



PRESSEINFORMATION

FORSCHUNG

„Porentief und wirklich rein“ –

Analyse von Nanosystemen eröffnet neue Anwendungen

München, 04. April 2007 — Sie haben die umweltschädigenden Phosphate verdrängt: Zeolithe, eine bestimmte Form der porösen Systeme, fangen jetzt den Kalk in Waschmitteln. Für die so genannten nanoporösen Silikatsysteme gibt es darüber hinaus viele andere wichtige Anwendungen, unter anderem in der Katalyse, der Chromatographie, also der Auftrennung von Stoffgemischen in ihre Bestandteile, und in der Gastrennung. Die nanometergroßen Poren können aber auch genutzt werden, um darin molekulare Drähte als elektrische Leiter herzustellen oder zur Erzeugung des bisher kleinsten Farbstofflasers. Für alle diese Anwendungen ist die genaue Kenntnis der Anordnung der Poren und des Verhaltens von Gastmolekülen innerhalb des Porensystems essentiell. In einer Zusammenarbeit der Forschungsgruppen von Professor Christoph Bräuchle und Professor Thomas Bein am Department für Chemie und Biochemie der Ludwig-Maximilians-Universität (LMU) München konnten die Wissenschaftler jetzt eine neuartige Untersuchungsmethode etablieren, wie in der April-Ausgabe der Fachzeitschrift „Nature Materials“ (6/2007) berichtet.

Die Forscher brachten einzelne Fluoreszenzfarbstoffe – die Gastmoleküle – in die porösen Silikatmaterialien – die Wirtssysteme – ein, um dann die Diffusion der Farbstoffe abhängig von der Struktur des Wirtssystem zu untersuchen. „Die Art und Form der Bewegung der in die Poren eingebrachten Farbstoffe bildet direkt die Anordnung der nur Nanometer – das sind Milliardstel Meter – großen Poren im Silikat über große Bereiche ab“, berichtet Christoph Bräuchle. „Diese Daten sind auf anderem Wege nicht zu erhalten.“

Die erste Synthese von porösen Systemen mit einem Porendurchmesser von über zwei Nanometern liegt schon 15 Jahre zurück. Die schon seit längerem bekannten Zeolithe etwa – die Entkalker der Waschmittel – gehören zu den Systemen mit kleinerer Porengröße, in diesem Fall von bis zu 1,2 Nanometern. Damit ist man bei der Anwendung auf Gastmoleküle angewiesen, die in derart kleine Poren passen. Viele organische Verbindungen jedoch bestehen aus ausgedehnten Kohlenstoffsystemen, die

Luise Dirscherl (Leitung)

Telefon +49 (0)89 2180 - 2706

Telefax +49 (0)89 2180 - 3656

dirscherl@lmu.de

Infoservice:

+49 (0)89 2180 - 3423

Geschwister-Scholl-Platz 1

80539 München

presse@lmu.de

www.lmu.de

Kommunikation und Presse

Telefon +49 (0)89 2180 - 2706
Telefax +49 (0)89 2180 - 3656
dirschler@lmu.de

Infoservice:
+49 (0)89 2180 - 3423

mehr als einen Nanometer groß sind. „Deshalb war die Entwicklung von geordneten Gastsystemen mit einer Porengröße von zwei bis über 15 Nanometern eine außerordentliche Errungenschaft“, so Thomas Bein. „Diese Materialien können ein viel weiteres Spektrum an Gastmolekülen beherbergen – was den Weg für viele Anwendungen poröser Wirt-Gast-Systeme ebnet.

Ein wichtiger Aspekt bei vielen dieser neuartigen, so genannten mesoporösen Materialien ist aber, dass sie nicht über lange Bereiche periodisch angeordnet sind, sondern dass die periodische Porenanordnung nur in kleinen Domänen auftritt. Somit kann die sonst eingesetzte Standardmethode der Röntgendiffraktometrie zwar die globale Struktur des Wirts ermitteln, nicht aber die Details der lokalen Struktur, die für den Transport und das Verhalten der Gastmoleküle entscheidend sein können. Mit der Transmissionselektronenmikroskopie (TEM) kann man zwar in kleinen Bereichen die lokale Struktur wie z.B. Domänengrenzen, Krümmungen von Kanälen oder Übergänge zu anderen Strukturen beobachten, nicht jedoch das Innere einzelner Kanäle so wie es Gastmoleküle ‚erfahren‘.“

Hier aber kommt nun die neu entwickelte Methode ins Spiel. „Dank der Einzelmoleküldiffusion können wir große Regionen von bis zu 50 mal 50 Mikrometern, das sind Millionstel Meter, beobachten“, so Bräuchle. „Zusätzlich zur Porenstruktur geben die Spuren der einzelnen Moleküle aber auch Aufschluss über die Dynamik der ablaufenden Diffusionsprozesse und über die Verknüpfung und Zugänglichkeit der einzelnen Kanäle im mesoporösen Material. Auch die Domänenstruktur wird zum ersten Mal über große Bereiche sichtbar gemacht und sogar Sackgassen für die Diffusion der Moleküle können entdeckt werden.“

Ein weiterer, sehr interessanter Aspekt ist, dass die Wissenschaftler eine Serie von ähnlichen Materialien mit unterschiedlicher Porentopologie untersuchen konnten. Diese Topologie lässt sich bei der Herstellung des Systems einstellen. „Wir haben die Syntheserezepte systematisch variiert und dabei zeigen können, dass es einen Zwischenbereich gibt, in dem zwei Strukturen in derselben Probe koexistieren“, berichtet Johanna Kirstein, die Erstautorin der Studie. „Die Koexistenz der beiden Phasen konnten wir direkt in der Einzelmolekülfluoreszenz entdecken, da sich die Moleküle in diesen beiden Phasen sehr unterschiedlich verhalten. So bewegen sich die Moleküle im so genannten hexagonalen System ähnlich einem dichten Bündel von Makkaroni entlang der Kanäle und rotieren dabei frei, während sie sich im lamellaren System mit übereinander gestapelten Schichten senkrecht zu den Silikaschichten ausrichten. In letzterem Fall diffundieren sie unstrukturiert und um zwei Größenordnungen langsamer als die Moleküle in der hexagonalen Phase. Interessanterweise sehen wir auch, dass ein und dasselbe Molekül zwischen den Phasen wechseln kann, also strukturelle Defekte als Öffnungen zum Durchschlüpfen nutzt. Insgesamt erlaubt unsere Methode, die einfacheren wie auch die komplizierteren Systeme mit koexistierenden Phasen detailliert zu beschreiben.“

Kommunikation und Presse

Telefon +49 (0)89 2180 - 2706
Telefax +49 (0)89 2180 - 3656
[dirtscherl@lmu.de](mailto:dirscherl@lmu.de)

Infoservice:
+49 (0)89 2180 - 3423

Publikation:

„Exploration of nanostructured channel systems with single-molecule probes”,
Johanna Kirstein, Barbara Platschek, Christophe Jung, Ross Brown, Thomas Bein and Christoph Bräuchle, Nature Materials, 2007, volume 6, number 4, pages 303-310.

Ansprechpartner:

Prof. Dr. Christoph Bräuchle
Department für Chemie und Biochemie, LMU München
E-Mail: Christoph.Braeuchle@cup.uni-muenchen.de