

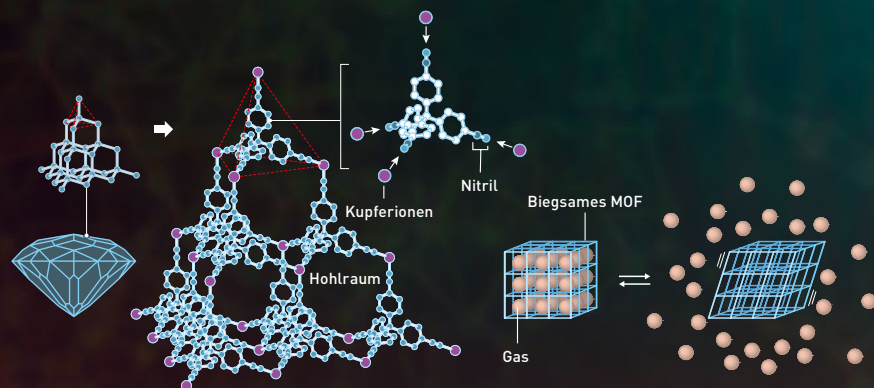


# Sie schufen neue Räume für die Chemie

Die Preisträger des Nobelpreises für Chemie entwickelten eine neue Form der molekularen Architektur. Ihre Konstrukte – so genannte *metallorganische Gerüste* – enthalten große Hohlräume, in die Moleküle hineinwandern und sich wieder herausbewegen können. Forscher\*innen konnten mit ihrer Hilfe Wasser aus Wüstenluft gewinnen, Schadstoffe aus Wasser extrahieren, Kohlendioxid binden und Wasserstoff speichern.

Eine attraktive und sehr geräumige Einzimmerwohnung, speziell für Ihr Leben als Wassermolekül entworfen – so würde vermutlich ein Immobilienmakler eines der metallorganischen Gerüste beschreiben, die Labore auf der ganzen Welt in den letzten Jahrzehnten entwickelt haben. Andere Strukturen dieser Art wurden speziell für die Bindung von Kohlendioxid, die Extraktion von PFAS aus Wasser, den Abbau von Umweltschadstoffen, die Freisetzung von Arzneimitteln im Körper oder die Handhabung extrem giftiger Gase entworfen.

**Susumu Kitagawa, Richard Robson und Omar Yaghi** erhalten den Nobelpreis für Chemie 2025 für die Entwicklung metallorganischer Gerüste (metal-organic frameworks, MOFs) und den Beleg ihres Potenzials. Diese molekularen Konstruktionen bestehen aus Metallionen, die als Eckpfeiler dienen und organischen (kohlenstoffbasierten) Molekülen, die diese miteinander verbinden. Durch Variation ihrer Bausteine können Chemiker\*innen MOFs maßgeschneidert entwerfen und ihnen dadurch verschiedene Funktionen verleihen.



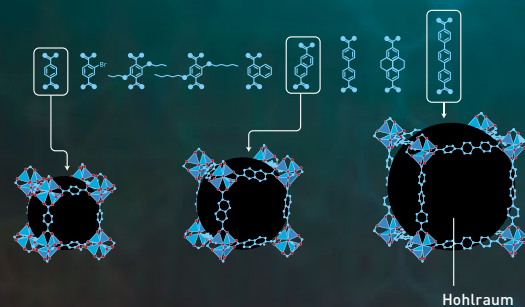
## Robson entwickelte innovative chemische Strukturen

1989 begann Richard Robson, die Fähigkeiten von Atomen zur Bildung neuartiger chemischer Bindungen zu erforschen. Er ließ sich dabei vom pyramidenartigen Aufbau eines Diamanten inspirieren, verwendete aber anstelle von Kohlenstoffatomen Kupferionen. Er kombinierte diese mit einem vierarmigen Molekül, das am Ende seiner Arme jeweils eine von Kupferionen angezogene chemische Gruppe, nämlich *Nitril*, aufwies. Die meisten Chemiker\*innen wären damals davon ausgegangen, dass diese Mischung ein molekulares Durcheinander produzieren würde, doch die Ionen und Moleküle organisierten sich zu einem geordneten und geräumigen Kristall. Er wirkte wie ein Diamant, war aber gefüllt mit einer enormen Anzahl von Hohlräumen. Robson hatte eine neue Möglichkeit zur Herstellung von Materialien gefunden.

## Kitagawa baute Hotels für Gasmoleküle

1997 gelang Susumu Kitagawa die Entwicklung eines äußerst stabilen MOF, das selbst dann nicht kollabierte, als er seinen gesamten Inhalt entnahm. Kitagawa zeigte, dass die Hohlräume als molekulares Hotel für Gasmoleküle fungieren konnten: Methan, Stickstoff oder Sauerstoff können hineinwandern und sich wieder herausbewegen, ohne dass das Material sich verändert.

Ein Jahr später sagte Kitagawa voraus, dass MOFs weiche Materialien aus biegsamen molekularen Bausteinen bilden könnten. Sie erlauben eine Formveränderung des Materials. Nur ein paar Jahre später entwickelten er und andere Forscher\*innen dann genau diese weichen MOF-Materialien.



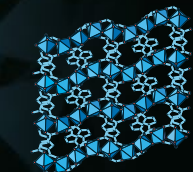
## Yaghi schuf ein ikonisches MOF

Omar Yaghi prägte die Bezeichnung „metallorganisches Gerüst“ im Jahr 1995. Vier Jahre später stellte er ein mittlerweile ikonisch gewordenen Material vor: MOF-5. Dabei handelt es sich um ein außergewöhnlich geräumiges und dennoch stabiles molekulares Konstrukt. In ein paar Gramm MOF-5 kann eine Fläche von der Größe eines Fußballfeldes enthalten sein.

Anfang der 2000er Jahre bewies Yaghi außerdem, dass sich MOFs durch ein rationales Design modifizieren lassen, wodurch ihnen verschiedene Eigenschaften verliehen werden können. Er erzeugte unter anderem 16 MOF-5-Varianten mit Hohlräumen, die sowohl kleiner als auch größer als die des ursprünglichen Materials waren. Seine Arbeit trug dazu bei, dass Forscher\*innen verstanden, wie leicht das Design neuer MOFs ist.



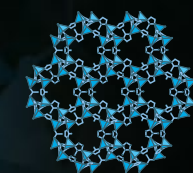
UiO-67  
Extraktion von PFAS  
aus Wasser



MOF-303  
Gewinnung von  
Wasser aus  
Wüstenluft



CALF-20  
Bindung von  
Kohlendioxid aus  
Industrieemissionen



ZIF-8  
Rückgewinnung  
seltener Erden aus  
Abfall



MIL-101  
Abbau von  
Ölverschmutzung

## Susumu Kitagawa

Geboren 1951  
in Kyoto, Japan  
Professor an der  
Universität Kyoto,  
Japan

## Richard Robson

Geboren 1937  
in Glusburn,  
Vereinigtes  
Königreich  
Professor an  
der Universität  
Melbourne,  
Australien

## Omar M. Yaghi

Geboren 1965 in  
Amman, Jordanien  
Professor an  
der University of  
California, Berkeley,  
USA

## MOFs helfen bei der Bewältigung zahlreicher Herausforderungen

Im Anschluss an die revolutionäre Forschung der Nobelpreisträger eroberten metallorganische Gerüstverbindungen die Welt im Sturm. Heute gibt es Zehntausende verschiedener MOFs, von denen einige bei der Bewältigung bestimmter Herausforderungen für die Menschheit helfen können. Zwar wurden viele dieser Verbindungen bislang nur im Labor getestet, Unternehmen entwickeln aber derzeit Verfahren zur Massenproduktion und Vermarktung.



Fotos: Portrait von Susumu Kitagawa: Kyoto University Institute for Advanced Study; Portrait von Richard Robson: Aaron Francis; Portrait von Omar M. Yaghi: University of California, Berkeley

## ERFAHREN SIE MEHR ÜBER DIE NOBELPREISE UNTER KVA.SE/EN

Weitere Informationen zum Nobelpreis für Chemie 2025 erhalten Sie auf den englischsprachigen Seiten [kva.se/nobelchemistry2025](https://kva.se/nobelchemistry2025) sowie unter [nobelprize.org](https://nobelprize.org). Dort finden Sie zusätzliches Material über die Preisträger und ihre Forschung mit passenden Videos.

**Redaktion:** Peter Brzezinski, Heiner Linke, Olof Ramström und Xiaodong Zou, Nobelkomitee für Chemie, Königlich Schwedische Akademie der Wissenschaften; Ann Fernholm, Wissenschaftsredakteurin; Sara Rylander, Redakteurin, Königlich Schwedische Akademie der Wissenschaften. **Grafikdesign:** Studio Laufer. **Illustrationen:** Johan Jarnestad/Infographics.se

Druck und Vertrieb mit  
freundlicher Unterstützung von  
**VOLVO**

Realisierung der  
deutschen Version durch  
**LINDAU  
NOBEL LAUREATE  
MEETINGS**

Druck und Vertrieb  
der deutschen Version  
gefördert von  
**CHRISTA UND HERMANN  
LAUR - STIFTUNG**

**IBK**  
Internationaler  
Bodensee-Kongress

© Königlich Schwedische Akademie der Wissenschaften  
Box 50005, SE-104 05 Stockholm, Schweden  
+46 8 673 95 00, [kva.se](https://kva.se)  
Dieses und weitere Poster sind online verfügbar  
unter [mediatheque.lindau-nobel.org/educational](https://mediatheque.lindau-nobel.org/educational)  
und [kva.se/nobelposters](https://kva.se/nobelposters).