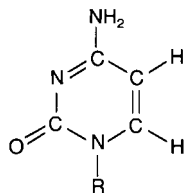


- [13] Über Untersuchungen zu AlBr_3 -, AlCl_3 - und BF_3 -vermittelten Carbonylierungen siehe: a) S. B. Butts, S. H. Strauss, E. M. Holt, R. E. Stimson, N. W. Alcock, D. F. Shriver, *J. Am. Chem. Soc.* **1980**, *102*, 5093; b) T. G. Richmond, F. Basolo, D. F. Shriver, *Inorg. Chem.* **1982**, *21*, 1272; c) J. A. Labinger, J. N. Bonfiglio, D. L. Grimmett, S. T. Masuo, E. Shearin, J. S. Miller, *Organometallics* **1983**, *2*, 733; d) H. Brunner, B. Hammer, *ibid.* **1983**, *2*, 1595.
- [14] R. J. Angelici, *Acc. Chem. Res.* **1972**, *5*, 335.
- [15] Zur Oxidation von Triethylamin in Gegenwart von Übergangsmetallen unter β -Hydrid-Eliminierung siehe: J. P. Collman, L. S. Hegedus, J. R. Norton, R. G. Finke, *Principles and Application of Organotransition Metal Chemistry*, University Science Books, Mill Valley, CA, USA, **1987**, Kapitel 14, S. 725, zit. Lit.
- [16] Zur Erzeugung von Eisenhydriden und deren Anwendung siehe u.a.: a) P. Michaud, C. Lapinte, D. Astruc, *Ann. N. Y. Acad. Sci.* **1983**, *415*, 97; b) M. A. Rhadi, G. Palyi, L. Markó, *J. Mol. Cat.* **1983**, *22*, 195; c) L. S. Hegedus, *Organische Synthese mit Übergangsmetallen*, VCH, Weinheim, **1995**, Kapitel 3, S. 54, zit. Lit.
- [17] a) R.-H. Mattern, S. Gunasekera, O. J. McConnell, *Tetrahedron* **1996**, *52*, 425–434; b) F. E. Koehn, O. J. McConnell, R. E. Longley, S. H. Sennett, J. K. Reed, *J. Med. Chem.* **1994**, *37*, 3181–3186; c) G. Chelucci, A. Saba, *Angew. Chem.* **1995**, *107*, 104; *Angew. Chem. Int. Ed. Engl.* **1995**, *34*, 78.

Supramolekulare Verbände aus Nucleinsäurebasen und Hexaaquamagnesium(II)-Ionen**

Morten Andreas Geday, Giovanni De Munno*, Marcella Medaglia, Jane Anastassopoulou und Theophilos Theophanides

Die Wechselwirkung von Metallionen mit Nucleinsäuren wird schon seit vielen Jahren untersucht.^[1] Das Interesse galt hierbei besonders der Bestimmung der Koordinationsstelle der Nucleinsäuren und der Erklärung der Stabilisierung (Ca^{II} , Mg^{II} , Mn^{II}) oder Destabilisierung (Cu^{II} , Cd^{II} , Pt^{II} , Hg^{II}) der DNA durch Metallionen.^[1] Der großen Zahl von Untersuchungen an Metall-Nucleobase-Komplexen in Lösung^[2] stehen auffallend



R = H (cyt), CH_3 (1-Mecyt)

wenig Untersuchungen dieser Komplexe in Festkörper gegenüber. Von Cytosin (cyt) und seinen Derivaten kennt man bisher nur neun Festkörperstrukturen von Verbindungen mit Metallen der ersten Übergangsreihe wie Cu^{II} ,^[3] Co^{II} ,^[4] Ni^{II} ^[5] und Mn^{II} .^[6]

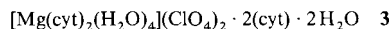
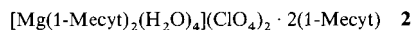
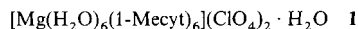
Von diesen sind die Ni^{II} - und Mn^{II} -Verbindungen bemerkenswert, da sie die einzigen sind, bei denen die Base nur über das Sauerstoffatom an das Metallion koordiniert ist. Kupfer und Cobalt dagegen sind an das Stickstoffatom N(3) koordiniert; die Bindung zum O(2)-Atom ist nur schwach.

Wir beschäftigen uns mit ungewöhnlichen Koordinationsformen von Cytosin und seinen Derivaten gegenüber Übergangs- und Hauptgruppenelementen,^[7] und haben dazu nun die Verbindungen 1–3 hergestellt.

[*] Prof. G. De Munno, M. A. Geday, M. Medaglia
Dipartimento di Chimica
Università degli Studi della Calabria
I-87030 Arcavacata di Rende, Cosenza (Italien)
Telefax: Int. + 984/492044
E-mail: demunno@ccuscl.unical.it

Prof. J. Anastassopoulou, Prof. T. Theophanides
National Technical University of Athens
Chemical Engineering Radiation Chemistry and Biospectroscopy
Zografou 15780, GR-Athen (Griechenland)

[**] Diese Arbeit wurde vom italienischen Ministero dell'Università e della Ricerca Scientifica e Tecnologica unterstützt.



Wir charakterisierten 1–3 durch Elementar- und Röntgenstrukturanalyse. Unseres Wissens sind dies die ersten isolierten, cytosinhaltigen Magnesium(II)-Komplexe.

Verbindung 1 besteht aus $[\text{Mg}(\text{H}_2\text{O})_6]^{2+}$ - und ClO_4^- -Ionen sowie 1-Mecyt-Molekülen, die nicht koordiniert sind, und Kristallwassermolekülen. Jedes Magnesiumatom in $[\text{Mg}(\text{H}_2\text{O})_6]^{2+}$ ist von sechs Wassermolekülen koordiniert, die eine oktaedrische Umgebung bilden (Abb. 1). Die Mg-O-Abstände liegen im

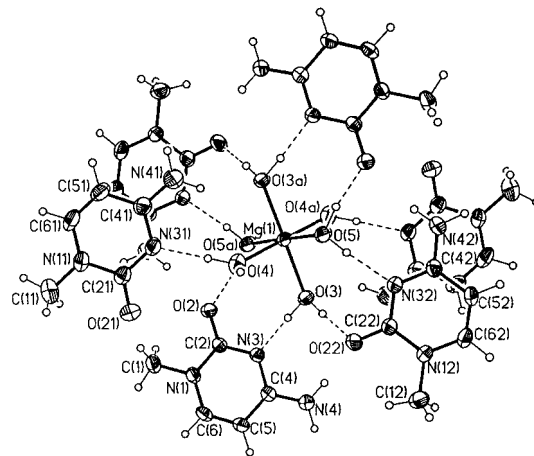


Abb. 1. Struktur des $[\text{Mg}(\text{H}_2\text{O})_6(1\text{-Mecyt})_6]^{2+}$ -Ions in 1 im Kristall. Ausgewählte Abstände [Å] mit Standardabweichungen in Klammern: Mg(1)-O(3) 2.074(3), Mg(1)-O(4) 2.081(3), Mg(1)-O(5) 2.027(3).

Bereich 2.027–2.086(4) Å und sind kürzer als die in einem vor kurzem beschriebenen Hexaaquamagnesium(II)-Komplex.^[8] Jedes $[\text{Mg}(\text{H}_2\text{O})_6]^{2+}$ -Ion ist über zehn Wasserstoffbrücken mit sechs 1-Mecyt-Molekülen zu einem supramolekularen Verband $[\text{Mg}(\text{H}_2\text{O})_6(1\text{-Mecyt})_6]^{2+}$ verknüpft.^[9] Vier 1-Mecyt-Moleküle und die Wassermoleküle der besten äquatorialen Ebene des Oktaeders bilden über O(3), O(5), O(3a) und O(5a) Wasserstoffbrückenbindungen. Die beiden übrigen 1-Mecyt-Moleküle sind dagegen über einfache Wasserstoffbrückenbindungen, an denen nur das Stickstoffatom N(3) beteiligt ist, mit den beiden axialen Wassermolekülen verknüpft. Die Bindungslängen und -winkel im 1-Mecyt-Liganden sind in Einklang mit bekannten Werten.

Die Verbindungen 2 und 3 sind aus $[\text{MgL}_2(\text{H}_2\text{O})_4]^{2+}$ -Ionen ($\text{L} = 1\text{-Mecyt}$ (2) und cyt (3)), nichtkoordinierten ClO_4^- -Ionen und Kristall-Nucleobasemolekülen aufgebaut. In 3 sind auch Kristallwassermoleküle vorhanden (Abb. 2 und 3). In beiden Verbindungen hat Mg^{II} die gleiche oktaedrische Koordinationsphäre mit vier Aqua- und zwei weiteren Liganden (cyt oder 1-Mecyt), die über Sauerstoffatome *trans* angeordnet sind. Der Hauptunterschied liegt in der Anordnung der Kristall-Nucleobasemoleküle. Im Falle von 2 sind diese Moleküle über Wasserstoffbrücken zu koordinierten Methylcytosin-Molekülen mit der Koordinationsphäre des Magnesiums verbunden, während sie bei Verbindung 3 Basenpaare mit den koordinierten Cytosin-Molekülen bilden, ohne mit dem Mg^{II} -Ion verknüpft zu sein. In beiden Verbindungen ist die oktaedrische Mg^{II} -Koordinationsphäre leicht gestreckt, wobei die beste äquatoriale Ebene durch die Atome O(2), O(2a), O(3) und O(3a) definiert wird. Die Mg(1)-O(2)- und die Mg(1)-O(3)-Abstände betragen im Mittel

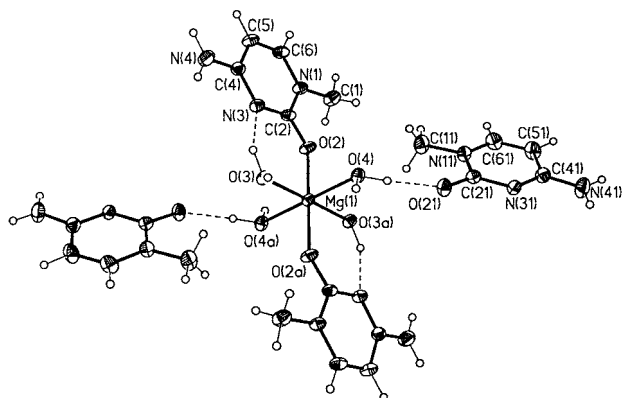


Abb. 2. Struktur des $[\text{Mg}(\text{1-Mecyt})_2(\text{H}_2\text{O})_4] \cdot 2(\text{1-Mecyt})$ -Ions in **2** im Kristall. Ausgewählte Abstände [Å] mit Standardabweichungen in Klammern: $\text{Mg}(1)\text{-O}(2)$ 2.040(1), $\text{Mg}(1)\text{-O}(3)$ 2.059(2), $\text{Mg}(1)\text{-O}(4)$ 2.113(2).

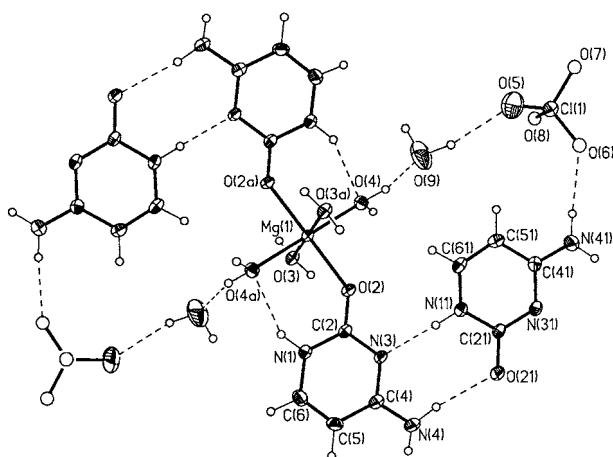


Abb. 3. Struktur von **3** im Kristall. Ausgewählte Abstände [Å] mit Standardabweichungen in Klammern: $\text{Mg}(1)\text{-O}(2)$ 2.070(4), $\text{Mg}(1)\text{-O}(3)$ 2.053(4), $\text{Mg}(1)\text{-O}(4)$ 2.108(3).

2.061(4) (**2**) bzw. 2.056(4) Å (**3**) und liegen in dem Bereich, den man in **1** für $\text{Mg}\text{-O}$ findet, während die $\text{Mg}(1)\text{-O}(4)$ -Abstände etwas länger sind (2.107(3) (**2**) bzw. 2.113(2) Å (**3**)). Vier Wasserstoffbrücken, an denen Aqualiganden und die Stickstoffatome N(3) und N(3a) (**2**) bzw. N(1) und N(1a) (**3**) beteiligt sind, tragen zur Stabilisierung der Verbindungen bei. In **3** sind zwei Kristallwassermoleküle und zwei Perchlorat-Ionen miteinander sowie mit dem $[\text{Mg}(\text{cyt})_2(\text{H}_2\text{O})_4]^{2+}$ -Ion und den Basenpaaren verbunden, so daß zwei Ringe entstehen. Die Bindungslängen und -winkel im cyt- und im 1-Mecyt-Liganden sind in Einklang mit bekannten Werten.

Da man die Komplexe **1** und **2** aus der gleichen Lösung erhält, scheint es plausibel, daß sie in Lösung nebeneinander existieren. Dies könnte Aufschluß über die Reaktivität von 1-Mecyt gegenüber dem Magnesium-Ion geben, da man **1** als Vorstufe von **2** ansehen kann. Tatsächlich läßt sich Verbindung **2** über den in Abbildung 4 dargestellten Mechanismus aus Verbindung **1** erhalten: Zwei der vier verbrückenden Methylcytosin-Moleküle werden zusammen mit den beiden *trans*-angeordneten Wassermolekülen, die über Wasserstoffbrücken mit den O(2)-Atomen verbunden sind, aus dem supramolekularen Verband entfernt. So wird genügend Raum geschaffen für eine direkte Koordination der beiden Basen, die in **1** über ihre N(3)-Atome mit den Wassermolekülen verbunden waren und deren O(2)-Atome

noch für eine Koordination an das Metall verfügbar sind, an das Mg^{II} -Kation (Abb. 4).

Ein Vergleich zwischen Verbindung **2** und **3** zeigt, daß beide zwei Liganden enthalten, die über ihre O(2)-Sauerstoffatome direkt an Mg^{II} gebunden sind. In Verbindung **2** ist jedoch das freie Elektronenpaar des Sauerstoffs, das sich in der Nähe von N(3) befindet, an der $\text{Mg}\text{-O}(2)$ -Bindung beteiligt, während es in **3** das freie Elektronenpaar in der Nähe des N(1)-Atoms ist. Dieser Unterschied geht höchstwahrscheinlich auf die Bildung von Basenpaaren bei Verbindung **3** zurück. Die Basenpaarung könnte auch der Grund für den unterschiedlichen Verlauf des Koordinationsvorgangs im Cytosinkomplex sein, bei dem kein Hexaaqua-Komplex isoliert werden konnte. Eine Koordination von Cytosin oder seiner Derivate ausschließlich über O(2) wurde bisher nur in Ni^{II} - und Mn^{II} -Komplexen gefunden.^[5, 6] Schließlich zeigen unsere Strukturdaten, daß Mg^{II} -Ionen kovalente $\text{Mg}\text{-O}$ -Bindungen ähnlich denen von Mn^{II} - oder Ni^{II} -Ionen bilden, und dies könnte eine Analogie zum Verhalten der Übergangsmetalle sein. Aus diesen Untersuchungen geht also hervor, daß die Komplexbildung zwischen Mg^{II} und 1-Mecyt in wäßrigen Lösungen über einen supramolekularen Verband als Vorstufe verläuft, der Hexaaquamagnesium-Ionen enthält, die über Wasserstoffbrücken mit den Liganden verbunden sind.^[10] Um die Affinität von Mg^{II} und von Übergangsmetallionen zu überprüfen, untersuchten wir die Reaktivität von 1-Mecyt gegenüber Mn^{II} - und Co^{II} -Ionen. Im Falle von Mn^{II} wurde nur ein einziger Komplex gefunden, der **1** ähnelte, während für Co^{II} neben dem Hexaaqua-Komplex auch eine Verbindung gefunden wurde, bei der Methylcytosin über seine Stickstoffatome an das Kation koordiniert ist. Dies stützt die Hypothese, daß **1** tatsächlich eine Vorstufe ist. Weitere Arbeiten sind erforderlich, um dieses Verhalten auch bei anderen Metall-Nucleobase-Systemen zu bestätigen.

Experimentelles

1–3. Die Verbindungen **1** und **2** wurden durch langsames Verdunsten wäßriger Lösungen, die äquimolare Mengen von Magnesiumperchlorat-Hexahydrat und 1-Mecyt enthielten, bei Raumtemperatur als Gemisch von Kristallen in Form von Parallelepipedern bzw. Polyedern erhalten. Verbindung **3** wurde in derselben Weise in Form von Nadeln zusammen mit plättchenförmigen cyt-Kristallen aus einer Lösung von Magnesiumperchlorat-Hexahydrat und cyt erhalten. Perchlorat wurde gewählt, weil es sehr stabile Salze oder Komplexe bildet und inert ist. Die Ausbeuten betrugen 15% und 70% für **1** bzw. **2** und 75% für **3**. Alle Verbindungen ergaben korrekte Elementaranalysen (C,H,N).

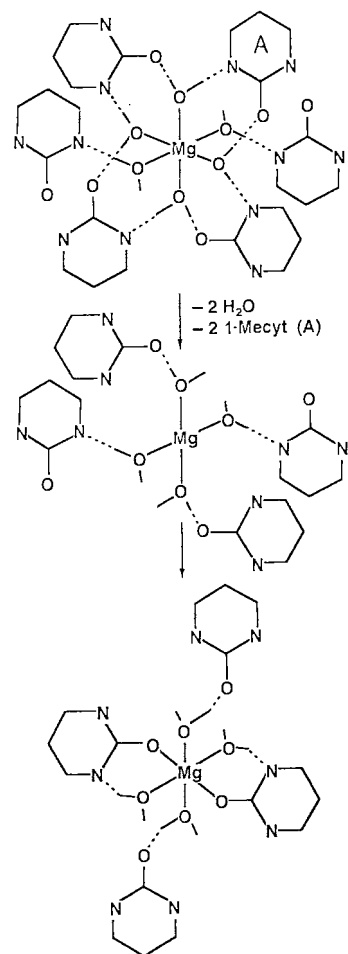


Abb. 4. Schematische Darstellung der Reaktion, die von **1** zu **2** führt.

Kristallstrukturanalysen von 1–3: automatisches Diffraktometer Siemens R3m/V, $\text{MoK}\alpha$, $\lambda = 0.71073 \text{ \AA}$, Graphitmonochromator, 295 K; Datensammlung, Struktur-
lösung und -verfeinerung: ω -2 θ -Scan (1, 3), ω -Scan (2); Direkte Methoden mit
anschließenden Fourier-Synthesen, SHELXTL PLUS [11]. Die Perchlorat-Gruppe
von 3 ist fehlgeordnet. Diese Fehlordnung wurde unter der Annahme eines Beset-
zungsfaktors von 0.7 für drei Sauerstoffatome behandelt. 1: $\text{C}_{30}\text{H}_{56}\text{Cl}_2\text{MgN}_{18}\text{O}_{21}$,
monoklin, Raumgruppe $P2_1/n$, $a = 7.592(2)$, $b = 32.017(7)$, $c = 10.427(3) \text{ \AA}$,
 $\beta = 104.30(2)$, $V = 2456.0(11) \text{ \AA}^3$, $Z = 2$, $\rho_{\text{ber.}} = 1.474 \text{ g cm}^{-3}$, $3 < 2\theta < 52^\circ$, Kri-
stallgröße $0.64 \times 0.36 \times 0.40 \text{ mm}^3$. 4848 unabhängige Reflexe, davon 2863 beobach-
tet mit $I > 3\sigma(I)$. 346 Parameter verfeinert, mit anisotropen thermischen Para-
metern für Nichtwasserstoffatome, $R = 0.054$, $R_w = 0.063$, $S = 1.77$. – 2:
 $\text{C}_{20}\text{H}_{36}\text{Cl}_2\text{MgN}_{12}\text{O}_{16}$, triklin, Raumgruppe $P\bar{1}$, $a = 7.386(2)$, $b = 8.938(2)$,
 $c = 14.331(3) \text{ \AA}$, $\alpha = 108.09(2)$, $\beta = 101.15(2)$, $\gamma = 92.32(2)^\circ$, $V = 877.2(4) \text{ \AA}^3$,
 $Z = 1$, $\rho_{\text{ber.}} = 1.506 \text{ g cm}^{-3}$, $3 < 2\theta < 54^\circ$, Kristallgröße $0.42 \times 0.39 \times 0.25 \text{ mm}^3$.
3866 unabhängige Reflexe, davon 2916 beobachtet mit $I > 3\sigma(I)$. 229 Parameter für
Nichtwasserstoffatome verfeinert (außer den Sauerstoffatomen der fehlgeordneten
Perchloratgruppe), $R = 0.046$, $R_w = 0.056$, $S = 1.79$. – 3: $\text{C}_{16}\text{H}_{32}\text{Cl}_2\text{MgN}_{12}\text{O}_8$,
triklin, Raumgruppe $P\bar{1}$, $a = 6.776(5)$, $b = 9.981(4)$, $c = 12.896(5) \text{ \AA}$, $\alpha = 71.86(3)$,
 $\beta = 87.40(5)$, $\gamma = 71.86(5)^\circ$, $V = 786.3(7) \text{ \AA}^3$, $Z = 1$, $\rho_{\text{ber.}} = 1.638 \text{ g cm}^{-3}$,
 $3 < 2\theta < 54^\circ$, Kristallgröße $0.60 \times 0.15 \times 0.05 \text{ mm}^3$. 3456 unabhängige Reflexe, da-
von 2005 beobachtet mit $I > 3\sigma(I)$. 221 Parameter verfeinert, mit anisotropen ther-
mischen Parametern für Nichtwasserstoffatome, $R = 0.063$, $R_w = 0.071$, $S = 1.88$.
Die kristallographischen Daten (ohne Strukturaktoren) der in dieser Veröffentlichung
beschriebenen Strukturen wurden als „supplementary publication no. CCDC-179-151“
beim Cambridge Crystallographic Data Centre hinterlegt. Kopien
der Daten können kostenlos bei folgender Adresse angefordert werden: The Direc-
tor, CCDC, 12 Union Road, GB-Cambridge CB2 1EZ (Telefax: Int. +1223/
336 033; E-mail: deposit@chemcryst.cam.ac.uk).

Eingegangen am 2. September 1996 [Z 9513]

Stichworte: Aminosäuren • Festkörperstrukturen • Magnesium
• Nucleobasen • Supramolekulare Chemie

- [1] G. L. Eichhorn, *Inorg. Biochem.* **1973**, 1207, 1210.
- [2] T. Theophanides, *Int. J. Quantum Chem.* **1984**, 26, 933; H. Sigel, *Chem. Soc. Rev.* **1993**, 22, 255.
- [3] D. Tran, E. Palacios, *Acta Crystallogr. Sect. C* **1990**, 46, 1220; L. G. Marzilli, *Biochem. Biophys. Res. Commun.* **1975**, 63, 601; K. Aoki, *J. Chem. Soc. Chem. Commun.* **1979**, 589.
- [4] D. T. Qui, M. Bagieu, *Acta Crystallogr. Sect. C* **1990**, 46, 1645.
- [5] G. Cervantes, J. J. Fiol, A. Terron, V. Moreno, J. R. Alabart, M. Aguilo, M. Gomez, X. Solans, *Inorg. Chem.* **1990**, 29, 5168.
- [6] K. Aoki, *J. Chem. Soc. Chem. Commun.* **1976**, 748.
- [7] G. De Munno, S. Mauro, T. Pizzino, D. Viterbo, *J. Chem. Soc. Dalton Trans.* **1993**, 1113.
- [8] R. Cini, M. C. Burla, A. Nunzi, G. P. Polidori, P. F. Zanazzi, *J. Chem. Soc. Dalton Trans.* **1984**, 2467.
- [9] J.-M. Lehn, *Angew. Chem.* **1990**, 102, 1347; *Angew. Chem. Int. Ed. Engl.* **1990**, 29, 1304.
- [10] J. T. Theophanides, J.-F. Angiboust, M. Polissiou, J. Anastassopoulou, M. Manfait, *Magnesium Res.* **1990**, 3, 5.
- [11] SHELXTL PLUS, Version 4.21/V. Siemens Analytical X-Ray Instruments Inc., Madison, WI, **1990**.

Hf₂NiP: gezielte Modifizierung einer intermetallischen Phase durch (formale) Substitution von Nickel durch Phosphor**

Holger Kleinke und Hugo F. Franzen*

In den vergangenen Jahrzehnten waren die metallreichen Pnictide und Chalkogenide der elektronenarmen Übergangsmetalle Gegenstand zahlreicher Untersuchungen.^[1, 2] Nachdem diese Verbindungsklasse durch Hinzufügen eines elektronenreichen Metalls erweitert wurde, fand man neue Hochtemperaturmaterialien mit neuen Strukturtypen, die dem Säure/Base-Konzept von Lewis entsprechend, durch stark bindende Wechselwirkungen zwischen den elektronenarmen und den elektronenreichen Übergangsmetallatomten stabilisiert werden. Beispiele hierfür sind $\text{Nb}_9\text{Ni}_{2-x}\text{S}_{3+x}$,^[3] $\text{Ta}_9\text{M}'_2\text{S}_6$ ($\text{M}' = \text{Fe}, \text{Co}, \text{Ni}$),^[4] $\text{Ta}_{11}\text{M}'_2\text{Se}_8$ ($\text{M}' = \text{Fe}, \text{Co}, \text{Ni}$),^[5] Ta_8NiSe_8 ,^[6] $\text{Hf}_6\text{M}'\text{Te}_6$ ($\text{M}' = \text{Mn}, \text{Fe}$),^[7] $\text{Hf}_5\text{M}'\text{Te}_3$ ($\text{M}' = \text{Fe}, \text{Co}$),^[8] $\text{Hf}_5\text{Co}_{1+x}\text{P}_{3-x}$,^[9] und $\text{Zr}_9\text{M}'_2\text{P}_4$ ($\text{M}' = \text{Co}, \text{Ni}$).^[10] Jeder dieser Strukturtypen enthält ausgedehnte Teilbereiche mit dem elektronenarmen Übergangselement, in denen die elektronenreichen Metalle interstitielle Positionen, d. h. ein-, zwei- und dreifach überdachte trigonale Prismen besetzen. Während im allgemeinen die Chalkogenatome Kanäle oder Schichten umgeben, sind die P-Atome beider Phosphide, $\text{Zr}_9\text{M}'_2\text{P}_4$ und $\text{Hf}_5\text{Co}_{1+x}\text{P}_{3-x}$, wie die elektronenreichen Übergangsmetallatome trigonal prismatisch koordiniert. Dabei ist $\text{Zr}_9\text{M}'_2\text{P}_4$ die bisher einzige Verbindung dieser Gruppe, die Fragmente der kubischen Dichtestpackung (*bcc*) enthält, welche unter den binären Sulfiden, Seleniden und Phosphiden sehr häufig zu finden sind. Besonders auffallend ist, daß sich in zwei Fällen, nämlich $\text{Nb}_9\text{Ni}_{2-x}\text{S}_{3+x}$ und $\text{Hf}_5\text{Co}_{1+x}\text{P}_{3-x}$, das Nichtmetallatom und das elektronenreiche Übergangsmetallatom statistisch fehlgeordnet auf einer Atomlage befinden. Trotz der großen Ähnlichkeit zwischen Zr und Hf sowie zwischen Nb und Ta konnte bisher zu keiner der zuvor erwähnten Verbindungen das entsprechende Gegenstück des Metalls aus der anderen Periode synthetisiert werden.

Das auffallende Strukturmotiv der sechsgliedrigen Hf-Kanäle der Hf_5CoP_3 -Struktur, die unendliche, gewinkelte Co-P-Ketten umhüllen, ist dem der HfNi-Struktur (CrB-Strukturtyp), gefüllt mit einer Ni-Ni-Zickzackkette, sehr ähnlich (Abb. 1).^[11] HfCo dagegen kristallisiert in der CsCl-Struktur.^[11] Trotzdem haben wir postuliert, daß eine formale Substitution jedes zweiten Ni-Atoms in der Ni-Ni-Kette durch Phosphor zur Bildung von $\text{HfNi}_{0.5}\text{P}_{0.5} \equiv \text{Hf}_2\text{NiP}$ führen wird. Somit sollte Hf_2NiP in einer neuen Überstruktur des CrB-Typs auftreten.

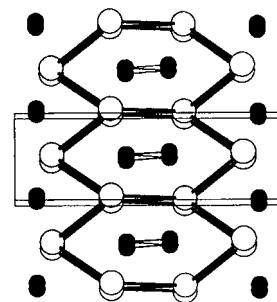


Abb. 1. Struktur von HfNi in einer Projektion längs [001]. Vertikal: *a*-Achse. Kleine schwarze Kreise: Ni; große, weiße Kreise: Hf.

[*] Prof. Dr. H. F. Franzen, Dr. H. Kleinke
Ames Laboratory – DOE
Iowa State University
Ames, IA 50011 (USA)
Telefax: Int. + 515/294 5718
E-mail: franzen@ameslab.gov

[**] H. K. dankt der Deutschen Forschungsgemeinschaft für die Gewährung eines Postdoktoranden-Stipendiums. Ames Laboratory wird von der Iowa State University für das US Department of Energy unter der Vertragsnummer W-7405-Eng-82 betrieben. Diese Arbeit wurde auch vom Office of the Basic Energy Sciences, Materials Science Division, Department of Energy, gefördert.