



4.930 Zeichen  
Abdruck honorarfrei  
Beleg wird erbeten

Dr. Nicolas Pazos Pérez,  
Wissenschaftlicher Mitarbeiter am  
Lehrstuhl für Physikalische Chemie II,  
Universität Bayreuth.

## Goldpyramiden machen Kohlenmonoxid-Spuren in der Luft erkennbar

### Bayreuther Chemiker entwickeln neuartiges Material für die oberflächenverstärkte Raman-Spektroskopie

Ein handliches und preisgünstiges Spektrometer kann in Verbindung mit einer nanostrukturierten Oberfläche feinste Spuren von Kohlenmonoxid in der Atmosphäre entdecken. Über diese Entwicklung berichtet ein internationales Team mit Dr. Nicolas Pazos Pérez und Prof. Dr. Andreas Fery an der Universität Bayreuth in der Zeitschrift „Angewandte Chemie“. Der Forschergruppe ist es gelungen, die Leistungsfähigkeit der oberflächenverstärkten Raman-Streuung in einer bisher unerreichten Weise zu steigern. Das Geheimnis dieses Effekts sind Pyramiden aus Gold-Nanopartikeln, die auf einer metallischen Oberfläche angeordnet sind und hier ein regelmäßiges Muster unterschiedlicher Feldstärken erzeugen.



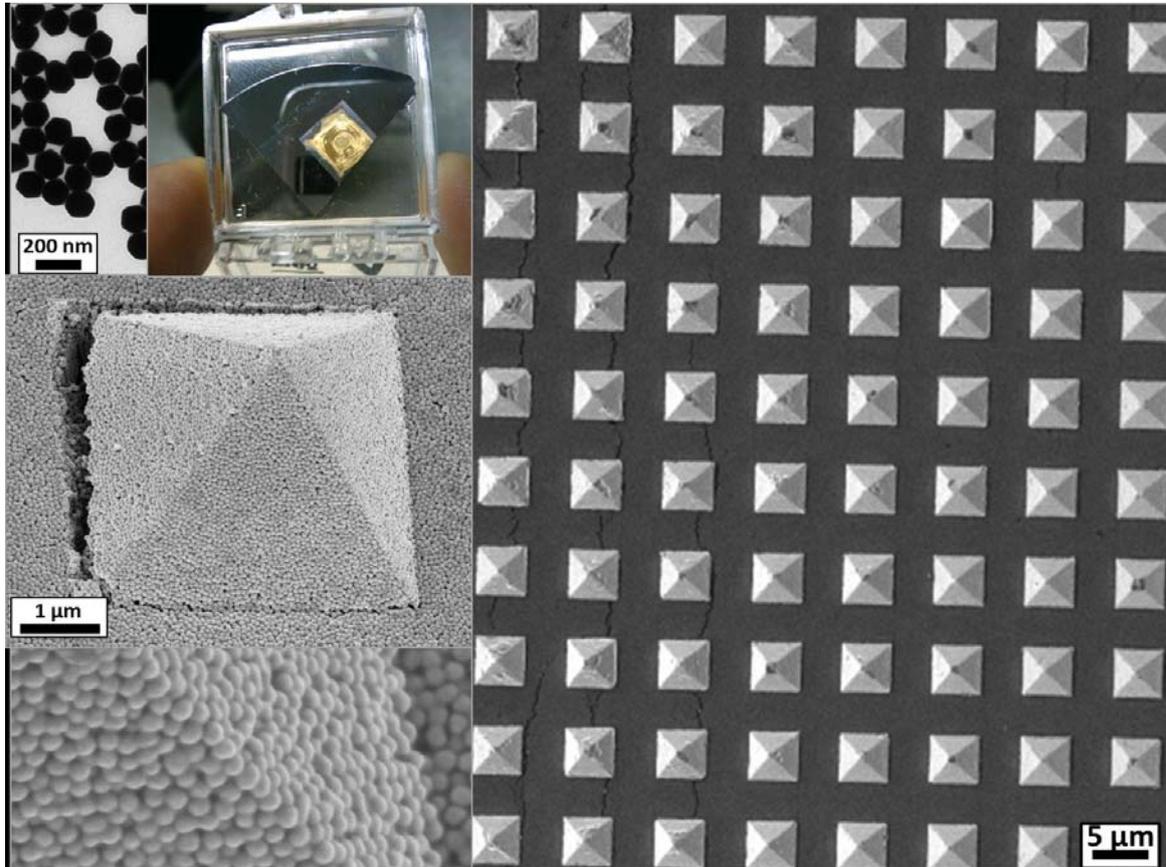
## **Pyramiden aus Gold-Nanopartikeln ermöglichen hochpräzise Einblicke in molekulare Strukturen**

Wenn es darum geht, die Strukturen und Eigenschaften von Materialien aufzuklären, können spektroskopische Untersuchungen mithilfe der oberflächenverstärkten Raman-Streuung (Surface Enhanced Raman Scattering, kurz: SERS) hochpräzise Ergebnisse liefern. Elektromagnetische Felder, die an den Oberflächen metallischer Partikel auftreten, werden dabei so verstärkt, dass die Streuung einfallender Lichtstrahlen Einblicke in den chemischen Aufbau einzelner Moleküle bieten.

Auf der Suche nach Wegen, dieses Verfahren noch leistungsfähiger zu machen, hat die Forschergruppe, in der die Bayreuther Chemiker mit Wissenschaftlern spanischer Universitäten und Forschungseinrichtungen zusammengearbeitet haben, ein ungewöhnliches filmartiges Material hergestellt. Darauf befinden sich winzige Pyramiden, die regelmäßig – wie bei einem karierten Muster – angeordnet sind. Jede Pyramide besteht dabei aus einer Vielzahl kugelförmiger Gold-Nanopartikel, hat Seitenlängen von 4,4 Mikrometern und ist 3,0 Mikrometer hoch. Die seitlichen Abstände zu den benachbarten Pyramiden betragen jeweils nur wenige Mikrometer.

Wie verteilen sich die elektromagnetischen Felder, die durch die Wechselwirkungen der Gold-Nanopartikel entstehen, auf der Oberfläche des Materials? Um dies herauszufinden, wurden die Pyramiden und die Zwischenräume mit 1-naphthalenethiol, einer aromatischen Verbindung, beschichtet. Das Ergebnis der spektroskopischen Untersuchung: Die Feldstärken sind auf den Seitenflächen der Pyramiden deutlich höher als zwischen den Pyramiden; die höchsten Feldstärken konzentrieren sich auf den Pyramidenspitzen. Die Oberfläche des Materials ist also gekennzeichnet durch eine regelmäßige Anordnung sehr verschiedener Feldstärken auf kleinstem Raum.

Diese Verteilung der Feldstärken ist eine hervorragende Voraussetzung, um den chemischen Aufbau einzelner Moleküle mithilfe von SERS sichtbar zu machen. Dazu müssen die Moleküle in den schmalen Räumen zwischen den Pyramiden eingelagert werden. „Die neue



*Rechts:* Rasterelektronenmikroskopische Aufnahme der Gold-Nanopyramiden.

*Links:* (1) oben links: Einzelne Gold-Nanopartikel in einer transmissionselektronenmikroskopischen Aufnahme; (2) daneben rechts: Foto eines handlichen SERS-Sensors, bestehend aus einer quadratzentimetergroßen Fläche, auf der die beschichteten Gold-Nanopyramiden angeordnet sind; (3) Mitte: Rasterelektronenmikroskopische Aufnahme einer Pyramide; (4) unten: Nahaufnahme der kugelartigen Nanopartikel an einer Kante der Pyramide.

1 Nanometer entspricht 1 Milliardstel Meter, 1 Mikrometer entspricht 1 Millionstel Meter.

---

Oberfläche, die wir hier in Bayreuth entwickelt haben, ist ein vielversprechendes Substrat, um hochpräzise Informationen über die Strukturen einzelner Moleküle zu gewinnen“, erklärt Dr. Nicolas Pazos Pérez. „Auf diese Weise werden wir die Leistungsfähigkeit von SERS weiter steigern können, nachdem wir im vorigen Jahr nachgewiesen haben, welche grundsätzlichen Vorteile es mit sich bringt, wenn man spezielle Anordnungen von Gold-Nanopartikeln verwendet.“



## **Transportable SERS-Spektrometer können geringste Kohlenmonoxid-Anteile in der Luft aufspüren – und möglicherweise auch weitere Giftstoffe**

Ausgehend von diesem Erfolg haben die spanischen Kooperationspartner getestet, ob sich die neuen Oberflächen dafür eignen, Kohlenmonoxid (CO) in der umgebenden Luft aufzuspielen. Dafür wurden die Gold-Nanopyramiden mit einer Schicht aus Eisen-Porphyrin überzogen. Die Moleküle dieser Schicht sind in der Lage, CO-Moleküle in unmittelbarer Nähe der Pyramiden-Oberflächen zu binden. Dadurch bilden die Oberflächen der regelmäßig angeordneten, beschichteten Pyramiden einen Sensor. In Kombination mit einem kleinen und leicht zu transportierenden SERS-Spektrometer kann ein solcher Sensor genutzt werden, um geringe CO-Konzentrationen in der umgebenden Luft aufzuspielen. Selbst CO-Konzentrationen von weniger als 40 ppm – also von weniger als 0,004 Prozent – werden entdeckt. Derart geringe Mengen lösen beim Menschen zwar keine Krankheitssymptome aus, schädigen auf Dauer aber dennoch den Organismus.

Ein kleines SERS-Spektrometer, in Verbindung mit den Oberflächen aus Gold-Nanopyramiden, kann daher ein wertvoller Beitrag zum Gesundheitsschutz sein – beispielsweise im Straßenbau oder auch in Wohnungen mit Verbrennungsöfen. „Es ist gut möglich, dass mit einem solchen Spektrometer und mit geeigneten Beschichtungen der Gold-Nanopyramiden auch noch andere Giftgasspuren in der Luft entdeckt werden können“, meint Dr. Nicolas Pazos Pérez. Nicht zuletzt im Hinblick auf solche Anwendungsperspektiven hat die Zeitschrift „Angewandte Chemie International Edition“ den Forschungsbeitrag des Bayreuther Teams und seiner Partner in Spanien als „Hot Paper“ ausgezeichnet.

### **Hintergrund:**

An der internationalen Forschungsgruppe, die diesen Beitrag veröffentlicht hat, waren – zusammen mit Prof. Dr. Andreas Fery, Dr. Nicolas Pazos-Peréz und Moritz Tebbe M.Sc. am Lehrstuhl Physikalische Chemie II der Universität Bayreuth – Wissenschaftler der folgenden spanischen Einrichtungen beteiligt: Universitat Rovira i Virgili, Tarragona; Universidad de Vigo; ICREA - Institució Catalana de Recerca i Estudis Avançats, Barcelona.



## Veröffentlichung:

Alba M, Pazos-Perez N, Vaz B, Formentin P, Tebbe M, Correa-Duarte MA, Granero P, Ferré-Borrull J, Alvarez R, Pallares J, Fery A, de Lera AR, Marsal LF, Alvarez-Puebla RA, Macroscale plasmonic substrates for highly sensitive surface-enhanced Raman scattering in: *Angewandte Chemie International Edition*, 2013 Jun 17;52(25):6459-63.

DOI: 10.1002/anie.201302285

## Ansprechpartner:

Prof. Dr. Andreas Fery

Dr. Nicolas Pazos Pérez

Lehrstuhl für Physikalische Chemie II

Universität Bayreuth

D-95440 Bayreuth

[andreas.fery@uni-bayreuth.de](mailto:andreas.fery@uni-bayreuth.de) / [nicolas.pazos@uni-bayreuth.de](mailto:nicolas.pazos@uni-bayreuth.de)

Telefon: +49 (0) 921 55-2751

### Text und Redaktion:

Christian Wißler M.A.

Stabsstelle Presse, Marketing und Kommunikation

Universität Bayreuth

D-95440 Bayreuth

Tel.: 0921 / 55-5356 / Fax: 0921 / 55-5325

E-Mail: [mediendienst-forschung@uni-bayreuth.de](mailto:mediendienst-forschung@uni-bayreuth.de)

**Foto S. 1:** Chr. Wißler, zur Veröffentlichung frei.

**Grafik S. 3:** Dr. N. Pazos Pérez; mit Autorangabe zur Veröffentlichung frei.

Zum Download in hoher Auflösung:

[www.uni-bayreuth.de/presse/images/2013/203](http://www.uni-bayreuth.de/presse/images/2013/203)



## Kurzporträt der Universität Bayreuth

Die Universität Bayreuth ist eine junge, forschungsorientierte Campus-Universität.

Gründungsauftrag der 1975 eröffneten Universität ist die Förderung von interdisziplinärer Forschung und Lehre sowie die Entwicklung von Profil bildenden und Fächer übergreifenden Schwerpunkten. Die Forschungsprogramme und Studienangebote decken die Natur- und Ingenieurwissenschaften, die Rechts- und Wirtschaftswissenschaften sowie die Sprach-, Literatur und Kulturwissenschaften ab und werden beständig weiterentwickelt.

Gute Betreuungsverhältnisse, hohe Leistungsstandards, Fächer übergreifende Kooperationen und wissenschaftliche Exzellenz führen regelmäßig zu Spitzenplatzierungen in Rankings. Seit Jahren nehmen die Afrikastudien der Universität Bayreuth eine internationale Spitzenposition ein; die Bayreuther Internationale Graduiertenschule für Afrikastudien (BIGSAS) ist Teil der Exzellenzinitiative des Bundes und der Länder. Die Hochdruck- und Hochtemperaturforschung innerhalb des Bayerischen Geoinstituts genießt ebenfalls ein weltweit hohes Renommee. Die Polymerforschung ist Spitzenreiter im Förderranking der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG). Die Universität Bayreuth verfügt über ein dichtes Netz strategisch ausgewählter, internationaler Hochschulpartnerschaften.

Derzeit sind an der Universität Bayreuth rund 11.000 Studierende in rund 100 verschiedenen Studiengängen an sechs Fakultäten immatrikuliert. Mit ca. 1.500 wissenschaftlichen Beschäftigten, davon 225 Professorinnen und Professoren, und ca. 1.000 nichtwissenschaftlichen Mitarbeitern ist die Universität Bayreuth der größte Arbeitgeber der Region.