

Quanten schlagen hohe Wellen

Die Europäische Kommission finanziert ein Flaggschiff-Projekt für Quantentechnologien.

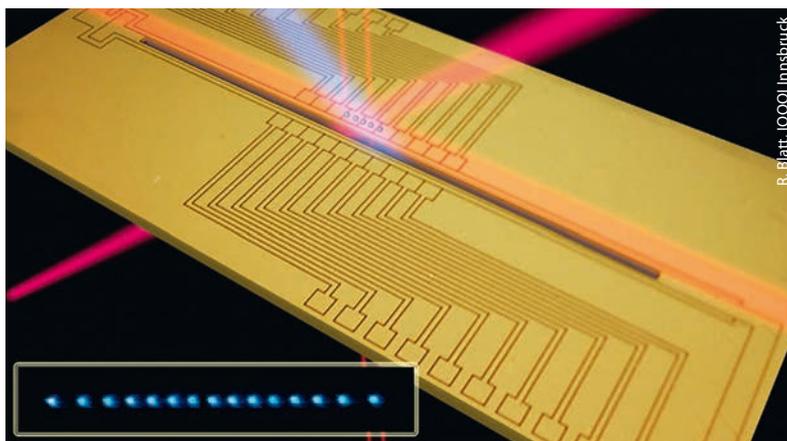
1) Vgl. S. 3.

2) Quantum Manifesto, quopre.eu/manifesto und Dossier „Quanteninformation“ www.pro-physik.de/phy/physik/dossier.html?qid=1184137

3) Physik Journal, Februar 2016, S. 20

Die Meldung in Nature News kam völlig überraschend: Die Europäische Kommission hat angekündigt, eine Milliarde Euro in ein großskaliges, europaweites Flaggschiff-Projekt zur Quantentechnologie zu investieren. Anders als bei den ersten beiden Flaggschiffen Graphene und Human Brain Project gab es weder eine Ausschreibung noch ein mehrstufiges Auswahlverfahren. Auch die Ankündigung fand im Stillen statt, versteckt als Nebensatz eines unauffälligen Dokuments, das die Europäische Kommission am 19. April veröffentlicht hat. Grundlage für diese Entscheidung ist ein „Quantum Manifesto“, das von einem sechsköpfigen Autorenteam um den Quantenphysiker Tommaso Calarco (IQST Ulm) verfasst und mittlerweile von mehr als 3400 Befürwortern aus Wissenschaft und Industrie unterzeichnet wurde.¹⁾ Das neue Flaggschiff soll 2018 starten.

Das Quantum Manifesto gleicht einer Roadmap für die europäische Quantentechnologie in Forschung und Industrie für die kommenden zehn Jahre und darüber hinaus.²⁾ Ein kurzfristiges Ziel ist es, in den ersten fünf Jahren präzisere Atomuhren zu entwickeln, die z. B. für eine genauere Satellitennavigation zum Einsatz kommen können. Auf der gleichen Zeitskala wollen die Quantenphysiker neue Algorithmen



Quantencomputer könnten mit Ionenfallen auf einem segmentierten Chip arbeiten.

und Protokolle entdecken, um Verschränkung und Superposition besser für Quantencomputer nutzen zu können. Nach zehn Jahren soll es spezialisierte Quantencomputer mit mehr als einhundert Quantenbits geben, die Simulationen für Chemie und Materialwissenschaft ausführen.

Die Autoren heben vier Anwendungen hervor:

■ **Quantenkommunikation:** Zukünftige Quantencomputer könnten heutige Verschlüsselungsverfahren brechen. Quanteninformation ist dagegen sicher, weil sie nicht zu vervielfältigen ist. Allerdings ist damit ausgeschlossen, die Signale konventionell zu verstärken und über mehr als 300 Kilometer zu transportieren. Die Bausteine eines Quantenverstärkers – Prozes-

sor und Schnittstelle – existieren bereits im Labor. Sie zusammenzuführen und industriell zu produzieren, wird aber noch Jahre in Anspruch nehmen.

■ **Quantensimulatoren** könnten heutige Supercomputer übertreffen. Das gilt z. B. bei der Simulation von Materialien oder chemischen Verbindungen, der Lösung von Gleichungen oder der Vorhersage von Hochtemperatur-Supraleitung. Um sie zu realisieren, gibt es derzeit verschiedene Ansätze, darunter ultrakalte Atome in optischen Gittern, Ionen in Fallen oder supraleitende Quantenbits.

■ **Quantensensoren** nutzen aus, dass überlagerte oder verschränkte Zustände sehr empfindlich auf ihre Umgebung reagieren. Festkörpersensoren können sehr kleine magnetische Felder bestimmen.³⁾ Bildgebende Sensoren verwenden verschränktes Licht, um höhere Auflösungen zu erzielen oder einzelne Photonen nachzuweisen. Atomare und molekulare Interferometer messen Beschleunigung und Rotation durch überlagerte Zustände und sind damit gute Sensoren zur Navigation.

■ Dass Quantencomputer in zehn bis zwanzig Jahren die klassischen Computer überholen und ablösen, scheint außer Frage zu stehen – unklar ist noch, welche Firmen von Entwicklung und Bau profitieren werden. Während Europa sowohl für die Hardware als auch für die

KURZGEFASST

■ **Forsche Jobs**

In Deutschland arbeiten über 600 000 Menschen in Forschung und Entwicklung (FuE), das sind fast ein Drittel mehr als 2005. Zudem haben Staat, Wirtschaft und Wissenschaft ihre Ausgaben für FuE kontinuierlich auf fast 84 Milliarden Euro im Jahr 2014 gesteigert. Das geht aus dem Bundesbericht Forschung und Innovation hervor: www.bmbf.de/pub/BuFi_2016_Hauptband.pdf

■ **Helmholtz fördert Innovationslabore**

Die Helmholtz-Gemeinschaft stärkt die Schnittstelle zwischen industrieller und außeruniversitärer Forschung wei-

ter und richtet sieben Helmholtz Innovation Labs (HIL) ein. Dafür stellt sie in den kommenden fünf Jahren 12 Millionen Euro zur Verfügung. Die HIL widmen sich z. B. neuartigen Materialien für die solare Energiewandlung oder der Entwicklung eines ultraschnellen Elektronik-Industriestandards.

■ **Spitzenforschung in Braunschweig**

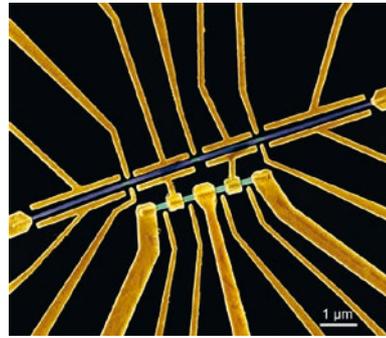
Grundlagen für die Energiewende in der Luftfahrt sowie der Quanten- und Nanophysik erforschen Wissenschaftler der TU Braunschweig im Rahmen zweier Forschungsprojekte, die nun zwei Millionen Euro aus dem „Niedersächsischen Vorab“ erhalten.

Software vielversprechende Ansätze verfolgt, überraschte IBM Anfang Mai mit der Meldung, dass ein Quantencomputer aus fünf supra-leitenden Quantenbits auf einem Siliziumchip nun öffentlich zugänglich ist. Das Projekt IBM Quantum Experience stellt Interessierten den Quantencomputer über die IBM Cloud zur Verfügung, um Algorithmen zu testen, Experimente durchzuführen, mit einzelnen Quantenbits zu arbeiten und sich in Seminaren mit Quantencomputing vertraut zu machen. Die Entwickler am IBM T. J. Watson Research Center im Staat New York hoffen, damit schneller einen praktischen Einsatz von Quantencomputern zu erreichen. Nach und nach sollen weitere Quantenbits hinzugefügt und neue Prozessorgenerationen freigeschaltet werden.

Mit Blick auf diese Entwicklung betont Tommaso Calarco: „Wir verfügen in Europa über eine breit verteilte wissenschaftliche Exzellenz in der Quantentechnologie. Jetzt dürfen wir nicht verpassen,

diese in marktfähige Produkte umzusetzen.“ In den letzten zwanzig Jahren hat Europa etwa eine halbe Milliarde Euro in bahnbrechende Forschung zur Quantentechnologie investiert. Das neue Flaggschiff soll vermeiden, dass hochqualifizierte Wissenschaftler in die USA oder nach Asien abwandern und dort ihre Forschungsergebnisse in marktfähige Produkte umsetzen. Die Quantenphysiker verfolgen das ehrgeizige Ziel, in ihrem Flaggschiff die Stärke eines breiten, dezentralisierten Förderprogramms mit der Flexibilität fokussierter Einzelprojekte zu kombinieren. Die Administration des Flaggschiffs soll daher auch helfen, nationale Strategien in Europa zu koordinieren, internationale Zusammenarbeit zu fördern, nationale Forschungszentren einzubinden und das Interesse der Industrie zu erhöhen.

Wichtig ist den Quantenphysikern, dass die Fördermittel nicht allein in die industrielle Umsetzung von Quantentechnologien fließen, sondern weiterhin auch die Grund-



D. Razmadze, Center for Quantum Devices, University of Copenhagen

Nanodrähte, zusammengefasst in Strukturen von einigen Mikrometern Größe, könnten zu topologischen Quantencomputern führen.

lagenforschung stärken, weil sonst die Ideen für die übernächste Generation fehlen würden. „Hier sind sich Wissenschaft und Industrie in Europa einig: Die EU-Kommission muss weiterhin Mittel für die Erforschung neuer Quantentechnologien bereitstellen“, ist Tommaso Calarco von der gemeinsamen Strategie überzeugt. „Dann können wir in zehn Jahren mit Kreditkarten zahlen, die durch Quantenkryptographie absolut sicher sind.“

Kerstin Sonnabend

■ Im Prinzip äquivalent

Am 25. April ist der Satellit Microscope gestartet mit dem Ziel, das Äquivalenzprinzip mit bislang unerreichter Genauigkeit zu testen.

Das erforderte Geduld: Aufgrund schlechter Wetterverhältnisse und einer Fehlermeldung eines Navigationsgeräts startete der französische Satellit Microscope mit drei Tagen Verzögerung vom Raumfahrtbahnhof Kourou in Französisch-Guayana. Erst am Abend des 25. April gelang der Start der Soyuz-Rakete, die zudem drei kleine Satelliten des ESA-Wettbewerbs „Fly your satellite“ und den Erdbeobachtungssatelliten Sentinel-1B an Bord hatte.

Ziel von Microscope ist der hochpräzise Test des Äquivalenzprinzips, demzufolge alle Massen auf der Erde beim freien Fall im Vakuum die gleiche Beschleunigung erfahren. Dass dieses Prinzip erfüllt ist, haben bisherige Experimente mit einer Genauigkeit von 10^{-13} bestätigt. Microscope soll um den

Faktor 100 bis 1000 genauer messen und prüfen, ob das Äquivalenzprinzip auf dieser Skala immer noch gültig ist.

Hauptverantwortlich für Microscope sind die französischen Forschungseinrichtungen ONERA und OCA[#]), finanziert wurde die Mission zum größten Teil von der französischen Raumfahrtagentur CNES. Einzige internationale Partner sind das Zentrum für Angewandte Raumfahrttechnologie und Mikrogravitation (ZARM) in Bremen und die Physikalisch-Technische Bundesanstalt (PTB) in Braunschweig. Die deutsche Finanzierung stammt vom DLR. Die DFG unterstützt zudem die Datenauswertung.

Um die hohe Messgenauigkeit zu erreichen, befinden sich zwei Paare von Testmassen an Bord: zum einen

zwei Testkörper aus unterschiedlichen Materialien (Titan und eine Platin-Rhodium-Legierung) und zum anderen zwei Testmassen, die beide aus Platin bestehen. Für die Experimente müssen die Massen jedes Paares so positioniert sein, dass ihre Schwerpunkte exakt übereinander liegen. Als Teil eines Satelliten, der sich auf seinem Orbit um die Erde bewegt, befinden sie sich ständig im freien Fall. Die Schwerpunkte der Massen sollten dabei weiterhin übereinander liegen.

„Andernfalls wäre das Äquivalenzprinzip verletzt, und unser Weltbild in der Physik würde zusammenbrechen“, erläutert Claus Lämmerzahl, Leiter des vom ZARM zu verantwortenden Projektteils. Das Testmassenpaar aus Platin dient dazu, die Messungen zu kontrollieren – sollten sich ihre Schwerpunkte

[#] ONERA steht für Office national d'études et de recherches aérospatiales, OCA für Observatoire de la Côte d'Azur