



Metal–Organic Framework Materials

Metall-organische Gerüste (metal–organic frameworks, MOFs), auch als poröse Koordinationspolymere bezeichnet, vereinigen anorganische Teile (Metallionen) und organische Teile (Linker) unter Bildung dreidimensionaler kristalliner Strukturen mit einstellbarer Porengröße. Heute kennt man vier Hauptklassen geordneter nanoporöser Materialien: Zeolithe, mesoporöse Alumosilicat-Molekularsiebe, Kohlenstoffnanoröhren, und, seit dem Ende der 1990er Jahre, eben auch die Metall-organischen Gerüste.

MOFs schlagen eine Brücke zwischen rein organischen und rein anorganischen Materialien, und sie weisen einzigartige physikalische Eigenschaften bezüglich Magnetismus, Lumineszenz, Leitfähigkeit, Adsorption und Elektrochemie auf. Diese faszinierenden Materialien bieten neue Anwendungsmöglichkeiten für die Speicherung von Gasen, Trennverfahren, Sensoren (einschließlich Biosensoren), optische und medizinische Systeme, Katalyse und mehr. Mittlerweile ist allerdings klar, dass MOFs intrinsisch weniger thermisch und chemisch beständig sind als Molekularsiebe und diese daher bei Adsorptions- und Katalyseprozessen nicht in großem Ausmaß ersetzen können, vor allem im Raffineriewesen und in der chemischen Industrie.

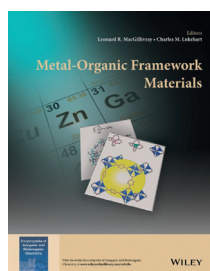
MOFs verkörpern nichtsdestotrotz den Traum von einem funktionellen Feststoff, dessen Aufbau auf der Nanometerebene kontrolliert werden kann; dadurch bieten sie Perspektiven für chemische und physikalische Eigenschaften, die noch vor wenigen Jahren nicht für möglich gehalten wurden. Das wachsende Interesse an MOFs auf erwähnten Gebieten hat zu einer Flut von Veröffentlichungen geführt (mehr als 3000 pro Jahr), die niemand systematisch lesen kann. Deshalb kommt ein Buch, das die Hauptaspekte von MOFs vorstellt und einen breiten und dennoch detaillierten Überblick liefert, zur rechten Zeit. Ein solches Buch, das sowohl Studenten als auch aktive Forscher mit den wichtigsten Konzepten vertraut macht und einen gelungenen Einstieg in das Gebiet der MOFs bietet, wurde nun als Teil der *Encyclopedia of Inorganic and Bioinorganic Chemistry (EIBC)* veröffentlicht.

Auf den ersten Blick erscheint das Buch wie eine bloße Sammlung von MOF-Strukturdarstellungen. Doch dem ist nicht so: Jedes Kapitel enthält aufschlussreiche Diskussionen und eine detaillierte Beschreibung seines Schlüsselkonzepts. Themen und Autoren wurden mit Bedacht so ausgewählt, dass ein breites Spektrum an MOF-Aspekten bei begrenzter Überlappung abgedeckt

wird. Der Inhalt einer solchen Enzyklopädie lässt sich schwer zusammenfassen, würde doch eine reine Auflistung der Kapitelüberschriften schon genügen, um diese Seite zu füllen. Vereinfachend lassen sich aber fünf unterschiedlich umfangreiche Kategorien ausmachen.

Zwei Kapitel beschreiben anorganisch-chemische Aspekte von Umwandlungen ineinandergreifender Strukturen und Einkristall-zu-Einkristall-Umwandlungen. Zwei weitere Kapitel stellen originelle und dabei doch praktische und vielversprechende MOF-Synthesen vor. Friscic zeigt, wie vielfältige MOFs durch einen Mahlprozess ausgehend von einem gepulverten Acetat oder Oxid durch mechanochemische Synthese erhalten werden. Burrows liefert eine umfassende Übersicht zu nachträglichen Modifizierungen synthetisierter MOFs und zeigt deren unendliche Variationsmöglichkeiten auf. Vier Kapitel diskutieren das Design und die Synthese von MOFs mit kontrollierter Zusammensetzung, Größe und Form. Während Kitagawa und Maspoich in ihren Kapiteln „Bottom-up“-Ansätze mit chemischem Nano-Engineering beschreiben, informieren Styles und Janiak über „Top-down“-Ansätze wie Musterbildung und die Beschichtung von Substraten mit Polymer-MOF-Kompositen. Im letzten dieser Kapitel stellen die Autoren fest, dass eine leistungsstarke Gastrennung mit Hybridmembranen („mixed-matrix membranes“) erzielt werden kann, die zudem leicht herstellbar und anwenderfreundlich sind. Fünf Kapitel betrachten MOFs mit besonderen Strukturmerkmalen. Der Schwerpunkt liegt dabei auf funktionellen Linkern, vor allem fluorierten Linkern und Porphyrin-Linkern. Die zuletzt genannten sind insofern besonders interessant, als sie die Lücke zwischen homogener und heterogener Katalyse schließen. Mesoporöse MOFs werden gründlich abgehandelt, und auch medizinische Anwendungen sind im Detail beschrieben. Die Zahl von MOFs mit offenen Metallzentren (koordinativ ungesättigten Zentren) ist zwar begrenzt, dafür zeigen diese Materialien verbesserte Eigenschaften in Adsorption, Trennung und Katalyse. Synthese und Design aluminiumhaltiger MOFs werden von Stock beschrieben. Leider fehlen entsprechende Kapitel über MOFs mit Fe und Zr, die zu den vielversprechendsten Festkörpern für industrielle Anwendungen gerechnet werden.

Ein Großteil des Buchs behandelt die physikochemischen Eigenschaften von MOFs in getrennten Kapiteln. Neben magnetischen, elektrochemischen und Halbleiter-Eigenschaften geht es natürlich auch um Adsorptionseigenschaften. Die Anwendungen von MOFs in Adsorptionsprozessen werden in getrennten Kapiteln beschrieben: Gasspeicherung, Metallaufnahme sowie analytische, Flüssigkeits- und Gastrennung, speziell für die Entfernung flüchtiger organischer Verbindungen



Metal–Organic Framework Materials

Herausgegeben von Leonard R. MacGillivray und Charles M. Lukehart. John Wiley and Sons, Hoboken, 2014. 592 S., geb., 175.00 €, ISBN 978-1119952893

und für Atemschutzmasken. Darüber hinaus gibt es einige überraschende Beiträge zu entdecken – das Kapitel über essbare MOFs ist nur ein Beispiel!

Im Allgemeinen betont das Buch den gezielten Aufbau von MOFs sowie deren physikochemische Eigenschaften. Dadurch dass die Autoren ihre Diskussionen auf Struktur-Eigenschafts-Beziehungen ausgerichtet haben, kann das Buch als Leitfaden für das rationale Design zukünftiger MOFs und für deren anwendungsbezogene Entwicklung dienen.

Ich empfehle *Metal–Organic Framework Materials* nachdrücklich, weil das Buch eine solide Grundlage für neue Ideen beim Design und den

Anwendungen von MOFs liefert. Es ist eine wichtige Referenz für Studenten und Forscher, in Sachen MOFs, aber auch allgemeiner nanoporöser Materialien. Auch wenn Sie über ein Bücherregal verfügen, wird sich dieses Buch häufig auf Ihrem Arbeitstisch wiederfinden – es sei denn, einer Ihrer Kollegen hat es sich gerade ausgeborgt!

David Farrusseng

CNRS, Université de Lyon 1, IRCELYON
Villeurbanne (Frankreich)

Internationale Ausgabe: DOI: 10.1002/anie.201504168

Deutsche Ausgabe: DOI: 10.1002/ange.201504168