

Neues Herstellungsverfahren für MOFs

Ob Wasserstoff für Brennstoffzellen oder Medikamente – in molekularen Regalsystemen („MOFs“ für engl. Metal-Organic Frameworks) lässt sich allerhand unterbringen. Auch Metallpartikel für die Katalyse – wenn da nicht ein Haken wäre: Macht man die Fächer des Regals zu groß, entsteht darin bei der Herstellung automatisch ein zweites Regalsystem. Durch diesen „Wildwuchs“ wird die Größe der Fächer deutlich verringert. Bochumer Chemiker um Prof. Dr. Christof Wöll und Prof. Dr. Roland A. Fischer haben dieses gravierende Problem durch die Entwicklung einer alternativen Herstellungstechnik gelöst.

Sie lassen nicht das ganze Molekularregal auf einmal entstehen, sondern bauen es Schicht für Schicht auf einer intelligenten organischen Oberfläche auf. So lassen sich auch Fächer bauen, die groß genug für die Metallpartikel sind.

Fächer sind für Metallpartikel zu klein

Die hochporösen MOFs bestehen meistens aus zwei verschiedenen Typen von Bausteinen. Dabei stecken molekulare, aus organischen Molekülen gebildete Streben in anorganischen Kreuzstücken, die Metallatome enthalten. Nach dem Mischen und Erhitzen entstehen dann durch Selbstorganisation die MOFs. Das weltweit große Interesse an diesen molekularen Regalsystemen rührt daher, dass sie mit unterschiedlichsten Objekten beladen werden können. Das Spektrum reicht dabei von der Speicherung flüssigen Wasserstoffs in Pkw-Tanks bis hin zu Medikamentendepots. Auch für die Katalyse sind solche „löchrigen“ Materialien interessant. Dazu werden Metallpartikel in die Poren eingelagert, was allerdings eine gewisse Größe der Hohlräume erfordert. Das Problem bei der Synthese ist, dass wenn die Poren zu groß werden, gleichzeitig mehrere Regalsysteme auf einmal wachsen und ein ineinander verschachteltes Geflecht mehrerer Strukturen entsteht. Dadurch reduziert sich entsprechend die Größe der einzelnen Regalfächer.

Schicht für Schicht größere Fächer aufbauen

Dieses als Interpenetration bezeichnete Problem konnte mit der neuen Methode umgangen werden. Statt dem bisher üblichen Syntheseverfahren – Mischen der Substanzen und anschließendes Erhitzen – haben die Forscher ein neuartiges Verfahren entwickelt, das als Flüssigphasen-Epitaxie bezeichnet wird. Dabei werden mit intelligenten Oberflächen beschichtete Substrate

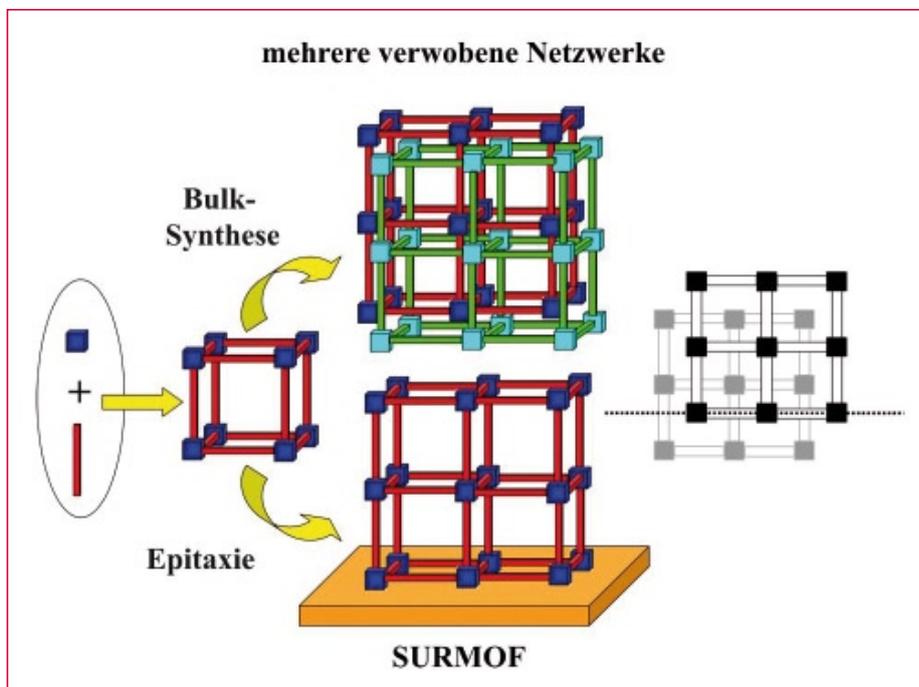


Abb. 1: Prinzip der SURMOF Synthese (weitere Erläuterungen im Text)

abwechselnd in Behälter getaucht, die jeweils nur eine Sorte der Regalbausteine enthalten. Die organischen Oberflächen sorgen dafür, dass nur ein einziges Regalsystem mit entsprechend großen Fächern entsteht, und Duplikate und damit das Durchdringen verhindert werden. Dieses Prinzip verdeutlicht noch einmal die gezeigte Abbildung: Bei der konventionellen Synthese entstehen oft gleichzeitig zwei, miteinander verwobene Gerüststrukturen (rot und grün). Mit Hilfe der Flüssigphasen-Epitaxie wird die Äquivalenz der beiden Gerüste durch das Organische Templat (gepunktete Linie auf der rechten Seite) aufgehoben und damit die Bildung einer zweiten, die erste durchdringenden Struktur unterdrückt. Die SURMOFs bestehen dann aus nur einem Netzwerk, die verfügbaren Poren sind erheblich größer.

Damit steht der Weg zur Herstellung von Materialien mit deutlich größeren Poren als bisher offen. In weiteren Experimenten wird versucht, in die geräumigen Hohlräume Metallcluster einzulagern, die dann wiederum für die Katalyse und die Sensorik genutzt werden können.

Intelligente Oberflächen

Die intelligenten Oberflächen, die dafür sorgen, dass genau die gewünschten Regalverbindungen entstehen, lassen die Chemiker auf einfache

Weise von selbst wachsen: Sie tauchen Metallsubstrate in Lösungen sog. Organothiole ein, schwefelhaltiger organischer Moleküle. Die Schwefelatome werden mit einer chemischen Reaktion fest an das metallische Substrat gebunden und dienen so als Anker für die organischen Moleküle. Es entsteht ein molekularer Pelz, der als SAM (Self-Assembled Monolayer) bezeichnet wird. Auf der Oberfläche dieser SAMs können dann die Regalverbindungen kontrolliert aufwachsen – sogar deren Orientierung lässt sich durch die maßgeschneiderten SAMs vorgeben.

Literatur:

- [1] Shekha, O. O. et al.: Nature Materials, 3.5.2009, DOI: 10.1038/NMAT2445

► KONTAKT

Prof. Dr. Christof Wöll
Lehrstuhl für Physikalische Chemie I
Ruhr-Universität Bochum
Tel.: 0234/32-25529
Fax: 0234/32-14182
woell@pc.ruhr-uni-bochum.de
www.pc.rub.de