

RUHR-UNIVERSITÄT BOCHUM

RUB

# RUBIN

WISSENSCHAFTSMAGAZIN

*Schwerpunkt*

## LERNEN UND VERGESSEN

SUPERHIRNE DES VOGELREICHS  
VERGESSLICHES INTERNET  
KÜNSTLICHE GEHIRNE MIT DEMENZ

# 29  
Jahrgang

Nr. 1 | 2019

# DEN STAR UNTER DEN NANOPARTIKELN FINDEN

*Brennstoffzellen funktionieren noch nicht optimal, weil der perfekte Katalysator fehlt – bislang hat man danach mit den falschen Methoden gesucht, meint Kristina Tschulik.*

**D**as Forschungsobjekt von Prof. Dr. Kristina Tschulik ist klein. Sehr klein. Tausendmal kleiner als der Durchmesser eines menschlichen Haares. Es handelt sich um Nanopartikel, die in verschiedenen Formen und Zusammensetzungen hergestellt werden und aus der Industrie nicht mehr wegzudenken sind. Katalysatoren für zahlreiche Reaktionen werden in Form von Nanopartikeln gefertigt. Denn sie verbrauchen wenig Material, haben aber trotzdem eine große Oberfläche, an der die chemischen Reaktionen stattfinden können.

Eine industriell hergestellte Nanopartikel-Charge ist eine Ansammlung vieler Individuen, die in Form, Größe und chemischer Zusammensetzung variieren. Kristina Tschulik interessiert sich für jeden einzelnen der Winzlinge. Mit ihrem Team der RUB-Forschungsgruppe für Elektrochemie und Nanoskalige Materialien charakterisiert sie individuelle Partikel und bestimmt auch, welche besonders katalytisch aktiv sind. „Wenn man wüsste, welche Eigenschaften einzelne Partikel besonders aktiv machen, könnte man gezielt Partikel mit genau diesen Eigenschaften herstellen“, erklärt die Bochumer Chemikerin. Viele zukunftssträchtige Technologien, etwa Brennstoffzellen, funktionieren derzeit noch nicht wie gewünscht, weil die optimalen Katalysatoren fehlen. „Ich glaube, das liegt daran, dass wir noch nicht die perfekten Methoden haben, um die Katalysatoren zu charakterisieren“, sagt Kristina Tschulik.

Die gängigen Methoden sind für große Elektroden etabliert. Für ein Ensemble aus Nanopartikeln liefern sie einen Durchschnittswert. Das würde reichen, wenn die Partikel alle gleich wären, aber das sind sie nicht. „Man muss es sich vorstellen wie mit Menschen in einem Konzert: Einer singt auf der Bühne, alle im Publikum singen mit“, vergleicht die Bochumer Forscherin. „Wenn wir nur den gemeinsamen Gesang hören, finden wir nicht heraus, wer der Star ist – aber genau den wollen wir hören.“

Da die Nanopartikel so klein sind, lassen sie sich nur mit speziellen Mikroskopen, meist im Hochvakuum sichtbar machen – also unter Bedingungen, wie sie auf der Erde quasi nicht vorkommen. Die Forscherinnen und Forscher um Kristina Tschulik haben daher eine neue Methode entwickelt, mit der sie die Partikel direkt in Lösung analysieren

können. Genauer gesagt kombinierten sie eine elektrochemische mit einer spektroskopischen Methode, um verschiedene Eigenschaften der Partikel untersuchen zu können. Das Team verwendet eine Elektrode, so dünn wie ein Haar, legt daran eine bestimmte Spannung an und taucht sie in eine Lösung mit Partikeln. Durch die sogenannte Brownsche Bewegung – eine Wärmebewegung, die kleine Partikel in Flüssigkeiten und Gasen ungerichtet hin und her ruckeln lässt, – schlagen einige von ihnen im Lauf der Zeit auf der Elektrode ein. Ist die Spannung richtig gewählt, reagieren diese Partikel auf der Elektrodenoberfläche. Silberpartikel werden dabei beispielsweise in Silberchlorid umgewandelt oder aufgelöst, je nachdem welche Substanzen die umgebende Lösung enthält. Jedes Mal, wenn ein Silberatom zu einem einfach positiv geladenen Silberion reagiert, wird ein Elektron frei, das als Strom durch die Elektrode abfließt. Indem die Chemiker also den Stromfluss messen, können sie auf die Anzahl der Atome zurückschließen, die reagiert haben, und somit auf die Größe des Partikels. Die Methode ist so empfindlich, dass sie Ströme im Piko-Ampere-Bereich ( $10^{-12}$  Ampere) detektiert. Selbst Partikel von 2 und 2,5 Nanometern Durchmesser können die Forscher damit mühelos unterscheiden. Entscheidend für diese elektrochemische Methode ist, dass die Partikel in geringer Konzentration in der Lösung vorliegen, sodass sie einzeln auf der Elektrode aufschlagen.

## Chemische Spürnase mit Stromzähler

Dieses elektrochemische Verfahren, das Kristina Tschulik ab 2012 in Oxford mit entwickelte, brachte ihr Bochumer Team nun mit der sogenannten Dunkelfeldmikroskopie zusammen. Letztere erlaubt den Chemikern, die Partikel in Echtzeit als farbige Bildpunkte sichtbar zu machen. Anhand der Farbänderung der Punkte, genauer gesagt anhand der spektralen Information, können sie verfolgen, was mit den Partikeln an der Elektrodenoberfläche passiert, zum Beispiel, ob sie sich auflösen oder umwandeln, etwa in Silberchlorid.

Das spektro-elektrochemische Verfahren ist dabei spezifisch für eine bestimmte Partikelsorte. Je nachdem, welche Spannung die Forscher an die Elektrode anlegen, reagieren Partikel aus unterschiedlichen Materialien, Silberpartikel beispielsweise bei einer kleineren Spannung als Goldpartikel. „Wir haben ▶



Kristina Tschuliks Forschung spielt sich auf winzigen Größenskalen ab.



Das Team hat eine spektro-elektrochemische Methode entwickelt, mit der sich einzelne Nanopartikel charakterisieren lassen.



Der Stromfluss gibt dabei Aufschluss über die Größe der wenige Nanometer messenden Partikel.

10.000.000  
PARTIKEL

Herkömmliche Methoden benötigen für die Analyse eine Mindestmenge von über **zehn Millionen** Partikeln.

Das Bochumer Verfahren kann **einzelne Nanopartikel** charakterisieren.

also gleichzeitig eine chemische Spürnase und eine Methode, die über den Stromfluss quantitative Informationen liefert. Das gibt es sehr selten“, resümiert Tschulik. Die Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler können mit der Technik auch beobachten, ob Partikel verklumpen, nämlich wenn die Teilchen, die auf der Elektrode einschlagen, im Lauf der Zeit immer größer werden.

Mit dem Verfahren kann Tschuliks Team nicht nur die Größe von Nanopartikeln bestimmen, sondern auch, wie effizient sie als Katalysatoren arbeiten. Für diese Analyse stellen die Wissenschaftler die Bedingungen so ein, dass sich die Partikel nicht an der Elektrodenoberfläche auflösen, sondern dort eine chemische Reaktion katalysieren. Der Stromfluss verrät ihnen die Umsatzrate. Außerdem können sie verfolgen, ob die Aktivität des alternden Partikels konstant bleibt beziehungsweise im Lauf der Zeit ab- oder sogar zunimmt. Nach der Analyse können sie den an der Elektrode haftenden Partikel unter dem Mikroskop betrachten und so seine Form bestimmen.

#### Katalysatoren optimieren

Diesen Aufwand für viele einzelne Partikel zu betreiben lohnt sich laut Kristina Tschulik: „Die Katalysatoraktivität ändert sich nicht linear mit den Eigenschaften“, sagt sie. „Ein Partikel, der halb so groß ist wie ein anderer, ist nicht automatisch halb oder doppelt so aktiv.“ Es gibt sehr komplexe und bisher nicht vorhersagbare Beziehungen zwischen Form, Größe und Zusammensetzung der Partikel und ihrer Aktivität bei der Katalyse. Jedes Individuum könnte also ein Star sein. Kristina Tschulik und ihr Team haben nun ein Werkzeug an der Hand, mit dem sie nach diesen Stars unter den Nanopartikeln suchen können. So wollen sie ihren Beitrag leisten, die optimalen Katalysatoren für Brennstoffzellen, die Elektrolyse von Wasser und andere Technologien im Bereich der regenerativen Energie zu finden.

Text: jwe, Fotos: rs

## SILBERNANOPARTIKEL – EIN PROBLEM FÜR DIE UMWELT?

*Bislang hat es keine Methode gegeben, um den Einfluss der Partikel zu untersuchen. Erste Ergebnisse mit einem neuen Verfahren zeigen, dass sich die Teilchen anders verhalten als gedacht.*



Kristina Tschulik leitet die Forschungsgruppe für Elektrochemie und Nanoskalige Materialien an der RUB.

Silberteilchen wirken antibakteriell und entzündungshemmend. Daher sind sie mittlerweile vielfältig im Einsatz, zum Beispiel als Beschichtung von Wundauflagen, als Geruchshemmer in Sportkleidung oder auch in Verpackungen von Lebensmitteln. Von dort gelangen sie regelmäßig in die Umwelt. „Wenn Sportkleidung gewaschen wird, lösen sich pro Waschgang 50 Prozent der enthaltenen Silberpartikel im Wasser“, sagt Prof. Dr. Kristina Tschulik, Chemikerin im Exzellenzcluster Ruhr Explores Solvation an der RUB. „Letztendlich landen sie im Meer“. Was dort mit ihnen passiert, ist bislang weitestgehend unbekannt. Das liegt daran, dass die winzigen Partikel von wenigen Nanometern Größe schwer zu untersuchen sind – erst recht, wenn sie in geringer Konzentration in einer komplizierten Umgebung wie dem Meerwasser vorliegen. „Hier gibt es viele Störquellen wie Salze oder Algen“, erklärt Tschulik. Herkömmliche Methoden zur Analyse von Nanopartikeln kommen damit nicht zurecht, denn sie funktionieren meist im Hochvakuum.

### Anti-Mundgeruch-Spray im Test

Kristina Tschuliks Arbeitsgruppe für Elektrochemie und Nanoskalige Materialien hat ein neues Verfahren entwickelt, das das ändert (siehe „Den Star unter den Nanopartikeln finden“, Seite 62). Es kann einzelne Nanopartikel in Lösung aufspüren und analysieren, was dort mit ihnen passiert. Dazu kombinierten die Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler ein zuvor etabliertes elektrochemisches Verfahren mit einer spektroskopischen Methode. Dass das Verfahren robust gegenüber Störquellen ist, zeigten die Forscherinnen und Forscher in einem ersten Schritt mit Wasserproben aus einem unberührten kanadischen Fjord. In diesem Wasser waren zwar Salze, Algen und andere Störfaktoren enthalten, aber keine industriellen Verunreinigungen. Diese fügten die Forscherinnen und Forscher im Labor selbst hinzu: Sie kauften ein Silbernanopartikel-Spray

im Internet, das für die Desinfektion von Besteck und als Mittel gegen Mundgeruch bei Hunden angeboten wurde. Dieses sprühten sie in das Fjord-Wasser und untersuchten mit der elektrochemischen Methode, ob sie die Partikel detektieren konnten. Das gelang.

Mit der kombinierten spektro-elektrochemischen Methode analysierten sie in weiteren Studien, was mit Silberpartikeln in salzhaltigem Wasser passiert. Bislang war man davon ausgegangen, dass die Partikel als Silberionen im Wasser gelöst werden. Diese Annahme bestätigte sich nicht; stattdessen verklumpten die Partikel und reagierten zu Silberchlorid. „Sie würden also vermutlich zu Boden sinken und sedimentieren“, folgert Tschulik. „Dann sind sie zwar aus dem Meerwasser entfernt, aber man müsste überlegen, welche langfristigen Folgen diese Schwermetallablagerungen für Meeresbewohner haben könnten, die in Bodennähe leben.“

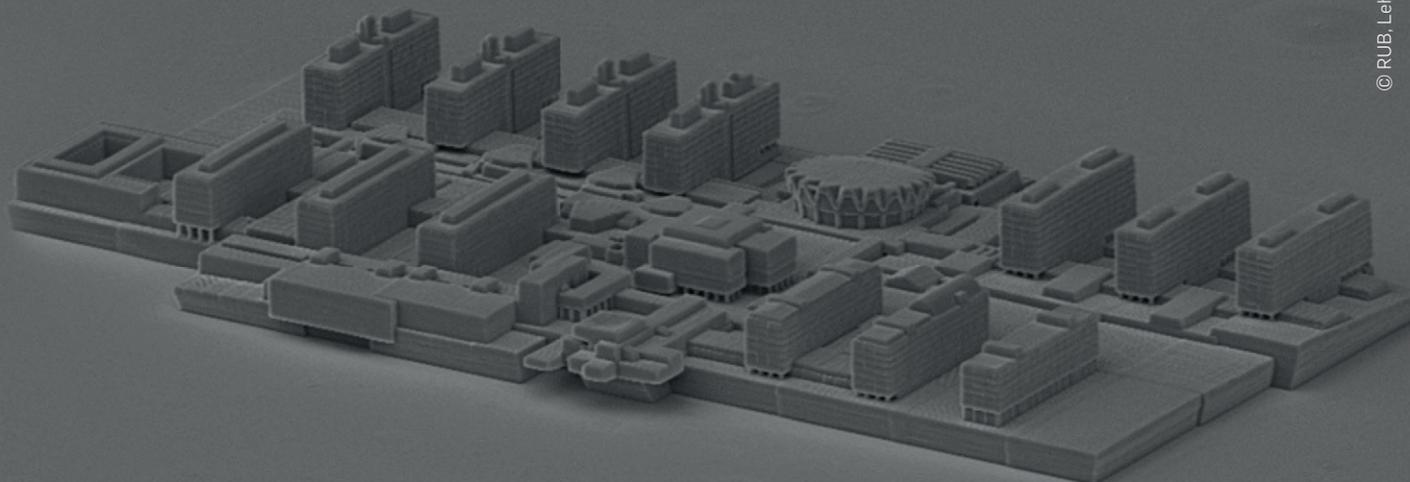
Weil es zuvor kein Verfahren gab, mit dem sich Nanopartikel in natürlichen Umgebungen untersuchen lassen, ist wenig über ihre Einflüsse auf die Umwelt bekannt. „Basierend auf einem solchen einzelnen Ergebnis sollte man nicht in Panik verfallen“, meint Kristina Tschulik und erinnert daran, dass verschiedene Nanopartikel sich sehr unterschiedlich verhalten können – man kann also nicht aus wenigen Studien auf sämtliche Nanopartikel schließen. Aber: „Je mehr wir Nanopartikel einsetzen, desto wichtiger ist es, dass wir ihre Auswirkungen abschätzen können“, ergänzt die Forscherin.

Mit der Methode von Tschuliks Gruppe wäre das möglich – nicht nur im Meerwasser, sondern zum Beispiel auch im Prozessabwasser von Industrieunternehmen. „Solange es jedoch keine etablierten Messmethoden und folglich keine gesetzliche Pflicht gibt, solche Partikel nachzuweisen, tun die Firmen das natürlich auch nicht“, weiß Tschulik. Sollte der Gesetzgeber eine solche Kontrollpflicht einführen, ist die Basis zum Bau geeigneter Sensoren jetzt vorhanden.

Text: jwe, Foto: rs

# REDAKTIONSSCHLUSS

Bei diesem Objekt handelt es sich um die kleinste 3D-Version des RUB-Campus, die jemals erzeugt wurde. Sie ist so klein, dass alle Gebäude zusammen auf den Zeiger einer Armbanduhr passen würden. Vom ID-Gebäude bis zum GC sind es nur ungefähr 250 Mikrometer. Gordon Zyla, Doktorand am Lehrstuhl für Laseranwendungstechnik hat das Modell erstellt. Im Team von Prof. Dr. Cemal Esen forscht er mit der sogenannten Zwei-Photonen-Polymerisation.



© RUB, Lehrstuhl LAT, Gordon Zyla

Mit der Methode werden in einem Tropfen Fotolack bestimmte Stellen belichtet, wodurch winzige feste Strukturen entstehen. Vorlage dafür ist ein Computermodell, das in diesem Fall ein Student im Rahmen einer Projektarbeit aufgebaut hat. Cemal Esens Team testet, was mit dem Verfahren alles möglich ist und wie sich die Zwergenbauteile zu größeren Strukturen zusammensetzen lassen. Die Vision: Nanomaschinen. Bei den Machbarkeitstests greifen die Wissenschaftler auch mal auf Objekte aus dem Alltag zurück – so entstand die Idee für die Mini-RUB. Sie ist so klein, dass man die Details mit bloßem Auge nicht ausmachen kann; das Bild ist mit dem Elektronenmikroskop aufgenommen.

## IMPRESSUM

HERAUSGEBER: Rektorat der Ruhr-Universität Bochum in Verbindung mit dem Dezernat Hochschulkommunikation (Abteilung Wissenschaftskommunikation) der Ruhr-Universität Bochum

WISSENSCHAFTLICHER BEIRAT: Prof. Dr. Gabriele Bellenberg (Philosophie und Erziehungswissenschaften), Prof. Dr. Astrid Deuber-Mankowsky (Philologie), Prof. Dr. Constantin Goschler (Geschichtswissenschaften), Prof. Dr. Markus Kaltenborn (Jura), Prof. Dr. Achim von Keudell (Physik und Astronomie), Prof. Dr. Dorothea Kolossa (Elektrotechnik/Informationstechnik), Prof. Dr. Denise Manahan-Vaughan (Medizin), Prof. Dr. Martin Muhler (Chemie), Prof. Dr. Franz Narberhaus (Biologie), Prof. Dr. Andreas Ostendorf (Prorektor für Forschung, Transfer und wissenschaftlichen Nachwuchs), Prof. Dr. Martin Tegenthoff (Medizin), Prof. Dr. Martin Werding (Sozialwissenschaft), Prof. Dr. Marc Wichern (Bau- und Umweltingenieurwissenschaft), Prof. Dr. Peter Wick (Evangelische Theologie), Prof. Dr. Stefan Winter (Wirtschaftswissenschaft)

REDAKTIONSANSCHRIFT: Dezernat Hochschulkommunikation, Abteilung Wissenschaftskommunikation, Ruhr-Universität Bochum, 44780 Bochum, Tel.: 0234/32-25228, Fax: 0234/32-14136, rubin@rub.de, news.rub.de/rubin

REDAKTION: Dr. Julia Weiler (jwe, Redaktionsleitung); Meike Drießen (md); Raffaella Römer (rr)

FOTOGRAFIE: Damian Gorczany (dg), Hofsteder Str. 66, 44809 Bochum, Tel.: 0176/29706008, damiangorczany@yahoo.de, www.damiangorczany.de; Roberto Schirdewahn (rs), Offerkämpe 5, 48163 Münster, Tel.: 0172/4206216, post@people-fotograf.de, www.wasaufdieaugen.de

COVER: Agentur der RUB

BILDNACHWEISE INHALTSVERZEICHNIS: Teaserfotos für die Seiten 16 und 24: Damian Gorczany; Teaserfotos für die Seiten 34, 42, 58, 62: Roberto Schirdewahn

GRAFIK, ILLUSTRATION, LAYOUT UND SATZ: Agentur der RUB, www.rub.de/agentur

DRUCK: VMK Druckerei GmbH, Faberstraße 17, 67590 Monsheim, Tel.: 06243/909-110, www.vmk-druckerei.de

AUFLAGE: 5.000

ANZEIGENVERWALTUNG UND -HERSTELLUNG: VMK GmbH & Co. KG, Faberstraße 17, 67590 Monsheim, Tel.: 06243/909-0, www.vmk-verlag.de

BEZUG: RUBIN erscheint zweimal jährlich und ist erhältlich im Dezernat Hochschulkommunikation (Abteilung Wissenschaftskommunikation) der Ruhr-Universität Bochum. Das Heft kann kostenlos abonniert werden unter news.rub.de/rubin/abo. Das Abonnement kann per E-Mail an rubin@rub.de gekündigt werden.

ISSN: 0942-6639

Nachdruck bei Quellenangabe und Zusenden von Belegexemplaren