

Pressemitteilung

Paul Scherrer Institut (PSI)

Dr. Mirjam van Daalen

10.07.2023

<http://idw-online.de/de/news817538>

Forschungsergebnisse, Wissenschaftliche Publikationen
Physik / Astronomie
überregional



Rätsel der Mikrogele gelöst

Forschende des PSI und der Universität Barcelona können das merkwürdige Verhalten von Mikrogele erklären. Bei ihrer Messung mit Neutronenstrahlen gehen sie an die Grenzen der Messtechnik. Ihre Ergebnisse öffnen Möglichkeiten für neue Anwendungen in der Materialforschung oder der Pharmazie.

Sie fließen durch unsere Adern, machen Wände farbig oder Milch lecker: Die Rede ist von winzigen Partikeln oder Tröpfchen, die sehr fein in einem Lösungsmittel verteilt sind. Zusammen bilden sie ein Kolloid. Während Kolloide mit harten Partikeln – etwa Farbpigmente in einer Dispersionsfarbe – physikalisch gut verstanden sind, halten Kolloide mit weichen Partikeln – etwa der rote Farbstoff Hämoglobin im Blut oder Fetttropfchen in Milch – eine handfeste Überraschung bereit. Ein Experiment vor 15 Jahren zeigte: Weiche Partikel aus Polymeren – sogenannte Mikrogele – in einem Lösungsmittel schrumpfen schlagartig, wenn man ihre Konzentration über eine bestimmte Schwelle erhöht. Grosse Partikel ziehen sich dann auf die Grösse ihrer kleineren Nachbarn zusammen. Das Verblüffende daran: Das geschieht auch dann, wenn die Partikel gar keinen Kontakt untereinander haben. Die Forschenden rätselten: Woher weiss ein Gelpartikel, wie gross sein Nachbar ist, ohne ihn zu berühren? Gibt es bei Mikrogele vielleicht so etwas wie «Gedankenübertragung»?

These von 2016 bestätigt

«Natürlich nicht», schmunzelt Urs Gasser. Der Physiker ist seit zehn Jahren der wundersamen Schrumpfung von Mikrogele in Kolloiden auf der Spur. Mit einem Forschungsteam hat er 2016 eine Arbeit veröffentlicht, die das Phänomen erklärt. In Kürze: Die Polymerpartikel bestehen in diesem Fall aus langen Kohlenstoffketten. Diese tragen an einem Ende eine schwache negative Ladung. Die Ketten bilden ein Knäuel, das Mikrogel. Dieses kann man sich vorstellen wie eine Art Wollknäuel mit den Eigenschaften eines Schwamms. In diesem dreidimensionalen Gewirr existieren also negative Ladungspunkte, die positiv geladene Ionen aus der Flüssigkeit anziehen. Diese sogenannten Gegenionen ordnen sich in dem Knäuel um die negativen Ladungen an und bilden an der Oberfläche des Mikrogele eine positiv geladene Wolke. Kommen sich die Mikrogele nahe, überlappen sich die Wolken (siehe Grafik). Das erhöht wiederum den Druck in der Flüssigkeit, wodurch die Mikrogel-Partikel zusammengedrückt werden, bis sich ein neues Gleichgewicht eingestellt hat.

Damals konnte das Forschungsteam die Wolke aus Gegenionen allerdings noch nicht experimentell belegen. Diesen Nachweis hat Gasser nun mit seinem Doktorand Boyang Zhou und Alberto Fernandez-Nieves von der Universität Barcelona erbracht – und er stützt die These von 2016 eindrucksvoll. Die Ergebnisse wurden jetzt in der Fachzeitschrift Nature Communications veröffentlicht.

Neutronenquelle SINQ entscheidend für Lösung des Rätsels

Möglich wurde das mit den Neutronen aus der Spallationsquelle SINQ am PSI – und mit einem experimentellen Trick. Denn die Wolke der Gegenionen im Kolloid ist so verdünnt, dass sie in dem Bild der gestreuten Neutronen eigentlich nicht zu sehen ist. Die Gegenionen machen nicht mehr als ein Prozent der Masse eines Mikrogele aus. Gasser, Zhou und

Fernandez-Nieves untersuchten zwei Proben: einmal ein Kolloid ausschliesslich mit Natrium-Ionen als Gegenionen, das andere Mal mit Ammonium-Ionen (NH₄). Beide Ionen kommen in Mikrogelen auch natürlich vor – und sie streuen Neutronen unterschiedlich. Subtrahiert man das eine Bild vom anderen, bleiben nur die Signale der Gegenionen übrig. Boyang Zhou: «Dieser scheinbar einfache Lösungsweg verlangt grösste Sorgfalt bei der Vorbereitung der Kolloide, um die Ionenwolken sichtbar zu machen. Noch nie hat jemand so eine verdünnte Ionenwolke gemessen.»

Anwendungen in Kosmetika oder in der Pharmazie

Das Wissen, wie sich weiche Mikrogele in Kolloiden verhalten, ermöglicht es, diese für viele Anwendungen masszuschneiden. Die Ölindustrie pumpt sie in unterirdische Lagerstätten, um die Viskosität in Ölquellen anzupassen und die Förderung zu erleichtern. In Kosmetika sorgen sie für die gewünschte Konsistenz von Cremes. Denkbar wären auch smarte Mikrogele, die mit Medikamenten beladen werden. Die Partikel würden zum Beispiel auf Magensäure reagieren und das Medikament durch Schrumpfen freisetzen. Oder ein Mikrogel schrumpft bei hoher Temperatur zu einem kleinen, dicht gepackten Polymerknäuel, das Licht anders als im geschwollenen Zustand reflektiert. Das liesse sich für einen Temperatursensor in feinen Flüssigkeitskanälen nutzen. Andere Sensoren könnten so ausgelegt werden, dass sie Druckänderungen oder Verunreinigungen anzeigen. «Der Fantasie sind keine Grenzen gesetzt», so Urs Gasser.

Text: Bernd Müller

Über das PSI

Das Paul Scherrer Institut PSI entwickelt, baut und betreibt grosse und komplexe Forschungsanlagen und stellt sie der nationalen und internationalen Forschungsgemeinde zur Verfügung. Eigene Forschungsschwerpunkte sind Zukunftstechnologien, Energie und Klima, Health Innovation und Grundlagen der Natur. Die Ausbildung von jungen Menschen ist ein zentrales Anliegen des PSI. Deshalb sind etwa ein Viertel unserer Mitarbeitenden Postdoktorierende, Doktorierende oder Lernende. Insgesamt beschäftigt das PSI 2200 Mitarbeitende, das damit das grösste Forschungsinstitut der Schweiz ist. Das Jahresbudget beträgt rund CHF 420 Mio. Das PSI ist Teil des ETH-Bereichs, dem auch die ETH Zürich und die ETH Lausanne angehören sowie die Forschungsinstitute Eawag, Empa und WSL.

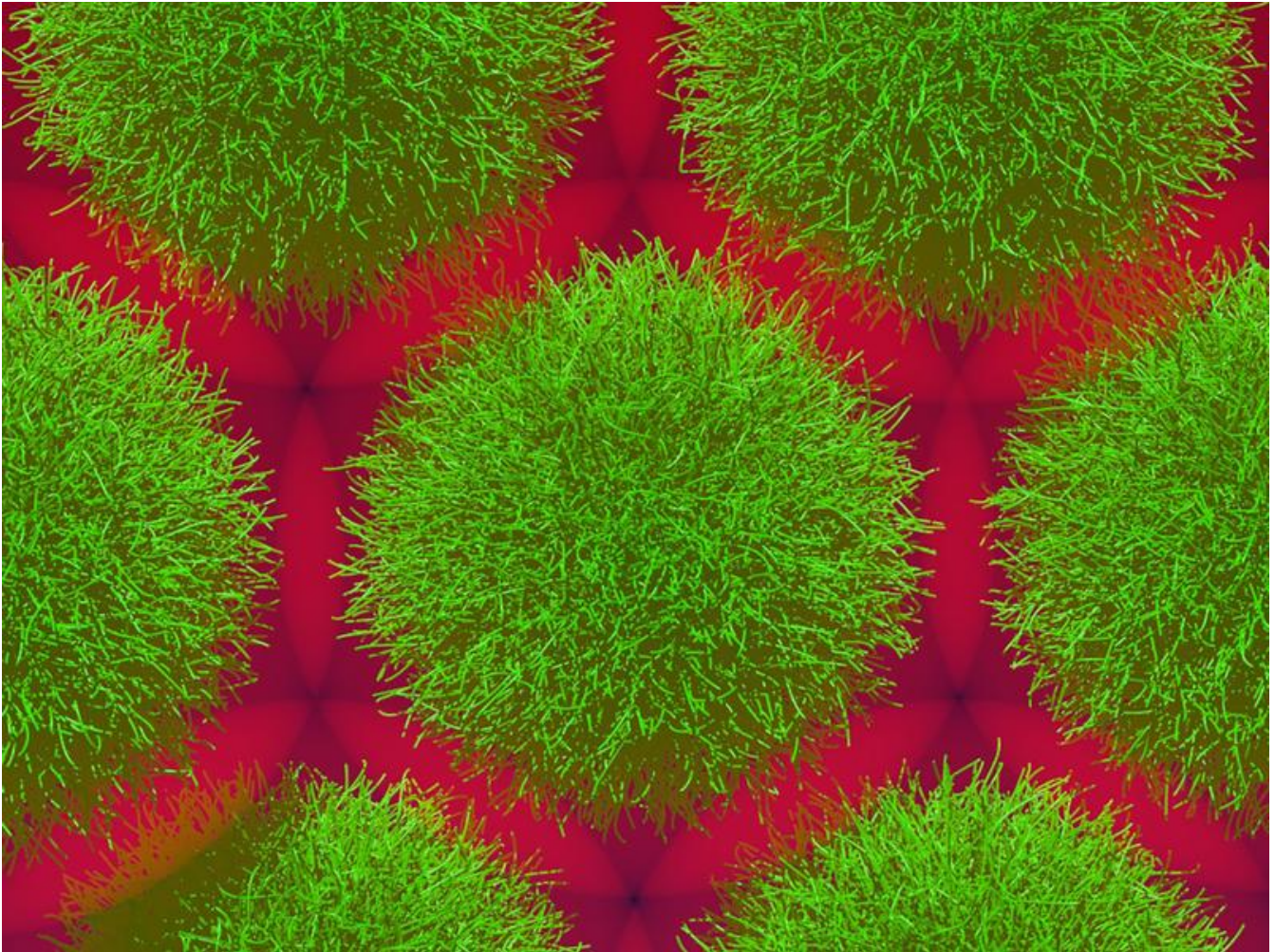
wissenschaftliche Ansprechpartner:

Dr. Urs Gasser
Labor für Neutronenstreuung und -bildgebung
Paul Scherrer Institut, Forschungsstrasse 111, 5232 Villigen PSI, Schweiz
Telefon: +41 56 310 32 29, E-Mail: urs.gasser@psi.ch

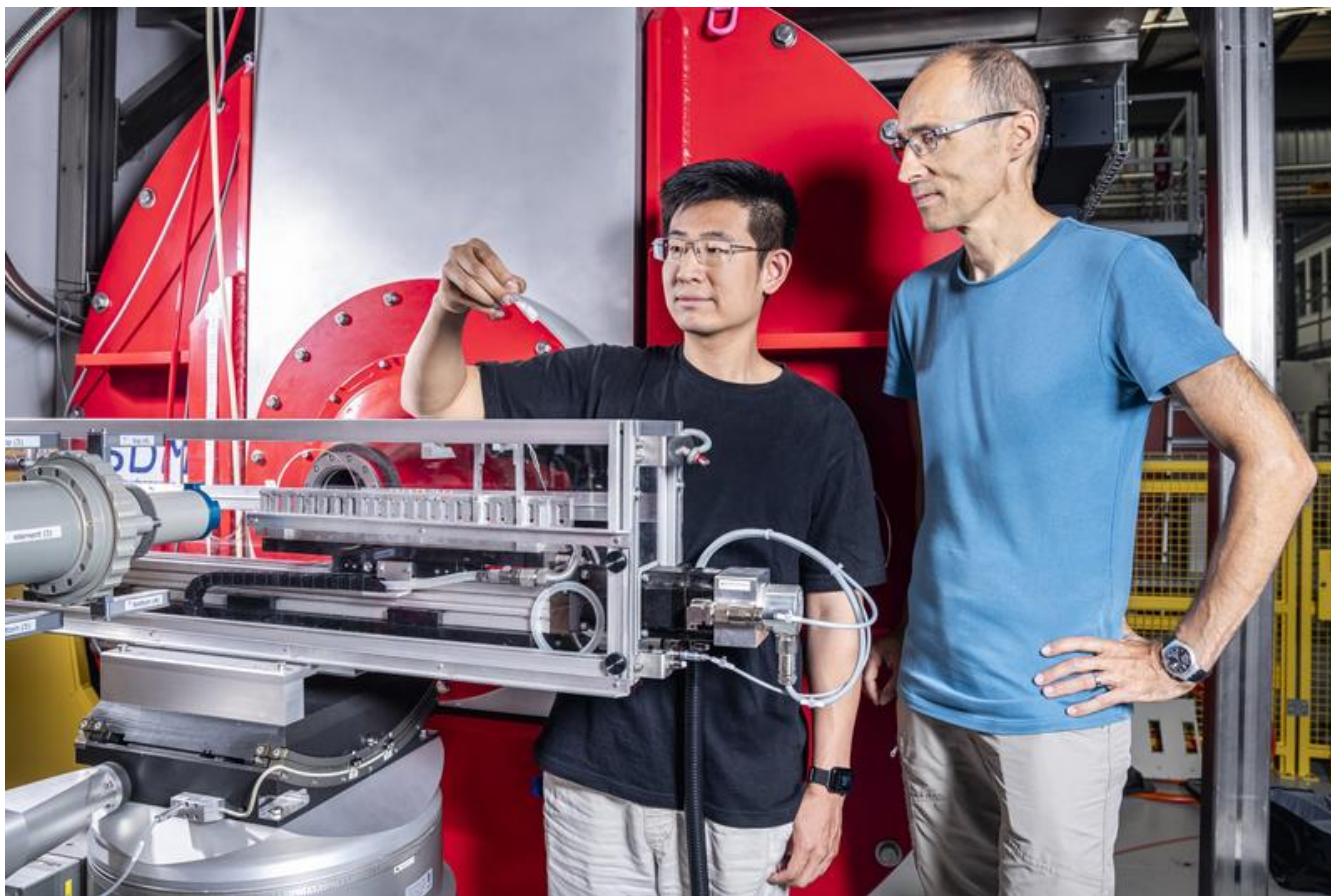
Originalpublikation:

Measuring the counterion cloud of soft microgels using SANS with contrast variation
Boyang Zhou, Urs Gasser, Alberto Fernandez-Nieves
Nature Communications, 07.07.2023
DOI: [10.1038/s41467-023-39378-5](https://doi.org/10.1038/s41467-023-39378-5)

URL zur Pressemitteilung: <https://psi.ch/de/node/58101> - Medienmitteilung auf der Webseite des Paul Scherrer Instituts PSI



Die grafische Simulation zeigt, wie sich die Mikrogel-Partikel (grün) in der Flüssigkeit mit ihren überlappenden Ionenwolken (rot) an ihrer Oberfläche anordnen.
Urs Gasser



Boyang Zhou (links) und Urs Gasser an einer der Experimentierstationen am PSI, mit deren Hilfe sich die komplexen Untersuchungen durchführen lassen
Markus Fischer
Paul Scherrer Institut