

Effiziente Gastrennung dank poröser Flüssigkeiten

Neues Material eröffnet die Möglichkeit, beim Abtrennen von Rohstoffen für die Kunststoffindustrie bis zu 80 Prozent Energie einzusparen – Publikation in *Nature Materials*



Poröse Flüssigkeiten als Membran: Mit diesem Verfahren könnten sich in der Kunststoffindustrie enorme Mengen Energie und damit CO₂ einsparen lassen. (Foto: Alexander Knebel, KIT)

Ein Forscher des Karlsruher Instituts für Technologie (KIT) hat gemeinsam mit Partnern „poröse Flüssigkeiten“ entwickelt: In einem Lösemittel schweben – fein verteilt – Nanoteilchen, die Gasmoleküle verschiedener Größen voneinander trennen. Denn die Teilchen besitzen leere Poren, durch deren Öffnungen nur Moleküle einer bestimmten Größe eindringen können. Die porösen Flüssigkeiten lassen sich direkt einsetzen oder zu Membranen verarbeiten, die Propen als Ausgangsstoff für den weit verbreiteten Kunststoff Polypropylen effizient aus Gasmischungen trennen. Die bislang übliche energieaufwendige Destillation könnte somit ersetzt werden. Über die Ergebnisse berichtet das Team in *Nature Materials*. (DOI: [10.1038/s41563-020-0764-y](https://doi.org/10.1038/s41563-020-0764-y)).

Propen, auch Propylen genannt, ist einer der wichtigsten Grundstoffe der chemischen Industrie, von dem jährlich weltweit rund 100 Millionen Tonnen verbraucht werden. Der daraus hergestellte „Massenkunststoff“ Polypropylen wird vor allem in Verpackungsmaterialien eingesetzt, aber beispielsweise auch in der Bau- oder Automobilbranche. Gewonnen wird Propen vor allem bei der Aufbereitung von Rohöl oder natürlichem Erdgas, wobei es durch Destillation von anderen

Monika Landgraf
Leiterin Gesamtkommunikation
Pressesprecherin

Kaiserstraße 12
76131 Karlsruhe
Tel.: +49 721 608-41105
E-Mail: presse@kit.edu

Weiterer Pressekontakt:

Dr. Joachim Hoffmann
Redakteur/Pressereferent
Tel.: +49 721 608-41151
E-Mail: joachim.hoffmann@kit.edu

Weitere Materialien:

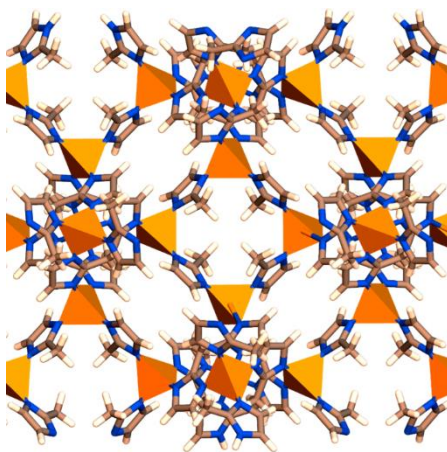
Publikation in Nature Materials:
<https://www.nature.com/articles/s41563-020-0764-y>

Gasen separiert und gereinigt wird. „In der Fachliteratur geht man davon aus, dass die Gastrennung in der Petrochemie mit Hilfe von Membranen nur ein Fünftel der Energie kosten würde, die für Destillationen benötigt wird. Das bedeutet angesichts des hohen Propen-Bedarfs eine Einsparung riesiger Mengen des Treibhausgases CO₂“, so Nachwuchsgruppenleiter Dr. Alexander Knebel vom Institut für Funktionelle Grenzflächen des KIT, der bis 2019 an der Leibniz Universität Hannover und in Saudi-Arabien forschte.

So könnte es für die petrochemische Industrie erstmals wirtschaftlich interessant werden, für die Abtrennung von Propen auf Membranen zu setzen. In diesem Projekt arbeitete Knebel mit Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler der Leibniz Universität Hannover, der King Abdullah University of Science and Technology und des Deutschen Instituts für Kautschuktechnologie zusammen.

Erstmals Metall-Organisches Netzwerk in Flüssigkeiten

Die Forschenden starteten bei ihrer Arbeit mit dem festen Material ZIF-67 (zeolitic imidazole framework), dessen Atome ein Metall-Organisches Netzwerk mit 0,34 Nanometer breiten Porenöffnungen bilden. Dabei veränderten sie Nanopartikel von ZIF-67 gezielt an der Oberfläche. „Dadurch gelang es uns, erstmals ein Metall-Organisches Netzwerk in Flüssigkeiten wie Cyclohexan, Cyclooctan oder Mesitylen fein zu verteilen, also zu dispergieren“, sagt Knebel. Die entstandene Dispersion nennen die Wissenschaftler poröse Flüssigkeit.



*Das poröse Netzwerk von ZIF-67: Die Metallzentren aus Kobalt (Pyramiden) sind über Methylimidazololiganden (Stäbchen und Ringe) miteinander verbunden.
(Grafik: R. Ahmad)*

Für den Weg durch eine Säule, die mit der porösen Flüssigkeit gefüllt ist, braucht gasförmiges Propen deutlich länger als beispielsweise Methan. Denn Propen wird in den Poren der Nanopartikel gleichsam festgehalten, die kleineren Methanmoleküle hingegen nicht. „Diese

Eigenschaft der Dispersion wollen wir künftig ausnutzen, um flüssige Trennmembranen zu erzeugen“, sagt Knebel.

Doch mit den porösen Flüssigkeiten lassen sich auch feste Trennmembranen mit besonders vorteilhaften Eigenschaften produzieren. So stellte das Team Membranen aus einem Kunststoff und dem chemisch modifizierten ZIF-67 her. Dabei konnte es den Anteil an modifiziertem ZIF-67 in der Membran bis auf 47,5 Prozent erhöhen, ohne dass diese mechanisch instabil wurde. Leiteten die Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler eine Gasmischung aus gleichen Teilen Propen und Propan über zwei hintereinandergeschaltete Membranen, so erhielten sie Propen mit einem Reinheitsgrad von mindestens 99,9 Prozent, obwohl sich die beiden Gasmoleküle nur um 0,2 Nanometer in ihrer Größe unterscheiden.

Für den praktischen Einsatz einer solchen Membran ist neben dem Trennvermögen entscheidend, wie hoch die Menge eines Gasgemisches ist, die in einer bestimmten Zeit hindurchgeleitet werden kann. Diese Durchflussrate war bei den neuen Membranen mindestens dreimal so hoch wie bei bisherigen Materialien. Knebel ist aufgrund der erzielten Trennwerte davon überzeugt, dass es sich für die petrochemische Industrie erstmals auszahlen würde, zur Gastrennung Membranen statt herkömmlicher Destillationsverfahren einzusetzen.

Entscheidend für die Leistungsfähigkeit der Membranen ist, dass möglichst viele Metall-Organische Partikel einheitlich im Kunststoff verteilt werden können und dass die Poren in den Nanopartikeln bei der Membranherstellung nicht durch Lösemittel verstopft sind, also gleichsam leer bleiben. „Beides konnten wir erreichen, weil wir nicht direkt feste Partikel in die Membran eingearbeitet haben, sondern den scheinbaren Umweg über die porösen Flüssigkeiten gegangen sind“, erläutert Knebel.

Originalpublikation:

*Knebel, A., Bavykina, A., Datta, S., Sundermann, L., Garzon-Tovar, L., Lebedev, Y., Durini, S., Ahmad, R., Kozlov, S. M., Shterk, G., Karunakaran, M., Carja, I. D., Simic, D., Weilert, I., Klüppel, M., Giese, U., Cavallo, L., Rueping, M., Eddaoudi, M., Caro, J., Gascon, J.: Solution processable metal-organic frameworks for mixed matrix membranes using porous liquids. *Nature Materials*, 2020. DOI: 10.1038/s41563-020-0764-y*

Als „Die Forschungsuniversität in der Helmholtz-Gemeinschaft“ schafft und vermittelt das KIT Wissen für Gesellschaft und Umwelt. Ziel ist es, zu den globalen Herausforderungen maßgebliche Beiträge in den Feldern Energie, Mobilität und

Information zu leisten. Dazu arbeiten rund 9 300 Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter auf einer breiten disziplinären Basis in Natur-, Ingenieur-, Wirtschafts- sowie Geistes- und Sozialwissenschaften zusammen. Seine 24 400 Studierenden bereitet das KIT durch ein forschungsorientiertes universitäres Studium auf verantwortungsvolle Aufgaben in Gesellschaft, Wirtschaft und Wissenschaft vor. Die Innovationstätigkeit am KIT schlägt die Brücke zwischen Erkenntnis und Anwendung zum gesellschaftlichen Nutzen, wirtschaftlichen Wohlstand und Erhalt unserer natürlichen Lebensgrundlagen. Das KIT ist eine der deutschen Exzellenzuniversitäten.

Diese Presseinformation ist im Internet abrufbar unter:
www.sek.kit.edu/presse.php

Das Foto steht in der höchsten uns vorliegenden Qualität auf www.kit.edu zum Download bereit und kann angefordert werden unter: presse@kit.edu oder +49 721 608-21105. Die Verwendung des Bildes ist ausschließlich in dem oben genannten Zusammenhang gestattet.