

Terminologie von Metall-organischen Gerüstverbindungen und Koordinationspolymeren (IUPAC-Empfehlungen 2013)**

Obmann: *Roland A. Fischer**

Übersetzerin: *Inke Schwedler*

Im Folgenden werden Begriffe, Definitionen und Empfehlungen für die Klassifizierung von Koordinationspolymeren, Netzwerken und Metall-organischen Gerüstverbindungen (MOFs) erläutert. Es wird eine hierarchische Terminologie empfohlen, die vom Koordinationspolymer als Oberbegriff ausgeht. Koordinationsnetzwerke sind dann eine Untergruppe der Koordinationspolymere und MOFs wiederum eine Untergruppe der Koordinationsnetzwerke. Eines der Kriterien für MOFs sind potenzielle Hohlräume, ohne dass physikalische Messungen der Porosität oder anderer Eigenschaften per se erforderlich sind. Die Verwendung von Topologien und Topologiedeskriptoren wird zur Verbesserung der Kristallstrukturbeschreibung von MOFs und 3D-Koordinationspolymeren dringend empfohlen.

Einleitung

Koordinationspolymere^[1] und Metall-organische Gerüstverbindungen,^[2,3] die umgangssprachlich als MOFs bekannt sind, stellen ein interdisziplinäres Forschungsgebiet dar, dessen Ursprünge in der anorganischen und der Koordinationschemie liegen. Das in den letzten zwei Jahrzehnten rasant gewachsene Gebiet hat inzwischen auch das Interesse der chemischen Industrie auf sich gezogen.^[4,5]

[*] Prof. Dr. R. A. Fischer
Lehrstuhl Anorganische Chemie II, Ruhr-Universität Bochum
Universitätsstraße 150, 44801 Bochum (Deutschland)
M. Sc. I. Schwedler
Bochum

[**] Copyright© der englischen Fassung, die unter dem Titel „Terminology of metal–organic frameworks and coordination polymers“ von S. R. Batten (Australien), N. R. Champness (Großbritannien), X.-M. Chen (PR China), J. Garcia-Martinez (Spanien), S. Kitagawa (Japan), L. Öhrström (Schweden), M. O’Keeffe (USA), M. Paik Suh (Südkorea) und J. Reedijk (Niederlande) für die Veröffentlichung in *Pure Appl. Chem.* **2013**, *85*, 1715–1724^[22] vorbereitet wurde: International Union of Pure and Applied Chemistry, 2013. – Wir danken der IUPAC für die Genehmigung zum Druck einer deutschen Fassung dieses Glossars. – Die gängige Abkürzung für Metall-organische Gerüstverbindung ist MOF (engl. metal–organic framework), und diese wird hier auch verwendet, obwohl sie eigentlich nur für Metall-organisches Gerüst steht.

Die Unterschiedlichkeit sowohl der Schwerpunkte als auch der Fachgebiete aller Involvierten hat zu einer Vielfalt an Begriffen für diese Verbindungsklasse und ihre Untergruppen geführt. Zudem ist eine beunruhigende Zahl an Abkürzungen gebräuchlich. Darüber hinaus ist die ver-

wendete Nomenklatur für Netzwerke zwischen den einzelnen Forschungsgruppen nicht konsistent, was zu zusätzlicher Unübersichtlichkeit und unnötigen Missverständnissen führt.

Die IUPAC-Arbeitsgruppe „Coordination Polymers and Metal Organic Frameworks: Terminology and Nomenclature Guidelines“ dokumentierte, analysierte und evaluierte seit 2009 im kontinuierlichen Austausch mit Wissenschaftlern des Fachgebietes die bestehende Sprachpraxis. Dies ist der endgültige Bericht der Arbeitsgruppe.

Nebenbei bemerkt gibt es unseres Erachtens ein kleines Problem mit Paragraph IR-9.1.2.2 des „Roten Buches“, der Nomenklaturempfehlungen der IUPAC für die anorganische Chemie von 2005.^[6] Dieser Paragraph legt Folgendes fest:

Die *Angewandte Chemie* veröffentlicht Übersetzungen von Recommendations und Technical Reports der IUPAC, um die chemische Fachsprache im Deutschen zu fördern. Sauber definierte Begriffe und klare Nomenklaturregeln bilden die Basis für eine Verständigung zwischen den Wissenschaftlern einer Disziplin und sind für den Austausch zwischen Wissenschafts- und Fachsprache sowie Allgemeinsprache essenziell. Alle Übersetzungen werden von einem ausgewiesenen Experten (dem „Obmann“) geprüft, korrigiert und autorisiert. Empfehlungen von Themen und Obleuten sind willkommen.

„A coordination compound is any compound that contains a coordination entity. A coordination entity is an ion or neutral molecule that is composed of a central atom, usually that of a metal, to which is attached a surrounding array of atoms or groups of atoms, each of which is called ligands.“

Da es auch nützlich ist, Verbindungen von Bor und einigen anderen Hauptgruppenelementen als Koordinationsverbindungen zu betrachten, wird der Zusatz „gewöhnlicherweise ein Metallatom“ verwendet. Allerdings kann der Paragraph allumfassender interpretiert werden als ursprünglich angedacht; Methan ist zum Beispiel keine Koordinationsverbindung, obwohl es zu dieser Definition passt. Es ist jedoch nicht unmittelbar klar, dass eine bessere Definition formuliert werden kann, und die Frage lag außerhalb des Zuständigkeitsbereichs unserer Arbeitsgruppe.

In den zur Illustration verwendeten Abbildungen ist – sofern möglich – eine Strichformel der kleinsten sich wiederholenden Einheit (des „Monomers“) gezeigt, bei der die durch die Klammern verlängerten Striche auf den Polymercharakter hinweisen. Die ebenfalls gezeigten röntgenographisch ermittelten Strukturen stellen unterschiedliche Teilstücke der Verbindungen dar, die gewöhnlich mehrere Monomere enthalten. In den die Beispiele diskutierenden Textpassagen werden die Verbindungen nicht benannt, da gegenwärtig neue IUPAC-Empfehlungen für diese Materialien ausgearbeitet werden.

Empfehlungen

Koordinationspolymer

Definition

Eine Koordinationsverbindung aus sich wiederholenden Einheiten, die sich in ein, zwei oder drei Dimensionen erstreckt.

Anmerkung

Koordinationspolymere müssen nicht kristallin sein; daher kann die (für den kristallinen Zustand angemessenere) Beschreibung als Periodizität in ein, zwei oder drei Dimensionen nicht durchgängig verwendet werden. In einigen Fällen können die Verbindungen, z.B. solche, die weitestgehend aus Carboxylaten aufgebaut sind, sogar als Salze betrachtet werden. Die Vorsilbe 1D-, 2D- oder 3D- kann jedoch verwendet werden, um den Grad der Ausdehnung des Koordinationspolymers anzugeben.

Außerdem sollte bei der Verwendung des Begriffs berücksichtigt werden, dass die IUPAC-Definition von „Polymer“ viel umfassender ist als die umgangssprachliche Verwendung unter Chemikern und Ingenieuren. Die derzeitigen Empfehlungen sind wie folgt:^[7]

Polymer: Eine Substanz, die aus Makromolekülen aufgebaut ist.

Polymermolekül (Makromolekül): Ein Molekül mit einer hohen relativen Molekülmasse, dessen Struktur wesentlich aus sich wiederholenden Einheiten mit kleiner relativer Molekülmasse besteht.

Für eine ausführliche Diskussion der Begriffe sei auf eine detailliertere Erörterung der zuständigen Arbeitsgruppe in *CrystEngComm*^[8] verwiesen. Kurz gefasst betrachtet sie eine Einfachkette aus Polyethylen als „Polymermolekül“ und viele individuelle Polyethylenketten zusammen als Polymer. Bei einer dreidimensional vernetzten Verbindung entfällt diese Abgrenzung. Bei Koordinationspolymeren ist es vernünftig anzunehmen, und teils auch bewiesen, dass in Lösung oder sogar – im Falle von Festphasenreaktionen – im vorkristallinen Zustand mehrkernige Einheiten vorhanden sind, die zweifelsfrei als (Polymer-)Makromoleküle bezeichnet werden können. Diese kristallisieren oder polymerisieren dann zum Koordinationspolymer.

Beispiel

Ein klassisches Beispiel für ein einkettiges Koordinationspolymer ist die (4,4'-Bipyridin-*N,N*)-verbrückte Cobalt(II)-Verbindung in Abbildung 1.^[9]

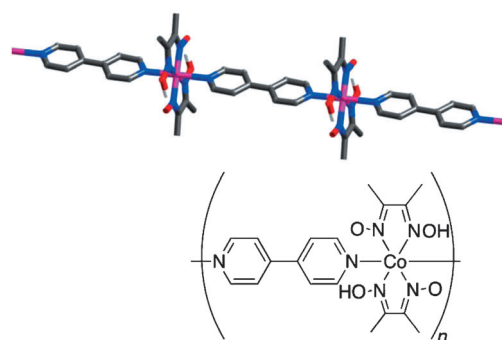


Abbildung 1. Ein 1D-Koordinationspolymer.^[9] Die kohlenstoffgebundenen Wasserstoffatome wurden aus Gründen der Übersichtlichkeit weggelassen. Hellviolett: Co; blau: N; rot: O; weiß: H.

Koordinationsnetzwerk

Definition

Eine Koordinationsverbindung, die sich durch wiederholende Koordinationseinheiten in einer Dimension ausdehnt, wobei zwischen zwei oder mehr individuellen Ketten, Schleifen oder Spirozentren Vernetzungen bestehen, oder auch eine Koordinationsverbindung, die sich durch wiederholende Koordinationseinheiten in zwei oder drei Dimensionen ausdehnt.

Anmerkung

Der bevorzugte und am allgemeinsten verstandene Begriff ist wahrscheinlich „Koordinationspolymer“. Die IUPAC befürwortet dennoch auch die Verwendung des Begriffs „Koordinationsnetzwerk“, obwohl klar sein sollte, dass die beiden Begriffe nicht synonym sind und dass Koordinationsnetzwerke in Wirklichkeit eine Untergruppe der Koordinationspolymere bilden.

Beispiele

Abbildung 2a–c zeigt Beispiele für eine Netzbildung durch Vernetzung von Einfachketten, Schleifen- oder Spiroverknüpfungen, die ebenfalls zu den Koordinationsnetzwerken gehören.

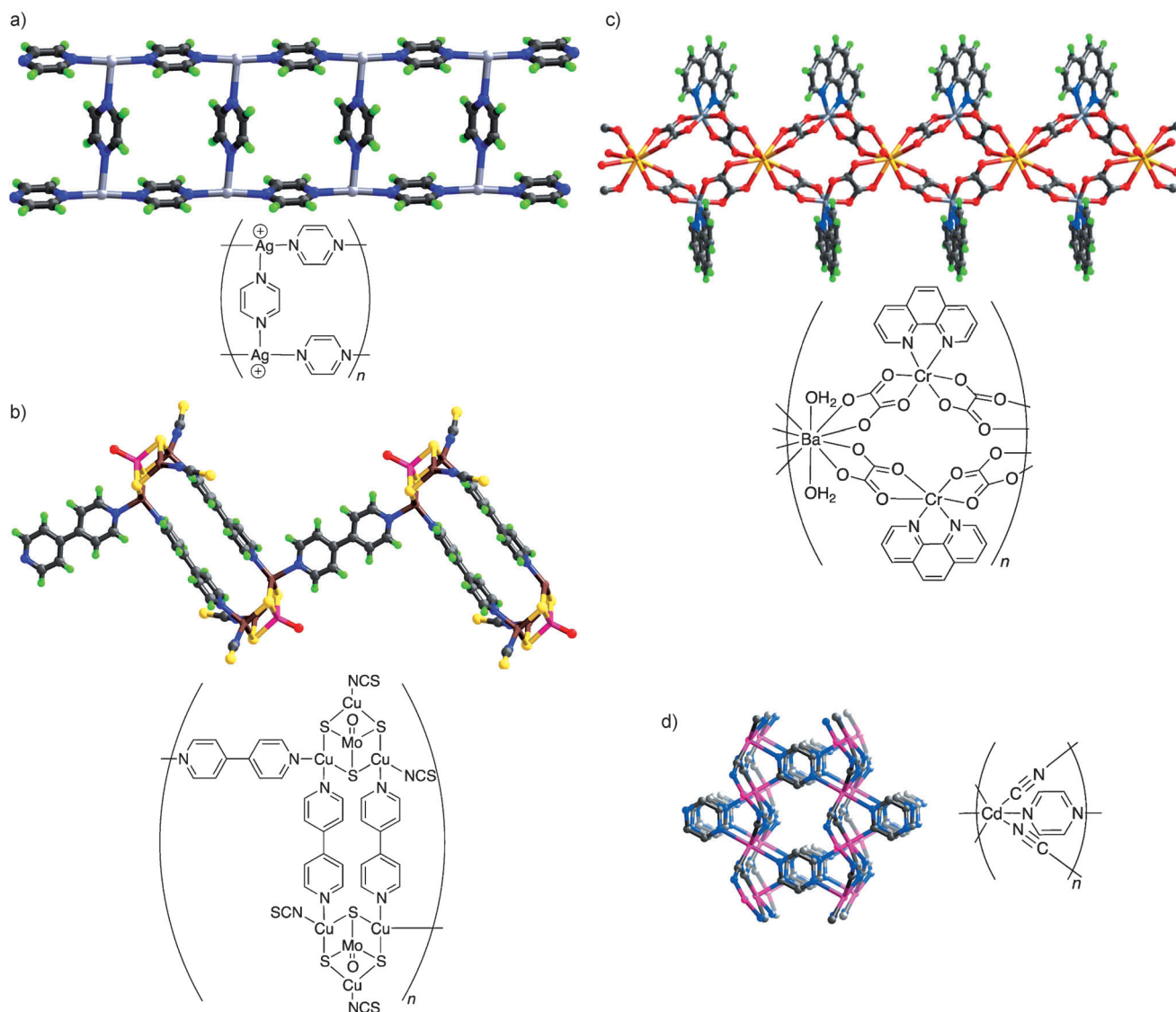


Abbildung 2. Beispiele für Koordinationsnetzwerke. a) Durch Vernetzung von 1D-Ketten;^[10] die schwach koordinierenden Trifluormethansulfonat-Anionen sind nicht gezeigt. Hellgrau Ag, blau N, schwarz C, grün H. b) Durch Schleifenbildung;^[11] die Ammonium-Kationen und die Anilin-Gittermoleküle sind nicht gezeigt. Hellviolett Mo, braun Cu, gelb S, rot O, blau N, schwarz C, grün H. c) Durch Spiroverknüpfung;^[12] die Kristallwassermoleküle sind nicht gezeigt. Hellgrau Cr, gelb Ba, blau N, schwarz C, rot O, grün H. d) Ein Koordinationsnetzwerk aus der Gruppe von Robson,^[13] das zugleich ein 3D-Koordinationspolymer ist. Die Wasserstoffatome wurden aus Gründen der Übersichtlichkeit weggelassen. Hellviolett Cd, blau N, schwarz C.

ken gehören, obwohl sie sich nur in einer Dimension ausdehnen und daher zugleich 1D-Koordinationspolymere sind. In Abbildung 2 d ist ein klassisches 3D-Koordinationspolymer dargestellt.

Metall-organische Gerüstverbindung

Definition

Eine Metall-organische Gerüstverbindung ist ein Koordinationsnetzwerk mit organischen Liganden und potenziellen Hohlräumen.

Anmerkung

Diese Formulierung berücksichtigt die Tatsache, dass viele Systeme dynamisch sind und ihre Struktur abhängig von Temperatur, Druck oder anderen äußeren Stimuli ändern können, was korrespondierende Änderungen der potenziellen Porosität und der Befüllung von Hohlräumen mit Lösungsmittelmolekülen zur Folge hat. Aus diesen Gründen ist es auch nicht notwendig, dass MOFs kristallin sind. Sowohl Theorie als auch Experiment deuten darauf hin, dass einige Koordinationspolymere mit direkter Anionen-Kationen-Bindung (d. h. solche, die als Salze betrachtet werden können) eher zur Bildung von offenen Gerüststrukturen mit permanenter Porosität neigen als solche, die ein positiv geladenes Netzwerk bilden. Die Grauzone zwischen diesen beiden Ex-

tremen ist jedoch sehr groß, sodass eine auf der Ladung basierende Definition zu einschränkend wäre.

Darüber hinaus hat obige Definition den Vorteil, dass die Wörter „Metall“, „organisch“ und „Gerüstverbindung“ für ein breiteres wissenschaftliches Publikum verständlich sind und von ihm mehr oder weniger richtig interpretiert werden können.

Uns ist bewusst, dass eine kleine Minderheit der Forscher einer von zwei sich gegenseitig ausschließenden Ansichten anhängt: Die einen meinen, dass der Begriff MOF ausschließlich für Carboxylatverbindungen genutzt werden sollte, die anderen, dass er überflüssig ist. Während diese Diskussion vor etwa zehn Jahren glaubwürdig geführt werden hätte können, hat die gängige Praxis in vielen Tausenden wissenschaftlicher Artikel solch strenge Unterscheidungen verdrängt.^[8]

Beispiele

Ein frühes Beispiel für eine Verbindung, die ursprünglich nicht als MOF angesehen wurde, ist in Abbildung 3a zu finden.^[14] Abbildung 3b zeigt zwei Strukturen von grundlegenden MOFs: MOF-5 (aus der Yaghi-Gruppe)^[15] und HKUST-1.^[16]

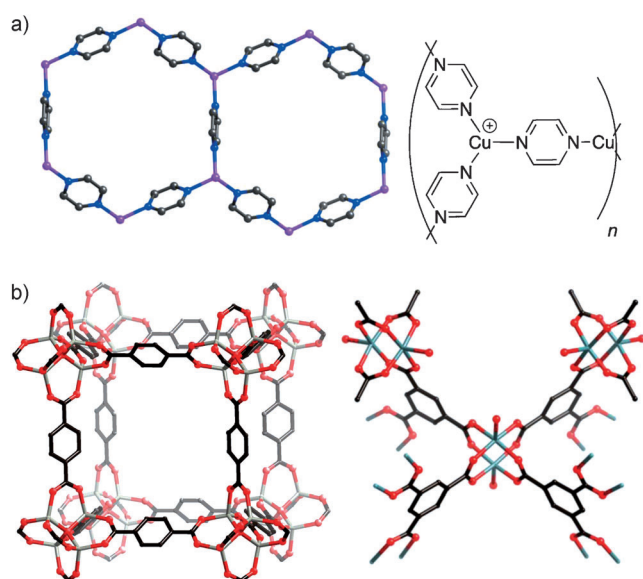


Abbildung 3. a) Ein Koordinationsnetzwerk aus der Gruppe von Kitagawa.^[14] Das Netzwerk kann sowohl als 2D-Koordinationspolymer als auch als MOF betrachtet werden. Koordiniertes Acetonitril, die Acetonlösungsmittelmoleküle, die Anionen (PF_6^-) und die Wasserstoffatome sind nicht gezeigt. Hellviolett Cu, blau N, schwarz C. b) Archetypische MOFs: Links: Das aus Zink- und Carboxylat-Ionen aufgebaute MOF-5 aus der Gruppe von Yaghi;^[15] jede der $[\text{Zn}_4\text{O}]$ -Einheiten ist durch sechs Benzol-1,4-dicarboxylat-Liganden verbrückt. Rechts: HKUST-1 mit Kupfer(II)-Schaufelraddimeren, die durch Benzol-1,3,5-tricarboxylat-Liganden verbrückt sind.^[16] Die Wasserstoffatome sind nicht gezeigt. Auf Strichformeln wurde hier verzichtet, weil die Schreibweise mit Klammern und „n“ wie in den anderen Beispielen für diese Verbindungen nicht funktioniert. Hellgrau Zn, türkis Cu, schwarz C, rot O.

Netze und Netzwerktopologien

Zur besseren Beschreibung der Kristallstrukturen von MOFs und 3D-Koordinationspolymeren wird die Verwendung von Topologien und Topologiedeskriptoren dringend empfohlen. Da es bislang noch keine festen Regeln oder Empfehlungen – weder von der IUPAC noch von anderen relevanten Institutionen (wie der International Union of Crystallography, IUCr) – gibt, ist es extrem wichtig, dass bei der Präsentation von Topologien in wissenschaftlichen Veröffentlichungen die Beschreibung äußerst klar, eindeutig und transparent erfolgt.

Anmerkung

Die Verwendung von Topologien ist ein nützliches Werkzeug, um die dreidimensional ausgedehnten Strukturen von Koordinationspolymeren und MOFs zu verstehen. Sobald eine Netzwerkanalyse durchgeführt wurde, ist es weitaus einfacher, Materialien aus verschiedenen Publikationen zu vergleichen. Beispielsweise müssen zwei MOFs mit der gleichen Netzwerktopologie nicht zwangsläufig isomorph oder isostrukturell sein. Eine akkurate und bedachte Verwendung von Netzwerktopologien wird den wissenschaftlichen Austausch deutlich erleichtern und verbessern.

Topologiedeskriptoren

Gegenwärtig können keine detaillierten Empfehlungen für die Verwendung von Topologiedeskriptoren gegeben werden, jedoch wird die Einhaltung der unten stehenden Hinweise empfohlen.

Anmerkung

Es sollten die Symbole oder Codes der Datenbank Reticular Chemistry Structural Resource (RCSR) verwendet werden.^[17] Da der langfristige Bestand dieser Datenbank noch nicht durch die permanente Unterstützung eines internationalen Gremiums gesichert ist, ist es zum gegenwärtigen Zeitpunkt nicht möglich, sie als verbindliche IUPAC-Empfehlung zu bezeichnen. Was allgemeinere Topologiebegriffe wie die Punktsymbole betrifft, wird empfohlen, den Hinweisen einer ad hoc zusammengesetzten Gruppe von Wissenschaftlern aus den USA, Russland und Italien^[18] zu folgen.

Beispiele

Die Topologiedeskriptoren in der Datenbank RCSR bestehen aus drei Buchstaben, gegebenenfalls einem vierten Buchstaben nach einem Bindestrich. Für die in Abbildung 2d gezeigte Verbindung lautet der Deskriptor **rob**, für MOF-5 (Abbildung 3b, links) **pcu**, für HKUST-1 (Abbildung 3b, rechts) **tbo** und für die Verbindung in Abbildung 3a **hcb**.

Andere Begriffe

Die IUPAC sollte zum jetzigen Zeitpunkt keine weiteren Begriffe aus diesem Gebiet gutheißen. Der einzige Begriff,

von dem ausdrücklich abgeraten wird, ist „organisch-anorganische Hybridmaterialien“.

Anmerkung 1

Unsere Arbeitsgruppe ist sich der Vielzahl anderer Begriffe in der Literatur bewusst und hat diese intensiv untersucht und die wissenschaftliche Gemeinschaft ausgiebig zu ihrer angemessenen Verwendung und Nützlichkeit befragt. Unserer Ansicht nach können durch einfache Präfixe zu den empfohlenen Begriffen „Koordinationspolymer“ und „Metall-organische Gerüstverbindung“ die benötigten Spezifikationen einfach und effizient deklariert werden. Mit ihnen könnten Eigenschaften (z.B. poröse Koordinationspolymere), Bestandteile (z.B. Carboxylat-MOF) oder Topologien (z.B. dia-MOF) beschrieben werden. Diese Vorsilben und Begriffe schließen sich nicht gegenseitig aus; vielmehr können sie die Autoren verwenden, um bestimmte Aspekte der Materialien zu betonen.

Anmerkung 2

Der Begriff „organisch-anorganische Hybridmaterialien“ wird manchmal für MOFs verwendet, allerdings finden wir die Beschreibung unpräzise. Der Ausdruck „Hybridmaterialien“ wird hauptsächlich in der Sol-Gel-Verarbeitung und Keramisierung verwendet und ist für die Beschreibung von Materialien mit getrennten Komponenten bestimmt. Hybridmaterialien sind danach^[19] Materialien, in denen anorganische oder organische Komponenten oder auch beide in einer innigen Mischung vorliegen. In den IUPAC-Empfehlungen wird darauf hingewiesen, dass „the components usually interpenetrate on scales of less than 1 μm “. Wollte man den Begriff im Zusammenhang mit MOFs sachgerecht verwenden, müsste er „chemisch gebundenes organisch-anorganisches Koordinationspolymer“ lauten.

Nomenklatur

Gegenwärtig überarbeitet eine Arbeitsgruppe die IUPAC-Empfehlungen von 1983 für die Nomenklatur von anorganischen und Koordinationspolymeren.^[20] Für die Art von Verbindungen, um die es hier geht, können keine richtigen IUPAC-empfohlenen Namen gegeben werden.

Anmerkung

Unabhängig von den Resultaten dieser Überarbeitung ist klar, dass die Verwendung von IUPAC-empfohlenen Begriffen im Fließtext unhandlich ist (auch wenn es notwendig ist, diese anzugeben). Üblicherweise werden wichtigen neuen Verbindungen Trivial- oder Spitznamen gegeben, die auf dem Ort ihrer Herkunft und einer Nummer basieren; Beispiele sind HKUST-1, MIL-101 und NOTT-112. Wir sind mit diesem Verfahren der Namensgebung einverstanden.

Die Arbeit der Arbeitsgruppe

Die Arbeitsgruppe traf sich 2009 in Glasgow zum ersten Mal. 2011 folgte ein weiteres, kleineres Treffen in San Juan

(Puerto Rico), und 2012 war das Abschlusstreffen in Stockholm. Während der Arbeit an den Empfehlungen stand die Gruppe in intensivem Austausch mit Wissenschaftlern des Fachgebietes, sowohl per E-Mail als auch beispielsweise folgendermaßen:

1. Veröffentlichung eines Diskussionspapiers in der Zeitschrift *CrystEngComm*,^[8] das vom Herausgeber als „Hot Paper“ ausgewählt wurde und zu den am häufigsten aufgerufenen Artikeln des Jahres 2012 zählt.
2. Öffentliche wie auch auf Einladung erfolgte Befragungen (angekündigt über die IUPAC-Projektseite, die *Dalton*- und *CrystEngComm*-Blogs, das ACS-Netzwerk *Crystal Growth & Design* und die LinkedIn-Gruppe *Metal–Organic Framework*) ergaben einen Rücklauf von etwa 100 Antworten, über deren Auswertung und wesentliche Inhalte in *CrystEngComm*^[8] berichtet wurde.
3. Ein kürzerer Text über die Arbeit wurde in *Chemistry International*^[21] und im Wiley-VCH-Online-Magazin *ChemViews* publiziert; letzterer hatte mehr als 1400 Zugriffe.
4. Das Ergebnis des Projekts, im Wesentlichen dieser Bericht, wurde als Poster auf der International Conference on Coordination Chemistry, ICC 40, in Valencia (Spanien, 2012) und als Vortrag auf der dritten International Conference on Metal–Organic Frameworks and Open Framework Compounds in Edinburgh (2012) präsentiert.

-
- [1] S. R. Batten, S. M. Neville, D. R. Turner, *Coordination Polymers: Design, Analysis and Application*, RSC, Cambridge, **2009**.
 - [2] J. L. C. Rowsell, O. M. Yaghi, *Microporous Mesoporous Mater.* **2004**, *73*, 3–14.
 - [3] J. R. Long, O. M. Yaghi, *Chem. Soc. Rev.* **2009**, *38*, 1213–1214.
 - [4] M. Jacoby, *Chem. Eng. News* **2008**, *86*, 13.
 - [5] A. U. Czaja, N. Trukhan, U. Müller, *Chem. Soc. Rev.* **2009**, *38*, 1284–1293.
 - [6] IUPAC. *Nomenclature of Inorganic Chemistry, IUPAC Recommendations 2005* („Red Book“; für die Veröffentlichung vorbereitet von N. Connelly, T. Damhus und R. M. Harshorn), RSC Publishing, Cambridge, Großbritannien, **2005**.
 - [7] A. D. Jenkins, P. Kratochvil, R. F. T. Stepto, U. W. Suter, *Pure Appl. Chem.* **1996**, *68*, 2287–2331.
 - [8] S. R. Batten, N. R. Champness, X. M. Chen, J. Garcia-Martinez, S. Kitagawa, L. Öhrström, M. O’Keeffe, M. P. Suh, J. Reedijk, *CrystEngComm* **2012**, *14*, 3001–3004.
 - [9] F. Kubel, J. Strahle, *Z. Naturforsch. B* **1982**, *37*, 272–275.
 - [10] D. Venkataraman, S. Lee, J. S. Moore, P. Zhang, K. A. Hirsch, G. B. Gardner, A. C. Covey, C. L. Prentice, *Chem. Mater.* **1996**, *8*, 2030–2040.
 - [11] J.-X. Chen, X.-Y. Tang, Y. Chen, W.-H. Zhang, L.-L. Li, R.-X. Yuan, Y. Zhang, J.-P. Lang, *Cryst. Growth Des.* **2009**, *9*, 1461–1469.
 - [12] K. Larsson, *Acta Crystallogr. Sect. E* **2001**, *57*, m195–m197.
 - [13] B. F. Abrahams, M. J. Hardie, B. F. Hoskins, R. Robson, E. E. Sutherland, *J. Chem. Soc. Chem. Commun.* **1994**, 1049–1050.
 - [14] S. Kitagawa, M. Munakata, T. Tanimura, *Inorg. Chem.* **1992**, *31*, 1714–1717.
 - [15] H. Li, M. Eddaoudi, M. O’Keeffe, O. M. Yaghi, *Nature* **1999**, *402*, 276–279.
 - [16] S. S. Y. Chui, S. M. F. Lo, J. P. H. Charmant, A. G. Orpen, I. D. Williams, *Science* **1999**, *283*, 1148–1150.
 - [17] M. O’Keeffe, M. A. Peskov, S. Ramsden, O. M. Yaghi, *Acc. Chem. Res.* **2008**, *41*, 1782–1789.

- [18] V. A. Blatov, M. O’Keeffe, D. M. Proserpio, *CrystEngComm* **2010**, 12, 44–48.
- [19] J. Aleman, A. V. Chadwick, J. He, M. Hess, K. Horie, R. G. Jones, P. Kratochvil, I. Meisel, A. Mita, G. Moad, S. Penczek, R. F. T. Stepto, *Pure Appl. Chem.* **2007**, 79, 1801–1829.
- [20] L. G. Donaruma, B. P. Block, K. L. Loening, N. Plate, T. Tsuruta, K. C. Buschbeck, W. H. Powell, J. Reedijk, *Pure Appl. Chem.* **1985**, 57, 149.
- [21] L. Öhrström, *Chem. Int.* **2010**, 32(1).
- [22] Die Mitglieder des Komitees der Inorganic Chemistry Division der IUPAC waren: 2008–2009: *Präsident*: K. Tatsumi (Japan); *Vizepräsident*: R. D. Loss (Australien); *Sekretär*: L. V. Interrante (USA); *Expräsident*: A. R. West (Großbritannien); *Titularmitglieder*: T. Ding (China), T. B. Coplen (USA), M. Leskelä (Finnland), J. García-Martínez (Spanien), L. A. Oro (Spanien), J. Reedijk (Niederlande), M. Paik Suh (Korea); *assoziierte Mitglieder*: A. Chadwick (Großbritannien), M. Drábik (Slowakei), N. E. Holden (USA), S. Mathur (Deutschland), K. Sakai (Japan), J. Takats (Kanada); *Ländervertreter*: T. V. Basova (Russland), A. Bologna Alles (Uruguay), R. Gonfiantini (Italien), P. Karen (Norwegen), L.-K. Liu (Taiwan), L. Öhrström (Schweden). 2010–2011: *Präsident*: R. D. Loss (Australien); *Vizepräsident*: J. Reedijk (Niederlande); *Sekretär*: L. V. Interrante (USA); *Expräsident*: K. Tatsumi (Japan); *Titularmitglieder*: T. Ding (China), J. García-Martínez (Spanien), N. E. Holden (USA), P. Karen (Norwegen), S. Mathur (Deutschland), K. Sakai (Japan); *assoziierte Mitglieder*: T. V. Basova (Russland), T. B. Coplen (USA), M. Drábik (Slowakei), M. Leskelä (Finnland), L.-K. Liu (Taiwan), L. Öhrström (Schweden); *Ländervertreter*: A. Bologna Alles (Uruguay), A. V. Chadwick (Großbritannien), V. Chandrasekhar (Indien), T. Dasgupta (Jamaica), L. Y. Goh (Malaysia), R. Gonfiantini (Italien), A. Kiliç (Türkei), Md. T. H. Tarafder (Bangladesh), N. Trendafilova (Bulgarien), K. B. Yoon (Korea). – Der Arbeitsgruppe „Coordination Polymers and Metal–Organic Frameworks: Terminology and Nomenclature Guidelines“ gehörten folgende Personen an: *Vorsitzender*: L. Öhrström (Schweden); *Mitglieder*: S. R. Batten (Australien), N. R. Champness (Großbritannien), X.-M. Chen (China), J. García-Martínez (Spanien), S. Kitagawa (Japan), M. O’Keeffe (USA), M. P. Suh (Korea), J. Reedijk (Niederlande).