Mikropartikel unterschiedlicher Größe gezielt und gleichzeitig in verschiedene Richtungen lenken

Ein internationales Team von Forschenden hat eine Methode entwickelt, mit dem magnetische Mikropartikel gezielt und abhängig von ihrer Größe bewegt werden können. Diese sogenannten Kolloid-Teilchen messen nur zwischen einigen zehn Nanometern bis zu mehreren Mikrometern. Ihre Steuerung ist beispielsweise für Medikamentenabgabe, Labortests im medizinischen Bereich oder der Synthese neuer Materialien wichtig. Die Studie ist in Zusammenarbeit von Forschenden der Universitäten Tübingen, Bayreuth und Kassel sowie der Polnischen Akademie der Wissenschaften entstanden und nun in der Fachzeitschrift Physical Review Letters erschienen.

Für die Methode werden die Mikropartikel oberhalb einer magnetischen Schicht positioniert, die wie ein Schachbrett gemustert ist. In früheren Arbeiten war der magnetische Transport der Kolloiden auf einen Bereich in einer bestimmten Höhe begrenzt. In diesem Abstand wirken die magnetischen Kräfte zwar ausgeglichen, allerdings bewegen sich die Partikel unabhängig von ihrer Größe. Deshalb war es nicht möglich, Partikel entsprechend ihrer Größe gezielt zu steuern.

Größenunterschied zwischen Partikeln wird relevant

Die Forschenden überwanden diese Einschränkung nun, indem sie die Partikel näher an die magnetische Schicht heranführten. Dadurch fällt der Größenunterschied zwischen den Partikeln mehr ins Gewicht. „Indem wir die Beschränkung auf große Höhen aufheben, nutzen wir den Umstand, dass Partikel unterschiedlicher Größe auch unterschiedlich von der magnetischen Landschaft beeinflusst werden“, erklärt Dr. Daniel de las Heras, Heisenberg Fellow an der Universität Tübingen und korrespondierender Autor der Studie.

Die Forschenden können diese Partikel mit Hilfe eines gleichmäßigen, externen Magnetfelds und dessen gezielte Ausrichtung steuern. Sie erzeugen damit für die Mikropartikel eine positions- und höhenabhängige Energielandschaft. Besonders wichtig sind solche Ausrichtungen des externen Magnetfeldes, bei denen sich die Form der Energielandschaft grundlegend verändert. Diese Ausrichtungen treten in Form von diamantartigen Konturen auf.

Wird nun das externe Magnetfeld um diese Konturen herumgeführt, wird damit ein Partikeltransport zwischen zwei Zellen des Schachbrett-Musters ausgelöst. Entscheidend ist, dass sich die Größe dieser Konturen mit zunehmender Partikelgröße ändert. Das ermöglicht den Forschenden, Partikel unterschiedlicher Größe gleichzeitig und unabhängig voneinander gezielt zu steuern. Eine Umlaufbewegung des Magnetfeldes kann groß genug sein, um den Bogen eines großen Partikels zu umfassen und somit dessen Bewegung auszulösen, während sie für ein kleines Partikel innerhalb des Bogens bleibt, sodass dieses stationär bleibt.

Bewegung der Partikel ist robust gegenüber äußeren Störungen

Um die Präzision der Methode zu demonstrieren, steuerten die Forschenden gleichzeitig zwei Partikel unterschiedlicher Größe so, dass sie die Buchstaben S und L über das magnetische Substrat nachzeichneten. Diese Bewegung ist topologisch geschützt, sie ist also robust gegenüber äußeren Störungen und Unvollkommenheiten des Musters. „Durch das Aneinanderreihen dieser einfachen Umlaufbewegungen können wir gleichzeitig für verschiedene Partikel beliebig komplexe Bewegungsbahnen erzeugen“, sagt Sebastian Wohlrab, Erstautor der Studie. Dieses Maß an programmierter Kontrolle ebnet den Weg für neue Lab-on-a-Chip-Technologien und die automatisierte Herstellung intelligenter Materialien, darunter etwa die Herstellung von Nanomaterialien wie photonischer Kristalle.

„Die Ergebnisse dieser Studie zeigen, welches Potenzial in der Zusammenarbeit zwischen Forschenden über Universitäten und Institutionen hinweg steckt: Sie kann bemerkenswerte Fort-schritte ermöglichen. Die neue Methode dieser Studie eröffnet vielfältige Anwendungsmöglichkeiten und könnte weitere Innovationen anstoßen. Dies unterstreicht, wie wissenschaftliche Erkenntnisse in zahlreiche Bereiche unserer Gesellschaft hineinwirken“, sagt Professorin Dr. Karla Pollmann, Rektorin der Universität Tübingen.

Publikation:

Sebastian Wohlrab, Lara Schelter, Aneena Rinu Perayil, Piotr Kuświk, Maciej Urbaniak, Feliks Sto-biecki, Arne J. Vereijken, Arno Ehresmann, Thomas M. Fischer, Daniel de las Heras: Size-specific transport of colloidal particles using magnetic fields. *Physical Review Letters*, DOI: 10.1103/nvxs-n1ml

Pressemitteilung

07.05.2026
Quelle: Eberhard Karls Universität Tübingen

Weitere Informationen

PD Dr. Daniel de las Heras
Universität Tübingen
Institut für Theoretische Physik
E-Mail: Daniel.de-las-heras(at)uni-tuebingen.de

- Universität Tübingen