

Forscher knacken Code: Molekularer Trick öffnet Tür zu neuer Glasgeneration

24.8.2026 - Matthias Bauer | Universität Paderborn

Forschende der TU Dortmund, der Universität Paderborn, der Universität Duisburg-Essen und der University of Oxford haben ein neues Verfahren entwickelt, um die innere Struktur von speziellen Gläsern gezielt zu verändern. Die in der Fachzeitschrift „Nature Materials“ veröffentlichte Studie zeigt, wie sich durch den Zusatz eines organischen Moleküls beim Schmelzen die chemischen Bindungen im Material neu ordnen. Das Verfahren senkt die nötige Verarbeitungstemperatur, verhindert die Zersetzung der Substanz und erlaubt die gezielte Einstellung magnetischer und optischer Eigenschaften. Zum Einsatz kommen die speziellen Gläser u. a. bei der Gasspeicherung, in Batterien, bei optischen Anwendungen sowie der Katalyse.

Gläser mit besonderen Eigenschaften

„Wir haben einen Weg gefunden, die Struktur von Gläsern, die aus sogenannten metallorganischen Gerüstverbindungen oder auch Metal-Organic Frameworks, kurz MOFs, hervorgehen, schon während der Herstellung chemisch umzubauen“, erklärt Prof. Dr. Sebastian Henke von der TU Dortmund, der die Studie geleitet hat. Dafür setzten die Expert*innen 1,10-Phenanthrolin ein. Das Molekül senkt die Schmelztemperatur und ändert gleichzeitig, wie die Metallatome im Glas miteinander verbunden sind. Der große Vorteil: Forschende könnten so Gläser mit magnetischen oder lichtemittierenden Eigenschaften entwickeln, die zuvor unmöglich waren, ohne das Material durch extreme Hitze zu zerstören.

Glas durch chemische Umgestaltung von innen

„Normalerweise entsteht Glas, wenn eine geschmolzene Flüssigkeit schnell abkühlt. Die feste Struktur friert dann ein, ohne dass sich die Atome in einem regelmäßigen Muster anordnen. Bisher mussten Forschende die aus dem Ausgangsmaterial resultierende Chemie dieser Gläser oft hinnehmen“, erklärt Prof. Henke. Das Team hat nun gezeigt, dass das nicht immer der Fall sein muss. Denn MOFs bestehen aus Metallzentren, die durch organische Verbindungen zusammengehalten werden. Diese Strukturen lassen sich durch Zugabe von Phenanthrolin im flüssigen Zustand grundlegend verändern. „Der entscheidende Punkt ist, dass das Molekül nicht einfach als Füllstoff bleibt“, so Prof. Henke weiter. „Es geht eine Reaktion ein. Wir verändern also die Chemie genau in dem Moment, in dem das Material noch flüssig ist.“

Der molekulare Schlüssel

Das Phenanthrolin haben die Wissenschaftler*innen schon vor dem Erhitzen mit den Ausgangsmaterialien gemischt. Der Zusatz erfüllt gleich zwei Funktionen: „Als Flussmittel senkt der Stoff die Temperatur, bei der das Material schmilzt, als chemischer Akteur bindet das Molekül direkt an die Metallatome und verdrängt teilweise alte Bindungen. In der flüssigen Schmelze greift das Molekül in die sogenannte Koordinationsumgebung ein. Der Begriff beschreibt, wie viele Nachbarn ein einzelnes Atom umgeben. Dadurch, dass das neue Molekül stärker an die Metallzentren bindet, erhöht sich die Anzahl der Nachbarn“, so Prof. Henke. Der Vorgang initiiert einen kompletten Umbau des Glasnetzwerks. Die Forscher*innen können durch die Dosierung des Moleküls steuern, wie stark dieser Umbau ausfällt.

Kältere Herstellung, stabilere Ergebnisse

Ein praktischer Nebeneffekt des Verfahrens ist die niedrigere Schmelztemperatur. Viele der untersuchten Materialien zersetzen sich sonst, bevor sie zu Glas werden können. Extreme Hitze würde ihre Struktur zerstören und unerwünschte Verunreinigungen erzeugen. „Durch den molekularen Trick schmilzt das Material bei deutlich geringeren Temperaturen und bleibt stabil. In den Untersuchungen an cobalthaltigen Gläsern zeigte sich, dass dieser schonendere Prozess die Entstehung schädlicher Zersetzungsprodukte verhindert“, erklärt Prof. Dr. Matthias Bauer von der Universität Paderborn. Das ist besonders wichtig für funktionelle Eigenschaften: Nur so ließen sich die reinen magnetischen Effekte im Glas nachweisen, die sonst von Verunreinigungen überlagert worden wären.

Messungen bestätigen Hypothese

Um zu beweisen, dass sich die Struktur tatsächlich verändert hat, kamen hochauflösende Messmethoden zum Einsatz. Herkömmliche Röntgenverfahren stoßen hier an ihre Grenzen, da das Glas keine regelmäßige Kristallstruktur mehr aufweist. Prof. Bauer erklärt: „Stattdessen haben wir u. a. Röntgenabsorptionsspektroskopie verwendet. Diese Methode ermöglichte es uns, die unmittelbare Umgebung der Cobaltatome zu untersuchen.“ Die Messdaten bestätigten die Hypothese: Die Atome behalten zwar ihren chemischen Zustand (Oxidationsstufe), aber ihre räumliche Umgebung ändert sich deutlich. Die Bindungen zu den Nachbarmolekülen passen sich dem neuen Molekül an.

Vom Kristall zum funktionalen Bauteil

Die Studie zeigt, dass der Prozess nicht auf eine Materialklasse beschränkt ist. Die Forscher*innen testeten ihr Verfahren auch erfolgreich mit sogenannten carboxylatbasierten Gerüststrukturen. Damit erweitern sich die Möglichkeiten zur Herstellung der Gläser erheblich. Prof. Henke fasst die Bedeutung für die Zukunft zusammen: „Die Schmelze ist kein starrer Zwischenzustand mehr. Sie wird zu einem Reaktionsraum, in dem wir die Struktur programmieren können.“ Diese Kontrolle bietet Perspektiven für künftige Anwendungen. Metallorganische Gläser könnten künftig in der Katalyse, als Sensoren oder in der Optoelektronik zum Einsatz kommen. Da die Metallzentren nun gezielt beeinflusst werden können, eröffnen sich neue Wege für die Entwicklung von Bauteilen, die Licht, Magnetismus oder chemische Reaktionen gezielt steuern.

Zum Paper: www.nature.com/articles/s41563-026-02712-5

<https://www.uni-paderborn.de/nachricht/160576>