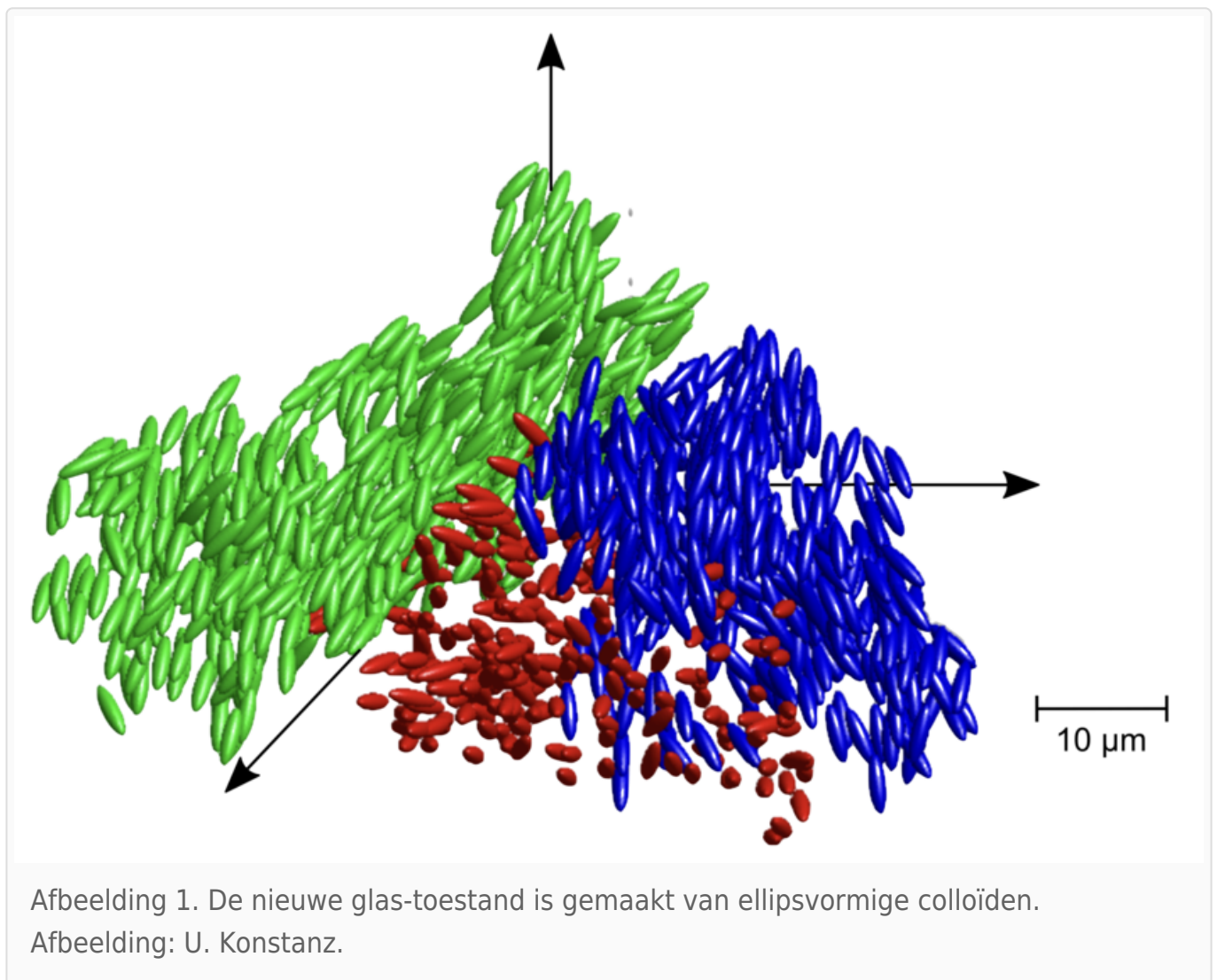


Noch vloeibaar, noch vast

Een interdisciplinair team van onderzoekers van de universiteiten van Konstanz en Amsterdam heeft een nieuwe materietoestand ontdekt, vloeibaar glas, met structureigenschappen die tot nu toe niet eerder waren waargenomen. De ontdekking leidt tot nieuwe inzichten in de eigenschappen en fase-overgangen van glas.

Bron: persbericht Universiteit Konstanz.



Hoewel glas een alomtegenwoordig materiaal is dat we dagelijks gebruiken, stelt het ons ook voor een groot wetenschappelijk raadsel. In tegenstelling tot wat je zou verwachten is de ware aard van glas nog altijd enigszins mysterieus, en is het wetenschappelijk onderzoek naar de chemische en fysische eigenschappen ervan nog steeds gaande. In de natuur- en scheikunde is de term 'glas' zelf een veranderlijk begrip: het materiaal dat we kennen als vensterglas valt eronder, maar de term verwijst ook naar een scala aan andere materialen met eigenschappen die begrepen kunnen worden als glas-achtig gedrag, waaronder bijvoorbeeld metalen, plastics, eiwitten en zelfs biologische cellen.

Glas is hard, maar het is volgens de gebruikelijke definities desondanks geen vaste stof. Als een materiaal overgaat van een vloeibare in een vaste toestand rangschikken de moleculen zich in een kristal-patroon. In glas gebeurt dat niet. De moleculen bevriezen in plaats daarvan al voordat de kristallisatie plaatsvindt. De vreemde, ongeordende toestand die dan ontstaat is karakteristiek voor alle verschillende glasachtige materialen – en wetenschappers proberen nog altijd te begrijpen hoe een dergelijke metastabiele toestand precies kan ontstaan.

Een nieuwe materietoestand: vloeibaar glas

Onderzoek onder leiding van Andreas Zumbusch en Matthias Fuchs van de Universiteit van Konstanz, waarbij ook Janne-Mieke Meijer van de universiteiten van Amsterdam en Konstanz betrokken was, heeft nu een extra laag van complexiteit toegevoegd aan het raadsel van glas. Met behulp van een modelsysteem dat bestond uit suspensies van op maat gemaakte ellipsvormige colloïden, ontdekten de onderzoekers een nieuwe materietoestand, vloeibaar glas, waarin de deeltjes wel in staat zijn om te bewegen maar niet om te draaien – een complex gedragspatroon dat niet eerder in glassen is waargenomen. De resultaten zijn recent gepubliceerd in de *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*.

Colloïdale suspensies zijn mengsels van vloeistoffen met vaste deeltjes (*colloïden*) die, met hun grootte van een micrometer (een miljoenste meter) of meer, nog beduidend groter zijn dan atomen en moleculen, en zich daardoor goed lenen voor onderzoek onder de

microscop. Zulke suspensies zijn populair onder wetenschappers die glas-overgangen bestuderen, aangezien ze veel van de eigenschappen vertonen die ook in andere glasvormende materialen voorkomen.

Op maat gemaakte ellipsvormige colloïden

Tot nu toe maakten de meeste experimenten met colloïdale suspensies gebruik van bolvormige colloïden. De meeste natuurlijke en kunstmatige systemen bestaan daarentegen juist uit deeltjes die niet rond zijn. Gebruikmakend van de scheikunde van polymeren maakte het team onder leiding van Andreas Zumbusch kleine plasticdeeltjes die opgerekt en gekoeld werden tot ze de juiste ellipsvorm aannamen, en daarna werden ingebracht in een geschikt oplosmiddel. “Door hun bijzondere vorm hebben onze deeltjes een oriëntatie – in tegenstelling tot bolvormige deeltjes – die leidt tot volledig nieuw en tot nu toe onbestudeerd complex gedrag,” legt Zumbusch – professor in de fysische chemie en hoofdauteur van het onderzoek – uit.

De onderzoekers gingen daarna verder en veranderden de concentratie van deeltjes in de suspensies, waarbij ze zowel de verplaatsing als de draaiing van de deeltjes vastlegden met een confocale microscoop. Zumbusch vervolgt: “Bij bepaalde deeltjesdichtheden bevroor de verandering in de oriëntatie helemaal, terwijl de deeltjes zich nog wel konden verplaatsen, wat leidde tot glasachtige toestanden waarin de deeltjes clusters vormden met grofweg dezelfde oriëntatie.” De toestand die de onderzoekers ‘vloeibaar glas’ noemen, is een gevolg van het feit dat deze clusters elkaar onderling tegenwerken en daardoor leiden tot ruimtelijke correlaties over grote afstanden. Het resultaat is dat er géén vloeibaar kristal wordt gevormd – de gebruikelijke globaal geordende toestand die men op basis van de thermodynamica zou verwachten.

Twee concurrerende glasovergangen

Wat de onderzoekers waarnamen waren in feite twee concurrerende glasovergangen in interactie met elkaar – een normale fase-overgang tussen ‘vast’ en ‘vloeibaar’ en een tweede

fase-overgang uit evenwicht. “Dit is enorm interessant vanuit theoretisch oogpunt,” zegt Matthias Fuchs, hoogleraar in de zachte gecondenseerde materie aan de Universiteit van Konstanz en de andere hoofdauteur van het artikel. “Onze experimenten geven precies de aanwijzingen voor het samenspel tussen kritieke fluctuaties en glasvorming waarnaar de wetenschappelijke gemeenschap al een tijd zoekt.” De voorspelling dat vloeibare glassen zouden kúnnen bestaan was al twintig jaar een theoretisch vermoeden.

De resultaten doen vermoeden dat soortgelijke dynamica ook in andere glasvormende systemen een rol speelt, en zou dus kunnen helpen om het gedrag van complexe systemen en moleculen, variërend van heel klein (biologisch) tot heel groot (kosmologisch) beter te begrijpen. Mogelijk heeft dit ook invloed op de ontwikkeling van technologie waarin vloeibare kristallen worden gebruikt.

Publicatie

Observation of liquid glass in suspensions of ellipsoidal colloids, Jörg Roller, Aleena Laganapan, Janne-Mieke Meijer, Matthias Fuchs and Andreas Zumbusch. *PNAS*, 4 January 2021.