(6), Fe1-O1 1.977(4), Fe2-O1 1.948(4), Fe2-O11 2.014(5), Fe3-O11 2.021(3), Fe1a-O7-Fe2 137.9(3), Fe2-O7-Fe3 100.2(2), Fe1a-O7-Fe3 119.7(2), Fe1-O1-Fe2 123.5(2), Fe3-O11-Fe2 94.8(2), O7-Fe3-N1 157.7(1).

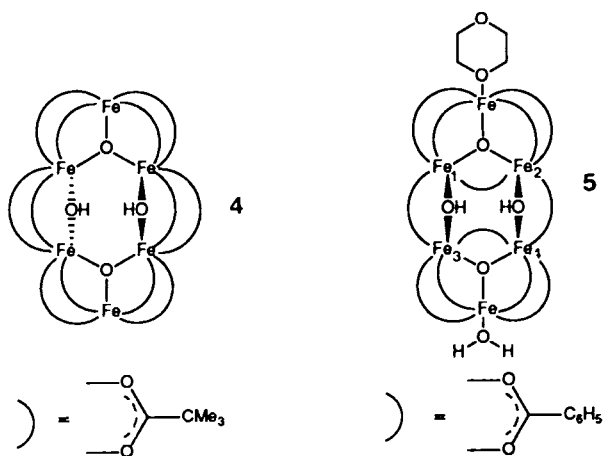
sionszentrum und drei unterschiedliche Fe^{III}-Zentren. Die Eisenatome Fe1 und Fe2 koordinieren beide nur Sauerstoffliganden, Fe3 dagegen sowohl Sauerstoff- als auch Stickstoffliganden. Fe1 ist an eine μ_3 -Oxo- und an eine μ_2 -Hydroxobücke sowie an vier Acetat-Sauerstoffatome gebunden. Fe2 ist wie Fe1 koordiniert, allerdings ist eines der Acetat-Sauerstoffatome durch einen μ_2 -O-gebundenen, deprotonierten Liganden **1** ersetzt. Fe3 hat (wie Fe2) nur drei μ_2 -Acetat-Sauerstoffatome in seiner Koordinationssphäre; die übrigen Koordinationsstellen sind von einem der Imidazolringe des Liganden **1** und dessen μ_2 -Alkoxidfunktion besetzt. Der zweite Imidazolring von **1** ist an keines der Eisenzentren gebunden. Diese Struktur läßt sich als zwei ungleichseitige μ_3 -Oxo-verbrückte Fe₃^{III}-Dreiecke, die durch vier μ_2 -Acetat- und zwei μ_2 -Hydroxoliganden verbrückt sind, betrachten. Die vier zentralen Eisenatome (Fe1, Fe2, Fe1a und Fe2a) liegen in einer Ebene; eine der μ_2 -Hydroxobrüchen liegt oberhalb, die andere unterhalb dieser Ebene.

Vor kurzem wurden ähnliche Fe₆-Komplexe beschrieben. Die Struktur von **3** gleicht derjenigen von [Fe₆O₂(OH)₂-(O₂CCMe₃)₁₂] **4**^[2f], unterscheidet sich jedoch grundlegend von der von [Fe₆O₂(OH)₂(O₂CPh)₁₂(1,4-dioxan)(OH₂)] **5**^[2g, h]. Bei **4** sind die beiden Eisenatome an der Peripherie fünffach koordiniert; alle Carboxylatliganden sind Bivalent. Nur in Komplex **5** sind auch Fe1 und Fe2 sowie Fe3 und Fe4 durch Carboxylatliganden verbrückt. Bei **5** befinden sich die verbrückenden Hydroxoliganden auf der gleichen Seite der zentralen Fe₄-Ebene, bei **3** und **4** sind sie oberhalb und unterhalb von dieser angeordnet.



[*] Prof. Dr. D. F. Harvey, Prof. Dr. D. N. Hendrickson, C. A. Christmas, J. K. McCusker, P. M. Hagen, Dr. R. K. Chadha
Department of Chemistry - 0506
University of California at San Diego
La Jolla, CA 92093-0506 (USA)

[**] Diese Arbeit wurde von den U. S. National Institutes of Health (GM39972 für D. F. H. und HL13652 für D. N. H.) und der American Cancer Society (D. F. H.) gefördert.



Die ungewöhnlichen magnetischen Eigenschaften des Komplexes **3** sind in Abbildung 2 wiedergegeben. Bei 10.0 kG steigt das magnetische Moment μ_{eff} pro Molekül langsam in Abhängigkeit von der Temperatur von $9.21 \mu_B$ bei 346.1 K auf ein Maximum von $10.89 \mu_B$ bei 20.00 K, wo es zunächst stagniert und dann auf einen Wert von $10.44 \mu_B$ bei 6.00 K abfällt. Der Anstieg von μ_{eff} mit sinkender Temperatur wurde bei Komplexen, die nur aus High-spin- Fe^{III} -Ionen bestehen, bisher nicht beobachtet. Nullfeld-Mößbauer-Spektren bei 300 und 200 K können mit Parametern von High-spin- Fe^{III} -Ionen simuliert werden^[5].

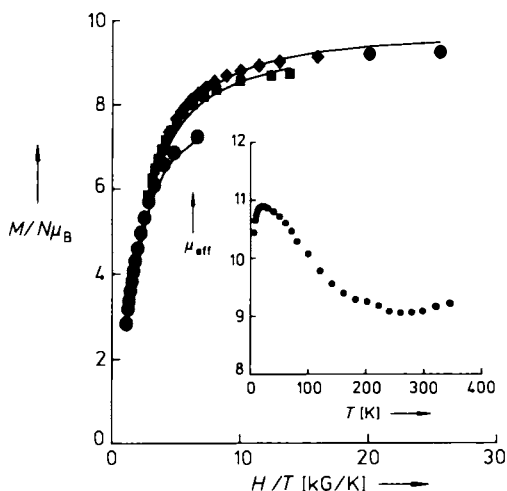


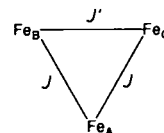
Abb. 2. Auftragung der reduzierten Magnetisierung ($M/N\mu_B$) einer polykristallinen Probe von Komplex $3 \cdot \text{CH}_2\text{Cl}_2$ gegen H/T , wobei die Werte für H \bullet 10.0, \blacksquare 25.0 und \blacktriangle 40.0 kG sind. Die durchgezogenen Linien entsprechen einer Anpassung aller Daten an einen Spin-Hamilton-Operator für einen $S = 5$ -Grundzustand. In dem kleinen Bild ist das effektive magnetische Moment μ_{eff} pro Molekül $[\mu_B]$ für **3** in einem angelegten Feld von 10.0 kG gegen die Temperatur aufgetragen.

Der Spinwert des Grundzustands eines Fe_6^{III} -Komplexes kann Werte von $S = 0$ bis $S = 15$ annehmen. Nach der Literatur^[2] kann man jedoch erwarten, daß antiferromagnetische Wechselwirkungen zwischen Fe-Fe-Paaren in einem Fe_6^{III} -Komplex einen Grundzustand von $S = 0$ ergeben, den Komplex **5** auch haben soll^[2g, h]. Die Auftragung von μ_{eff} von **3** gegen die Temperatur (Abb. 2) spricht stark für einen Komplex mit Grundzustand $S = 5$, für den man bei einem Fe_6^{III} -Komplex einen Spin-only-Wert von $10.95 \mu_B$ pro Molekül erwarten würde. Darüber hinaus sprechen auch feldabhängige Magnetisierungsmessungen dafür. Aufgrund der Topologie des Komplexes **3** ist es nicht möglich, das Kambe-Operator-Austauschverfahren^[6] zur Ableitung der Energie-

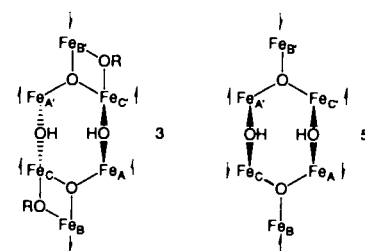
eigenwerte von **3** anzuwenden. Um die bei 10.0 kG für **3** erhaltenen Suszeptibilitätsdaten und die Ableitung der Austauschparameter für paarweise $\text{Fe}^{\text{III}} \cdots \text{Fe}^{\text{III}}$ -Wechselwirkungen in Einklang zu bringen, wäre bei jeder Iteration die Diagonalisierung einer $46\,656 \times 46\,656$ -Matrix erforderlich.

Aus den Magnetisierungsdaten bei konstantem Feld (1.51–9.04 K bei 10.0 kG, 1.81–9.00 K bei 25.0 kG, 1.57–9.04 K bei 40.0 kG; Abb. 2) geht jedoch endgültig hervor, daß der Grundzustand von **3** $S = 5$ ist. Im stärksten angelegten Feld ist die reduzierte Magnetisierung $M/N\mu_B$ (N ist die Avogadro-Zahl und μ_B das Bohrsche Magneton) bei $\approx 9.2 \mu_B$ gesättigt. Die durchgezogenen Linien zeigen, wie gut die theoretischen und experimentellen Daten unter Annahme eines $S = 5$ -Grundzustands mit axialen Nullfeld-Wechselwirkungen ($D\hat{S}_z^2$) übereinstimmen. Die drei bei konstantem Feld erhaltenen Datensätze können mit den Parametern $g = 1.94$ und $D = 0.22 \text{ cm}^{-1}$ für $S = 5$ simuliert werden (Diagonalisierung von zwei $(2S + 1) \times (2S + 1)$ -Matrizen bei jeder Iteration), im Gegensatz dazu ergeben Spin-Hamilton-Operator-Matrizen für $S = 4$ und $S = 6$ keine sinnvollen g -Werte (2.39 bzw. 1.63).

Der ungewöhnliche Grundzustand $S = 5$ von Komplex **3** kann mit einer „Spin-Störung“ (spin frustration) erklärt werden. Unter Spin-Störung verstehen wir den Effekt, bei dem das Zusammenwirken mehrerer Austauschwege zu einer Anordnung der Spinvektoren führt, die von derjenigen abweicht, die man aufgrund von paarweisen Wechselwirkungen erwarten würde. Das Auftreten von Spin-Störungen ist bei Komplexen mit M_3 -Dreiecken gut dokumentiert^[7]. Man betrachte beispielsweise die Austauschwechselwirkungen in einem gleichschenkligen Fe_3^{III} -Dreieck: Ist sowohl J als auch J' negativ und $J/J' > 2$, beträgt der Grundzustand $S = 5/2$.



Das Überwiegen der beiden Wechselwirkungen vom J -Typ führt zu einer Störung der $\text{Fe}_B \cdots \text{Fe}_C$ -Wechselwirkung und zur parallelen Ausrichtung der Spinvektoren an Fe_B und Fe_C , obgleich die Wechselwirkung zwischen diesen beiden Ionen antiferromagnetisch ist. Bei höherkernigen Komplexen ist die Spin-Störung nicht so gut dokumentiert^[8]. Der $S = 5$ -Grundzustand beim Fe_6^{III} -Komplex **3** und der $S = 0$ -Grundzustand beim analogen Komplex **5** können mit einem unterschiedlichen Spin-Störungs-Grad in den jeweiligen Fe_3 -Dreiecken erklärt werden. Eine der Möglichkeiten zeigt die schematische Zeichnung (Schema 1). Bei beiden Komplexen nimmt man an, daß die durch die Hydroxobrücken vermittelte Wechselwirkung die schwächste paarweise Austauschwechselwirkung ist. In Komplex **3** stört die μ_2 -OR-Gruppe die Symmetrie der paarweisen Wechselwirkungen



Schema 1. Beschreibung des Grundzustands von **3** ($S = 5$) und **5** ($S = 0$). Die Pfeile symbolisieren die relativen Spinorientierungen, geben aber keine absoluten Größen wieder.

innerhalb des Eisendreiecks. Ist eine dieser Wechselwirkungen ausreichend stark, kann eine Störung der schwachen antiferromagnetischen Wechselwirkung über die $\mu\text{-OH}^\ominus$ -Gruppen stattfinden, was eine gleichsinnige Ausrichtung der Spinvektoren dieser Ionen und einen $S = 5$ -Grundzustand zur Folge hat. Wahrscheinlich überwiegt in **5** keine der Wechselwirkungen, so daß alle drei Fe^{III} -Ionen jedes Dreiecks vergleichbar stark an einer gegenseitigen Spinpolarisierung beteiligt sind, woraus ein $S = 0$ -Grundzustand resultieren könnte.

Eingegangen am 2. Januar 1991 [Z 4365]

- [1] a) S. J. Lippard, *Chem. Br.* 22 (1986), 222–227; b) S. J. Lippard, *Angew. Chem.* 100 (1988) 353–371; *Angew. Chem. Int. Ed. Engl.* 27 (1988) 344–361; c) L. Que, Jr., R. C. Scarrow, *Metal Clusters in Proteins (ACS Symposium Ser. 372)* (1988) 152–178; d) P. C. Wilkins, R. G. Wilkins, *Coord. Chem. Rev.* 79 (1987) 195–214; e) B.-M. Sjöberg, A. Gräslund, *Adv. Inorg. Biochem.* 5 (1983) 87–110; f) E. C. Thiel, *Metal Clusters in Proteins (ACS Symposium Ser. 372)* (1988) 179–195.
- [2] Fe_3 -Komplexe: a) S. J. Lippard, S. M. Gorun, *J. Am. Chem. Soc.* 107 (1985) 4568–4570; b) S. M. Gorun, G. C. Papaefthymiou, R. B. Frankel, S. J. Lippard, *ibid.* 109 (1987) 4244–4255; Fe_4 -Komplexe: c) S. M. Gorun, S. J. Lippard, *Inorg. Chem.* 27 (1988) 149–156, zit. Lit.; d) S. Drücke, K. Wiegardt, B. Nuber, J. Weiss, E. L. Bominaar, A. Sawaryn, H. Winkler, A. X. Trautwein, *ibid.* 28 (1989) 4477–4483, zit. Lit.; e) J. L. Sessler, J. W. Sibert, V. Lynch, *ibid.* 29 (1990) 4143–4146; Fe_6 -Komplexe: f) A. S. Batsanov, Yu. T. Struchkov, G. A. Timko, *Koord. Khim.* 14 (1988) 266–270; g) W. Micklitz, S. J. Lippard, *Inorg. Chem.* 27 (1988) 3067–3069; h) W. Micklitz, S. G. Bott, J. G. Bensten, S. J. Lippard, *J. Am. Chem. Soc.* 111 (1989) 372–374; i) K. Hegetschweiler, H. Schmalke, H. M. Streit, W. Schneider, *Inorg. Chem.* 29 (1990) 3625–3627; Fe_8 -Komplex: j) K. Wiegardt, K. Pohl, I. Jibril, G. Huttner, *Angew. Chem.* 96 (1984) 66–67; *Angew. Chem. Int. Ed. Engl.* 23 (1984) 77–78; Fe_{11} -Komplexe: k) S. M. Gorun, G. C. Papaefthymiou, R. B. Frankel, S. J. Lippard, *J. Am. Chem. Soc.* 109 (1987) 3337–3348, zit. Lit.
- [3] Röntgenbeugungsdaten: triklin, Raumgruppe $P\bar{1}$, $a = 12.167(2)$, $b = 12.921(4)$, $c = 15.394(4)$ Å, $\alpha = 114.41(2)$, $\beta = 97.641(15)$, $\gamma = 102.17(2)$, $V = 2087.4$ Å³, $Z = 1$, Datensammlung mit $4.0^\circ \leq 2\theta \leq 45.0^\circ$, 4179 unabhängige Reflexe mit $F > 6.0\sigma(F)$, $R = 0.046$, $R_w = 0.059$. Datensammlung bei $T = 173$ K; Acht Solvensmoleküle (CH_2Cl_2) wurden in der Elementarzelle gefunden. Weitere Einzelheiten zur Kristallstrukturuntersuchung können beim Direktor des Cambridge Crystallographic Data Centre, University Chemical Laboratory, Lensfield Road, GB-Cambridge CB2 1EW, unter Angabe des vollständigen Literaturzitats angefordert werden.
- [4] Befriedigende Elementaranalyse für $\text{Fe}_8\text{Cl}_2\text{O}_{26}\text{N}_8\text{C}_{41}\text{H}_{60}$ ($3 \cdot \text{C}_5\text{H}_5\text{Cl}_2$).
- [5] Mößbauer-Hyperfein-Parameter für zwei Dubletts mit Flächenverhältnis 1:2 (Werte bezogen auf Eisenfolie): 300 K: δ [0.406(6), 0.383(3) mm s⁻¹]; ΔE_Q [1.056(11), 0.729(5) mm s⁻¹]; 200 K: δ [0.510(6), 0.350(14) mm s⁻¹]; ΔE_Q [1.061(12), 0.78(3) mm s⁻¹].
- [6] K. Kambe, *J. Phys. Soc. Jpn.* 5 (1950) 48.
- [7] S. Ghose, A. W. Hewat, M. Pinkney, *Solid State Commun.* 74 (1990) 413, zit. Lit.
- [8] a) J. K. McCusker, J. B. Vincent, E. A. Schmitt, M. L. Mino, K. Shin, D. K. Coggin, P. M. Hagen, J. C. Huffman, G. Christou, D. N. Hendrickson, *J. Am. Chem. Soc.*, im Druck; b) J. K. McCusker, E. A. Schmitt, D. N. Hendrickson in D. Gatteschi, (Hrsg.): *Magnetic Molecular Materials*, Kluwer Academic Publishers, im Druck.

Die tetramere Aluminium(I)-Verbindung $\{[\text{Al}(\eta^5\text{-C}_5\text{Me}_5)]_4\}^{**}$

Von Carsten Dohmeier, Christian Robl, Matthias Tacke und Hansgeorg Schnöckel*

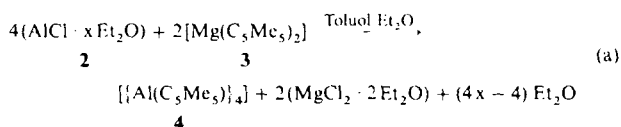
Gasförmige, niederwertige Aluminiumverbindungen sind seit längerer Zeit bekannt. So berichteten bereits 1948 Klemm

[*] Prof. Dr. H. Schnöckel, C. Dohmeier, Priv.-Doz. Dr. C. Robl, Dr. M. Tacke
Institut für Anorganische Chemie der Universität
Meiserstraße 1, W-8000 München 2

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

et al.^[1] über die Bildung von gasförmigen AlCl bei der Reaktion von Cl_2 mit Al bei 1000°C . Die ersten strukturellen Untersuchungen an Verbindungen mit niederwertigem Aluminium und Al-Al-Bindungen sind jedoch ziemlich neu. So gelang Nesper et al. die Herstellung des Festkörpers $\text{Al}_7\text{Te}_{10}$ ^[2] und Uhl die Synthese der ersten molekularen Verbindung mit Al-Al-Bindung: $\text{R}_2\text{Al-AlR}_2$ ($\text{R} = \text{CH}(\text{SiMe}_3)_2$)^[3].

Wir beschäftigen uns seit einiger Zeit mit dem Hochtemperaturmolekül AlCl ^[4], seiner Stabilisierung und seiner Verwendung in der präparativen Chemie. Durch Anwendung kryochemischer Methoden konnten ungewöhnliche Verbindungen des dreiwertigen Aluminiums aus AlCl und ungesättigten organischen Molekülen synthetisiert werden^[5]. Vor kurzem gelang es uns, eine bei -78°C metastabile Lösung von AlCl in einem Toluol/Diethylether-Gemisch herzustellen und zu charakterisieren^[6]. Durch Umsetzung dieser Lösung mit $[\text{Mg}(\text{C}_5\text{Me}_5)_2]$ konnte die erste raumtemperaturstabile Verbindung des einwertigen Aluminiums synthetisiert werden [Gl. (a)].



Die Konstitution des (η^5 -Pentamethylcyclopentadienyl)-aluminiums(t) **4** wurde durch eine Röntgenstrukturanalyse (Abb. 1)^[7] bestätigt. Die vier Aluminiumatome bilden ein reguläres Tetraeder. Jeder Pentamethylcyclopentadienylring ist an ein Al-Atom η^5 -koordiniert, wobei die Ebenen der C_5Me_5 -Ringe in guter Näherung parallel zur jeweils gegenüberliegenden Basisfläche des Tetraeders liegen. Der mittlere Al-C-Abstand beträgt 233.4 pm und ist mit demjenigen von **3** (234.8 pm)^[8] vergleichbar.

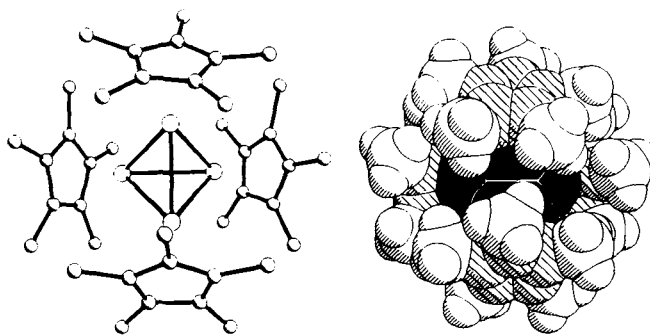


Abb. 1. Links: Struktur von **4** im Kristall (ohne Wasserstoffatome). Ausgewählte Abstände [pm] und Winkel $[\circ]$, Standardabweichungen in Klammern. ($d_{\text{max}}/d_{\text{min}}$)/Al-Al (277.3(4)/176.7(5)/276.9), Al-C_{ring} (229.2(13)/237.8(11)/233.4), Al-C_{pzentrum} (203.2/199.7/201.5), Al-Al-Al (60.1(1)/59.9(1)/60.0). Rechts: Kalottenmodell von **4**; Al-Atome sind schwarz, C-Atome schraffiert und Methyl-C- sowie H-Atome weiß.

Der mittlere Al-Al-Abstand liegt mit 276.9 pm zwischen demjenigen in **1** (266.0 pm)^[3] und dem Abstand in metallischem Aluminium (286 pm). Damit unterscheidet sich die Aluminium-Verbindung von den oligomeren bzw. polymeren $\text{M}^{\text{I}}\text{-}\eta^5\text{-C}_5\text{Me}_5$ -Verbindungen ($\text{M} = \text{In, Tl}$) bezüglich des intermetallischen Abstandes. Im oktaedrischen Cluster $[\text{In}(\eta^5\text{-C}_5\text{Me}_5)]_6$ ^[9] betragen die In-In-Abstände 394.2 bzw. 396.3 pm und sind damit wesentlich länger als diejenigen im In-Metall (324, 336 pm). Kürzere Metallatom-Abstände liegen im „dimeren“ $[\text{In}\{\eta^5\text{-C}_5(\text{CH}_2\text{Ph})_5\}]$ vor (363.1 pm)^[10]. In der strukturanalogen Verbindung des Thalliums $[\text{Tl}\{\eta^5\text{-C}_5(\text{CH}_2\text{Ph})_5\}]$ ^[11] beträgt der Abstand der Thalliumatome