



Presseinformation Nr. 1/2021

05.01.2021

Weder flüssig noch fest

Entdeckung von flüssigem Glas wirft Licht auf das alte wissenschaftliche Problem des Glasübergangs: Ein interdisziplinäres Forschungsteam der Universität Konstanz entdeckt einen neuen Aggregatzustand, flüssiges Glas, mit bisher unbekanntem Strukturelementen – neue Erkenntnisse über die Eigenschaften von Glas und seine Übergänge.

Obwohl Glas ein allgegenwärtiges Material ist, das wir täglich verwenden, ist seine tatsächliche Natur nach wie vor ein großes Rätsel und die wissenschaftliche Erforschung seiner chemischen und physikalischen Eigenschaften noch längst nicht abgeschlossen. In der Chemie und Physik ist der Begriff Glas ein wandelbares Konzept: Es umfasst die Substanz, die wir als Fensterglas kennen, kann sich aber auch auf eine Reihe anderer Materialien mit Eigenschaften beziehen, die glasähnliches Verhalten aufweisen, darunter zum Beispiel Metalle, Kunststoffe, Proteine und sogar biologische Zellen.

Auch wenn es den Anschein hat, ist Glas alles andere als konventionell fest. Wenn ein Material vom flüssigen in den festen Zustand übergeht, reihen sich die Moleküle normalerweise auf und bilden ein kristallines Gitter. Anders bei Glas: Hier sind die Moleküle regelrecht festgefroren bevor die Kristallisation stattfindet. Dieser seltsame und ungeordnete Zustand ist für Gläser in verschiedenen Systemen charakteristisch und die Wissenschaft versucht immer noch zu verstehen, wie genau dieser metastabile Zustand entsteht.

Neuer Aggregatzustand: flüssiges Glas

Forschung von Prof. Dr. Andreas Zumbusch (Fachbereich Chemie) und Prof. Dr. Matthias Fuchs (Fachbereich Physik), beide an der Universität Konstanz, hat dem Glasrätsel nun eine weitere Komplexitätsebene hinzugefügt. Anhand eines Modellsystems mit Suspensionen aus maßgeschneiderten ellipsoiden Kolloiden entdeckten die Forscher einen neuen Materiezustand, flüssiges Glas, in dem sich einzelne Teilchen zwar bewegen, aber nicht drehen können – ein komplexes Verhalten, das bisher in Gläsern nicht beobachtet wurde. Die Forschungsergebnisse werden in der aktuellen Ausgabe der Fachzeitschrift „Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America“ (PNAS) veröffentlicht (Veröffentlichungsdatum: 19. Januar 2021; online veröffentlicht am 4. Januar 2021).

Kolloidale Suspensionen sind Gemische oder Flüssigkeiten, die feste Teilchen enthalten, die mit Größen von einem Mikrometer (ein Millionstel Meter) oder mehr größer als Atome oder Moleküle sind und sich daher gut für die Untersuchung mit dem Lichtmikroskop eignen. Sie werden gern von Forschenden, die Glasübergänge untersuchen, verwendet, weil sie viele der Phänomene aufweisen, die auch in anderen glasbildenden Materialien auftreten.

Maßgeschneiderte ellipsoide Kolloide

Bislang bauten die meisten Experimente mit kolloidalen Suspensionen auf sphärischen Kolloiden auf. Der Großteil natürlicher und technischer Systeme besteht allerdings aus nicht-sphärischen Partikeln. Mit Hilfe der Polymerchemie stellte das Team um Andreas Zumbusch kleine Kunststoffpartikel her, streckte und kühlte sie, bis sie ihre ellipsoide Form erreichten und brachte sie dann in ein geeignetes Lösungsmittel. „Aufgrund ihrer besonderen Form haben unsere Teilchen – im Gegensatz zu sphärischen Teilchen – eine Ausrichtung. Dies führt zu völlig neuen und bisher nicht untersuchten Arten von komplexem Verhalten“, erklärt Zumbusch, Professor für Physikalische Chemie und Hauptautor der Studie.

Anschließend veränderten die Forscher die Partikelkonzentration in den Suspensionen und verfolgten mit Hilfe der Konfokalmikroskopie sowohl die Translations- als auch die Rotationsbewegung der Partikel. Zumbusch fährt fort: „Bei bestimmten Teilchendichten friert die Orientierung ein, während die Translationsbewegung bestehen bleibt, was zu glasartigen Zuständen führt, bei denen die Teilchen sich in Clustern zusammenballen und lokale Strukturen mit ähnlicher Ausrichtung bilden.“ Das, was die Forscher als flüssiges Glas bezeichnen, entsteht dadurch, dass sich diese Cluster gegenseitig behindern und charakteristische räumliche Korrelationen mit großer Reichweite bilden. Diese verhindern die Entstehung von flüssigen Kristallen, was der allgemein geordnete Aggregatzustand wäre, den man im Rahmen der Thermodynamik erwarten würde.

Zwei konkurrierende Glasübergänge

Was die Forscher beobachteten, waren tatsächlich zwei konkurrierende Glasübergänge – eine reguläre Phasenumwandlung und eine Nicht-Gleichgewichtsphasenumwandlung – die miteinander interagierten. „Das ist aus theoretischer Sicht unglaublich interessant“, kommentiert Matthias Fuchs, Professor für Theorie der weichen Materie an der Universität Konstanz und der zweite Hauptautor der Arbeit. „Unsere Experimente liefern die Art von Beweisen für das Zusammenspiel zwischen entscheidenden Fluktuationen und glasartiger Verfestigung, nach denen die wissenschaftliche Gemeinschaft seit geraumer Zeit gesucht hat.“ Flüssiges Glas war nämlich zwanzig Jahre lang eine theoretische Vermutung geblieben.

Die Ergebnisse deuten außerdem darauf hin, dass es eine ähnliche Dynamik auch in anderen glasbildenden Systemen geben könnte und könnten somit dazu beitragen, das Verhalten komplexer Systeme und Moleküle vom ganz Kleinen (biologisch) bis zum ganz Großen (kosmologisch) zu verstehen. Sie haben möglicherweise auch Auswirkungen auf die Entwicklung von flüssigkristallinen Elementen.

Die Forschung wurde im Rahmen des Sonderforschungsbereichs 1214 “Anisotropic Particles as Building Blocks: Tailoring Shape, Interactions and Structures” der Universität Konstanz initiiert, der von der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG) von 2016 bis 2020 gefördert wurde.

Faktenübersicht:

- Ein Team aus Chemikern und Physikern der Universität Konstanz entdeckte einen neuen Materiezustand, flüssiges Glas, mit bislang unbekanntem

Strukturelementen.

- Forschung von Prof. Dr. Andreas Zumbusch (Fachbereich Chemie) und Prof. Dr. Matthias Fuchs (Fachbereich Physik) liefert neue Erkenntnisse zum bislang ungeklärten Glasübergang.
- Experimente mit ellipsoiden Kolloiden zeigen, dass flüssiges Glas entsteht, weil die Partikel sich zwar bewegen, aber nicht drehen können – was zu lokalen Partikelclustern führt, die sich gegenseitig behindern und somit einen geordneten Aggregatzustand verhindern.
- Originalpublikation: Jörg Roller, Aleena Laganapan, Janne-Mieke Meijer, Matthias Fuchs, Andreas Zumbusch: Observation of liquid glass in suspensions of ellipsoidal colloids, *PNAS*, 4. Januar 2021. URL: <https://doi.org/10.1073/pnas.2018072118>
- Projekt wurde im Rahmen des Sonderforschungsbereichs 1214 „Anisotropic Particles as Building Blocks: Tailoring Shape, Interactions and Structures“ der Universität Konstanz initiiert, der von der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG) von 2016 bis 2020 gefördert wurde.

Hinweis an die Redaktionen:

Ein Foto kann im Folgenden heruntergeladen werden:

https://cms.uni-konstanz.de/fileadmin/pi/fileservers/2020/Bilder/Weder_fluessig_noch_fest.png

Bildunterschrift: Darstellung der Position und Orientierung von Teilchen in Clustern eines flüssigen Glases.

Bild: AG Zumbusch und AG Fuchs

Kontakt:

Universität Konstanz

Kommunikation und Marketing

Telefon: +49 7531 88-3603

E-Mail: kum@uni-konstanz.de

- uni.kn