

Jörg Wrachtrup

Experimentelle Physik

„Ich möchte quantenmechanische Effekte für neue Technologien nutzbar machen – von der Biosensorik bis zur Informationstechnologie.“

Meine Damen und Herren,

„Leibniz-Preis für einen Exteraner“ war die Schlagzeile, über die ich jüngst stolperte. War dies als Steigerung von Exzellenz oder Eminenz gemeint? Außerirdisch gut? Oder war gar ein Außerirdischer gemeint?

Nein, es ging um Jörg Wrachtrup, Jahrgang 1961, geboren in Exter, einem kleinen Stadtteil von Vlotho, und das liegt in Ostwestfalen, an der Weser. Er studierte Physik an der FU Berlin und wurde dort, nach einem zwischenzeitlichen Forschungsaufenthalt an einem CNRS-Institut in Bordeaux, 1994 promoviert.

Es folgte eine Tätigkeit als wissenschaftlicher Mitarbeiter an der TU Chemnitz, in der er sich 1998 habilitierte und an deren Ende er mehrere Rufe auf Universitätsprofessuren erhielt. Hamburg, Göttingen und Leipzig lehnte er ab, Stuttgart nahm er an und wurde 2000 Direktor des 3. Physikalischen Instituts, das heute ein Zentrum der Festkörper-Quantenoptik und Quantenspintronik ist.

Zu diesem neuen Forschungsfeld hat die Verbindung von Quantenoptik und Atomoptik mit der Festkörperphysik geführt. Durch die Einbettung von hochpräzise hergestellten Festkörpern in photonische Strukturen kann beispielsweise die Licht-Materie-Wechselwirkung sehr genau kontrolliert werden, und es lassen sich vollkommen neuartige Lichtquellen herstellen.

Darüber hinaus können in bestimmten Systemen Photonen mit internen Freiheitsgraden wie Ladungen oder Spins, das sind Eigendrehimpulse, verschränkt und beliebige Photonenzustände gespeichert oder weiterverarbeitet werden.

Diesem sich stürmisch entwickelnden Feld der Quantenspintronik hat Jörg Wrachtrup viele entscheidende Impulse gegeben. Er hat erstmalig den optischen Nachweis der magnetischen Resonanz an einzelnen Elektronen- und Kernspins geführt und basierend darauf einzelne Defektzentren in Diamant detektiert.

Er erkannte als erster die Bedeutung dieser Systeme für die Quantentechnologie und hat damit international einen Forschungsboom ausgelöst, den der „Scientific American“ 2007 mit der Überschrift „The Diamond Age of Quantum Spintronics“ kommentierte.

Durch ihre besonderen optischen und magnetischen Eigenschaften erweisen sich diese Diamantdefekte als vielversprechende – ich möchte sagen: atemberaubend neue – „Hardware“ für eine Vielzahl von Anwendungen, von der Quanteninformationstechnologie bis hin zur Bioanalytik oder Medizintechnik.

Die Quantensysteme, die Wrachtrup nutzt, sind optisch aktive Defekte in Diamant, insbesondere Stickstoff-Fehlstellen-Zentren oder kurz NV-Zentren. Vielleicht entsinnen Sie sich aus der Schulzeit oder dem Studium noch der Diamantstruktur mit der Kombination zweier ineinander gestellter kubisch-flächenzentrierter Gitter: Die NV-Zentren sind atomare Verunreinigungen kombiniert mit einer Fehlstelle, das heißt, ein Kohlenstoffatom in der Diamantstruktur wird durch ein chemisch unterschiedliches Atom, hier Stickstoff, ersetzt, und daneben bleibt ein Gitterplatz frei.

Viele der atomaren Eigenschaften dieses Atoms bleiben dabei erhalten und im Gegensatz zu beispielsweise Farbstoffmolekülen sorgt der Festkörper dafür, dass einzelne Defekte photostabil bleiben, was sie zu perfekten und vielseitigen Festkörperlichtquellen macht. Und die ersten auf Diamantdefekten basierenden Einzelphotonenquellen sind bereits auf dem Markt.

Es gelang der Gruppe um Jörg Wrachtrup außerdem, Defektzentren gezielt, mit einer räumlichen Genauigkeit von wenigen zehn Nanometern, also Milliardstel Metern, zu implantieren und dadurch die Defekte in einer photonischen Struktur hochgenau zu positionieren. Einige Defekte sind paramagnetisch und erlauben damit eine Kontrolle der Spinzustände einzelner Elektronen und sogar Kerne. Durch die Herstellung von hochreinem Diamantmaterial sowie einer sorgfältigen Kontrolle des Implantationsprozesses gelang es jüngst, Ketten von miteinander wechselwirkenden Spins herzustellen und damit erste Schritte in Richtung eines funktionsfähigen Quantenregisters zu gehen.

Eine andere Entwicklung, die von Jörg Wrachtrup angestoßen wurde, eröffnet vollkommen neue Perspektiven im Bereich der Sensorik bis hinein in die Bioanalytik oder medizinische Diagnostik. Er konnte nämlich zeigen, dass Diamantdefekte hervorragende Sensoren für äußere Magnetfelder oder sogar elektrische Felder sind, bis hin zum Nachweis des magnetischen Feldes einzelner Elektronen. Mit diesen Sensoren ließe sich die Funktion und Struktur einzelner Proteine oder von zellulären Strukturen untersuchen.

Die Abbildung der Funktion neuronaler Zellverbände in Echtzeit liefert einerseits Aufschluss über die Interaktion und Signaltransduktion in solchen Zellverbänden und wird andererseits bereits als Testsystem für pharmakologisch wirksame Substanzen weiterentwickelt und soll etwa für die Alzheimerforschung eingesetzt werden.

Verpackt man die Defektzentren in sehr kleine Diamanten von einigen Nanometern Durchmesser, so lassen sich die Sensoren sogar in Zellen oder Zellgewebe einschleusen. Dies kann nicht nur für die Weiterentwicklung der Zellmikroskopie genutzt werden – es wurden mithilfe von Defektzentren in Nanodiamanten bereits Rekorde bei der räumlichen Auflösung in der STED-Fluoreszenzmikroskopie erreicht –, sondern auch für die Zellsensorik und den Transfer von genetischem Material oder Wirkstoffen in Zellen. Erste Erfahrungen in den USA zeigten jüngst, dass so die Wirksamkeit von Medikamenten zur Tumorthherapie um einige zehn Prozent gesteigert werden kann.

Da die Nanodiamanten nicht cytotoxisch sind, können sie als Markersubstanzen nicht nur in den Biowissenschaften, sondern auch etwa in der Geoexploration eingesetzt werden. So kooperiert Jörg Wrachtrup mit Geowissenschaftlern, die mittels dotierter Nanodiamanten die geologische Beschaffenheit von Erdöllagerstätten untersuchen wollen.

Jörg Wrachtrup ist beeindruckend erfolgreich und bereits vielfach ausgezeichnet: Ernst-Reuther-Preis der FU Berlin, Gustav-Hertz-Preis der DPG, Stepanov-Preis der Belarusian Academy of Sciences, Excellence Chair der ENS Cachan, Max Planck Fellow der MPG und letztes Jahr einen ERC Advanced Investigator Grant. Seine Forschungsarbeiten sind höchst originell und einflussreich, und er zieht herausragende Nachwuchswissenschaftler aus der ganzen Welt in sein Labor.

Dies wird sich, lieber Herr Wrachtrup, mit dem Gottfried Wilhelm Leibniz-Preis sicher noch wesentlich verstärken. Ich gratuliere Ihnen von Herzen!