WOLKENTANZ

Unter dem Titel „NAWI Graz" machen die Karl-Franzens-Universität und die TU Graz seit zehn Jahren in den Naturwissenschaften gemeinsame Sache. Ein aktuelles Beispiel für die erfolgreiche Kooperation: Forscher beider Unis fanden als Erste den Schlüssel zum Schwingungsverhalten von Elektronenwolken an metallischen Oberflächen und öffneten damit eine neue Tür zur ultra-schnellen Datenübertragung im Nanoformat.

VON GUDRUN PICHLER

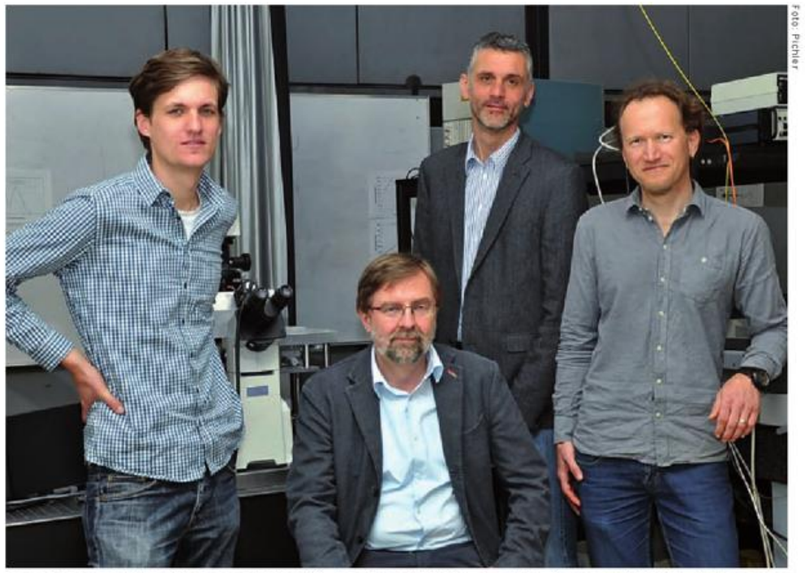

Foto: Pichler

Gemeinsam erfolgreich: Franz Schmidt, Ferdinand Hofer, Joachim Krenn und Ulrich Hohenester bündelten ihre Kompetenzen in Nano-Optik, Theoretischer Nanophysik und Elektronenmikroskopie.

Was haben Computer-Chips, Sensoren für Autos oder Messeinheiten in der Medizintechnik gemeinsam? Sie alle müssen Informationen übermitteln, idealerweise möglichst viele in möglichst kurzer Zeit. Und je weniger Platz sie dafür brauchen, umso besser.
Herkömmliche Technologien zur Datenübertragung basieren entweder auf Licht oder auf Elektronen. Von Lichtgeschwindigkeit profitieren Festnetz-Telefonie, Kabelfernsehen oder Glasfaser-Internet. Aufgrund seiner Wellenlänge braucht Licht jedoch viel Raum und ist daher für die Energieübertragung im Nanobereich nicht geeignet. Deshalb kommen in stark miniaturisierten Anwendungen wie Computer-Chips oder Sensoren Elektronen zum Einsatz. Ihr Nachteil: Sie „arbeiten" verhältnismäßig langsam.

Klein und schnell. Hoffnungsträger auf der Suche nach neuen Technologien zur Informationsweitergabe im Nanoformat sind Plasmonen, kollektiv schwingende Elektronenwolken an metallischen Oberflächen. Sie entstehen, wenn ein Lichtstrahl in einer bestimmten Weise auf Nanostrukturen eines Metalls trifft. „Plasmonen bergen ein ungeheures Potenzial, weil sie die Vorteile von Licht und Elektronen vereinen: Sie können große Datenmengen auf engstem Raum mit Lichtgeschwindigkeit übertragen", erklärt Univ.-Prof. Dr. Joachim Krenn, Leiter der experimentellen Arbeitsgruppe Nano-Optik am Institut für Physik der Karl-Franzens-Universität Graz. Seit vielen Jahren erforscht er mit seinen KollegInnen das Verhalten von Plasmonen, um sie für die Technik nutzbar zu machen. Dabei hat das Team schon mehrmals mit fundamentalen Erkenntnissen aufhorchen lassen.

Code geknackt. So auch im April 2014, als das Wissenschaftsmagazin Nature Communications eine Studie veröffentlichte, die in intensiver Zusammenarbeit der Nano-Optik mit Forschungsgruppen aus der Theoretischen Nanophysik der Karl-Franzens-Universität und des Instituts für Elektronenmikroskopie und Nanoanalytik (FELMI) der TU Graz entstanden war. Darin beschreiben die Steirer erstmals eine vereinheitlichte Sicht auf das Schwingungsverhalten von Plasmonen. Die Wissenschafter knackten quasi den Code zur Choreographie der tanzenden Elektronenwolken. „Denn genau wie akustischen Schwingungen eine Systematik zugrunde liegt, folgt auch das kollektive Schwingungsverhalten von Plasmonen einer ganz bestimmten Ordnung", erklärt DI Franz Schmidt, der für den größten Teil der experimentellen Arbeit verantwortlich zeichnete. Diese Erkenntnisse sind entscheidend für die Konstruktion effizienter miniaturisierter Bauteile in verschiedenen technologischen Anwendungen.

Formel gefunden. Ernst Florens Friedrich Chladni beschrieb 1787 in seinen „Entdeckungen über die Theorie des Klanges" zum ersten Mal die akustischen Schwingungsmuster, heute bekannt als „Chladnische Klangfiguren", und erregte damit weltweit Aufsehen. Nicht minder faszinierend ist, was die Grazer Forscher knapp 230 Jahre später entdeckten: „Wir haben eine universelle Formel gefunden, mit der sich sämtliche Schwingungsmuster von Plasmonen an metallischen Oberflächen einfach berechnen lassen, wenn die Geometrie der Nanopartikel bekannt ist", berichtet Ao.Univ.-Prof. Dr. Ulrich Hohenester aus der Theoretischen Nanophysik, der mit Simulationen am Computer die Experimente begleitete und überprüfte.

Dass die Physiker der Uni Graz die Schwingungsmuster der Plasmonen überhaupt experimentell erkennen konnten, verdanken sie der außergewöhnlichen Expertise des FELMI unter der Leitung von Ao.Univ.-Prof. Dr. Ferdinand Hofer. „Mit Hilfe der Elektronenmikroskopie lassen sich Energiezustände von Elektronen beobachten, und diese erlauben Rückschlüsse auf die Eigenschaften der Plasmonen, wie zum Beispiel ihr Schwingungsverhalten", erklärt der Wissenschafter.

NAWI Graz. Dieser Forschungserfolg macht deutlich, welche Bedeutung die Bündelung von Kompetenzen hat. Dass die Plasmonik in Graz international ganz vorne mit dabei ist, verdankt sie vor der strategischen Kooperation von Karl-Franzens-Universität und TU Graz auf dem Gebiet der Naturwissenschaften, sind sich die beteiligten Forscher einig. Seit zehn Jahren schafft dieser Zusammenschluss beste Voraussetzungen für Spitzenforschung. Und diese wird auch belohnt: Aus Fördermitteln der jüngsten Hochschulraumstruktur-Initiative des Wissenschaftsministeriums konnte die Finanzierung einer neuen Lithographie-Anlage um 1,2 Millionen Euro gesichert werden, mit der die Nano-Optik die für ihre Experimente benötigten Nanostrukturen herstellen kann.

Joachim Krenn leitet die Arbeitsgruppe Nano-Optik am Institut für Physik der Uni Graz. Sein Hauptforschungsgebiet ist die Plasmonik.

Ferdinand Hofer leitet das Institut für Elektronenmikroskopie und Nanoanalytik der TU Graz und das Zentrum für Elektronenmikroskopie Graz.

Ulrich Hohenester leitet am Institut für Physik der Uni Graz eine Arbeitsgruppe, die sich mit der Simulation von plasmonischen Nanoteilchen und Bose-Einstein-Kondensaten beschäftigt.

Franz Schmidt arbeitet im Rahmen von NAWI Graz an seiner Dissertation und einem vom Österreichischen Forschungsfonds FWF geförderten Projekt der Uni und TU Graz.

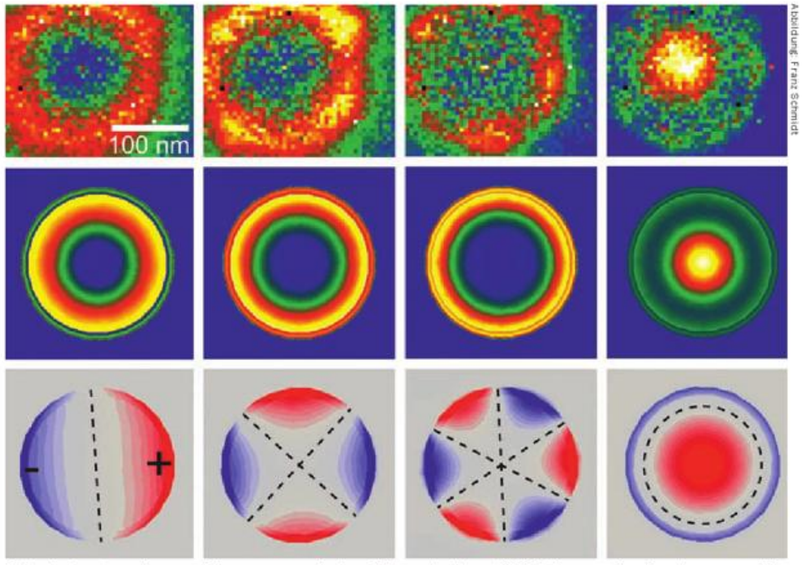

Abbildung: Franz Schmidt

Schwingungsmuster von Plasmonen auf einer Silberscheibe mit 200 Nanometer Durchmesser: Die experimentell gemessenen Daten (oben) entsprechen den Simulationen (Mitte). Gelb verweist auf die höchste, Blau auf die geringste Anregung. Die unterste Reihe zeigt die Ladungsverteilung – Blau negativ, Rot positiv – beim jeweiligen Schwingungsmuster.

Publikation. Universal Dispersion of Surface Plasmons in Flat Nanostructures.
Franz-Philipp Schmidt, Harald Ditlbacher, Ulrich Hohenester, Andreas Hohenau, Ferdinand Hofer, Joachim R. Krenn
Nature Communications
doi 10.1038/ncomms4604

CLOUD DANCE

In a project known as "NAWI Graz", the University of Graz and Graz University of Technology have been pooling their resources in the field of natural sciences for ten years. A current example of this successful cooperation: researchers at both universities were the first to discover the key to plasmon oscillation behaviour, thus paving the way for ultra-fast data transmission in nano-format. Plasmons are collectively oscillating electron clouds on metallic surfaces. They hold vast potential because they can transfer energy at light speed in extremely small spaces. Physicists at the University of Graz and experts from the Institute of Electron Microscopy and Nanoanalysis at Graz University of Technology found a universal formula that allows easy calculation of all plasmon oscillation patterns.