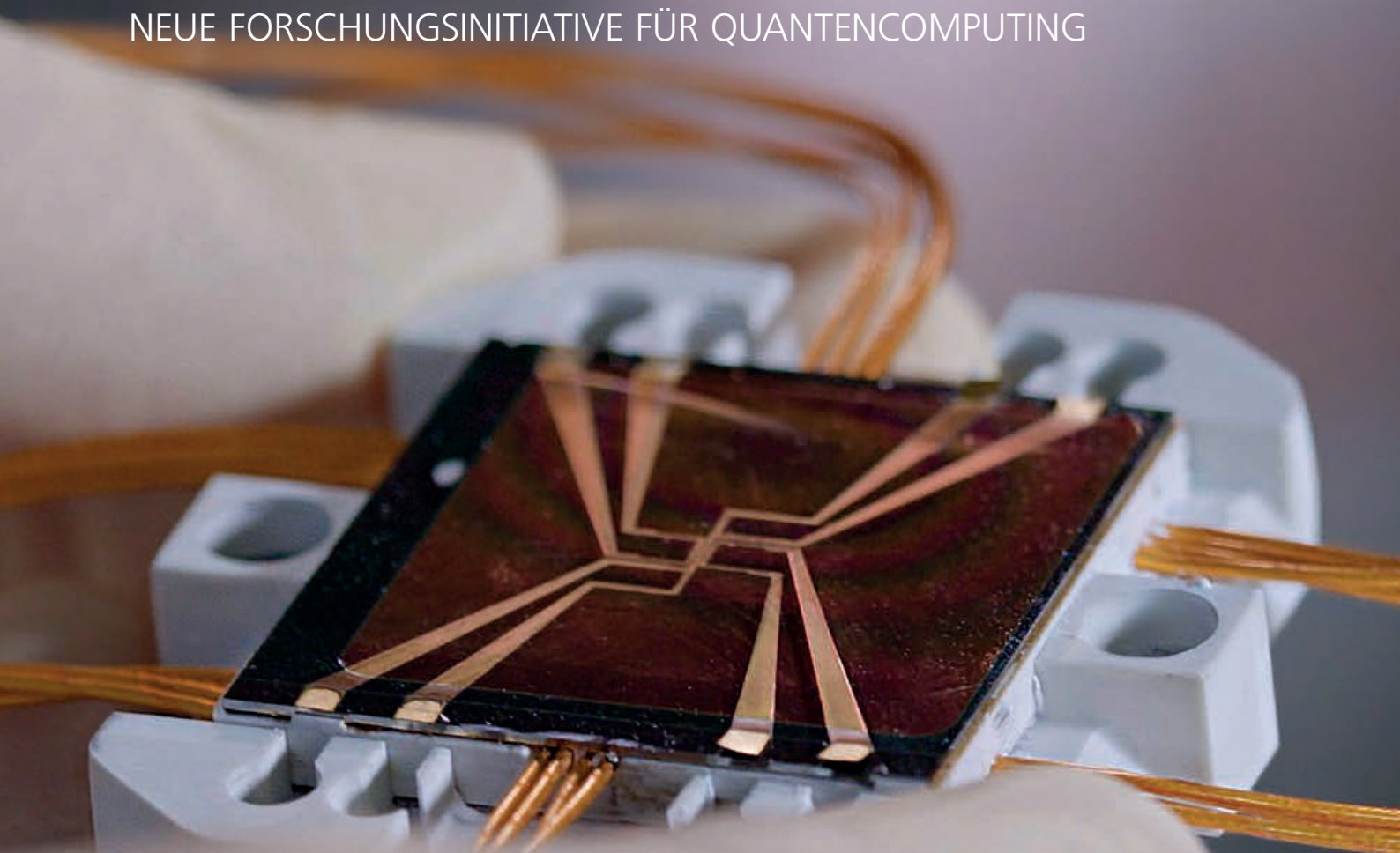
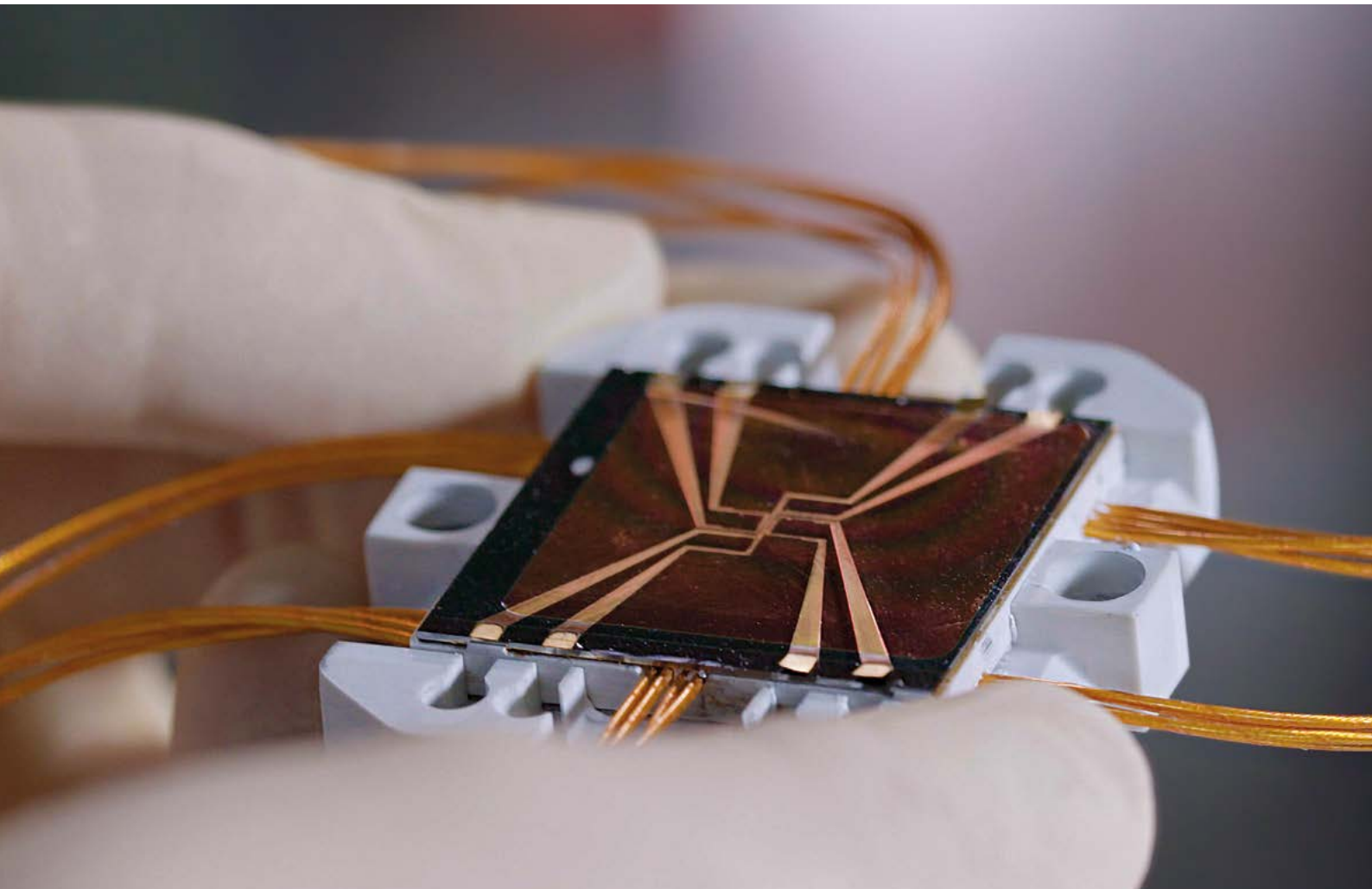


QUBITS STARTEN DURCH NEUE FORSCHUNGSINITIATIVE FÜR QUANTENCOMPUTING



Weitere Themen:

- ▶ **LIEBESERKLÄRUNG ANS ALL**
Der Astronaut Matthias Maurer fliegt zur ISS
- ▶ **AUFWIND FÜR DIE ENERGIEWENDE**
Der Forschungspark Windenergie des DLR



QUBITS STARTEN DURCH

Eine neue Forschungsinitiative fördert Quantencomputing „Made in Germany“

von Tim Suckau

Noch arbeiten die Algorithmen der modernsten Hochleistungsrechner mit Nullen und Einsen. Doch schon in naher Zukunft könnte das Historie sein. Unter der Leitung des DLR soll ein prototypischer Quantencomputer „Made in Germany“ entwickelt werden, der mittels Quantenbits (Qubits) neue Dimensionen für Wirtschaft, Wissenschaft und Gesellschaft erschließt sowie revolutionäre Entwicklungs(quanten-)sprünge ermöglicht. So sieht es ein aktueller Beschluss der Bundesregierung vor. Sie bewilligte insgesamt zwei Milliarden Euro, um das Thema Quantentechnologie in Deutschland zu fördern. Das DLR erhält davon 740 Millionen Euro, um im Rahmen der DLR-Quantencomputing-Initiative zusammen mit Industriepartnern, Start-ups und Forschungsgruppen dafür das wissenschaftliche und wirtschaftliche Umfeld aufzubauen.

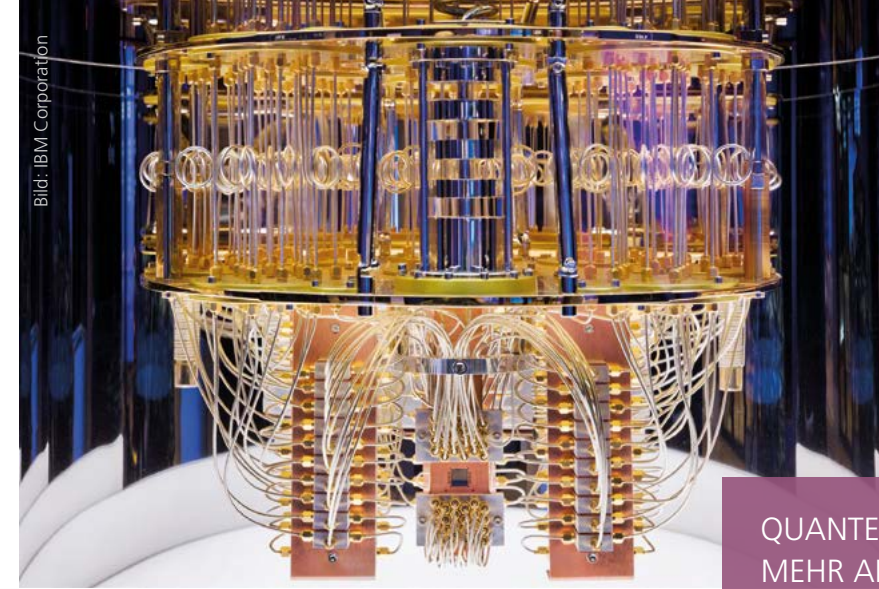


Bild: IBM Corporation

27 Qubits des IBM Q System One sind das Herz des Quantencomputers im Fraunhofer Kompetenzzentrum „Quantencomputing Baden-Württemberg“ in Ehningen bei Stuttgart. Das DLR simuliert auf dem Quantenrechner atomare Vorgänge in Batterien, um deren Leistung und Energiedichte zu steigern.

QUANTENCOMPUTER KENNEN MEHR ALS 0 UND 1

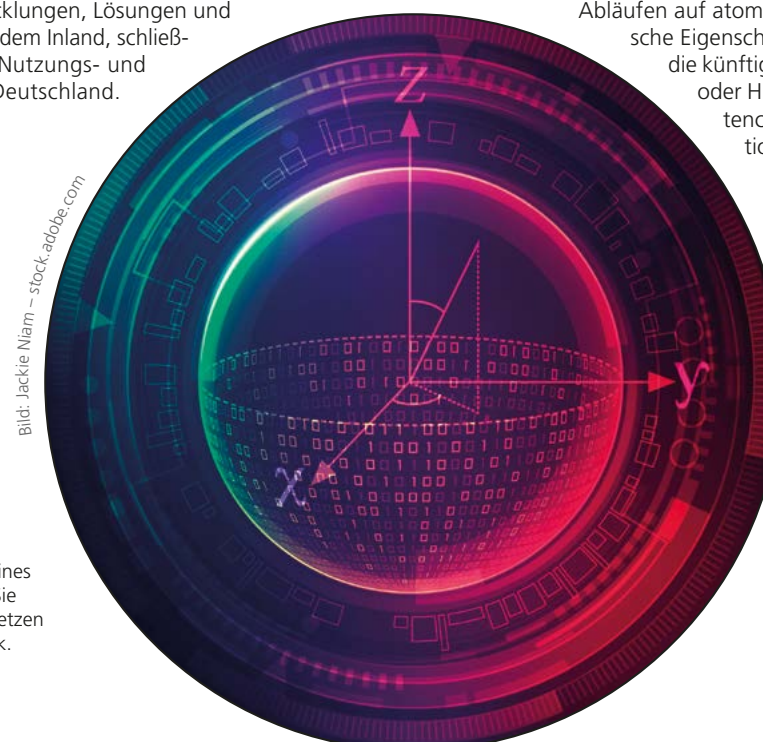
Ein Quantencomputer arbeitet anders als ein klassischer Computer: Seine Quantenbits, kurz Qubits, folgen den Gesetzen der Quantenphysik. Diese beschreiben die Vorgänge auf atomarer Ebene. Die Bits eines klassisch arbeitenden Computers kennen nur zwei Zustände: 0 und 1. Qubits sind in der Lage, unendlich viele Zwischenwerte annehmen. Auf Basis der Quantenphysik können zudem neuartige Algorithmen entstehen. Quantencomputer werden so vielleicht Probleme lösen, an denen klassische Computer scheitern. Als Qubits dienen quantenphysikalische Objekte, wie beispielsweise Elektronen, Atome, Ionen oder Lichtquanten. Quantencomputer ermöglichen eine ganz neue, bislang unvorstellbare Informationsverarbeitung in Forschung, Wissenschaft und Wirtschaft.

Die Anfänge des Quantencomputings reichen zurück bis in die 1980er Jahre. 1982 schlug der amerikanische Physiker Richard P. Feynman ein theoretisches Konzept für Quantencomputer vor. Mit diesem sollten sich auch quantenphysikalische Phänomene exakt simulieren und erforschen lassen. In den 1980ern wurden erste Algorithmen entwickelt und in den 1990ern entstanden erste Quantencomputer mit einigen wenigen Qubits. Heute ist der internationale Wettlauf um konkrete Erfolge bei der Entwicklung und beim Bau von Quantencomputern in vollem Gange. US-Großkonzerne haben bereits experimentelle Rechner präsentiert, die auch von Forschungseinrichtungen wie der Fraunhofer-Gesellschaft und dem DLR genutzt werden.

Die rasante Welt der Qubits

Der neue Quantencomputer soll bisher unerreichte Rechenleistungen bringen und so neue wirtschaftliche und gesellschaftliche Möglichkeiten eröffnen sowie die internationale Wettbewerbsfähigkeit Deutschlands steigern. Enorme Vorteile bringen Quantencomputer für die Daten- und Informationsverarbeitung, abhörsichere Verschlüsselungstechniken, künstliche Intelligenz, in der Materialforschung, der Medizin sowie in den Bereichen Energie und Verkehr, aber auch in der satellitengestützten Navigation und Kommunikation. Entsprechend haben die deutsche Wirtschaft und Industrie großes Interesse an Entwicklungen, Lösungen und Anwendungen aus dem Inland, schließlich verbleiben so Nutzungs- und Patentrechte in Deutschland.

Der unschlagbare Vorteil dieser neuen Technologie ist ihre Überlegenheit bei hochkomplexen Berechnungen. Ein Quantencomputer könnte diese in kurzer Zeit lösen, während konventionelle Hochleistungsrechner vielleicht sogar Jahre dafür benötigen würden. Besonders vielversprechend ist es, hochkomplexe Quantensysteme mit einer großen Zahl wechselwirkender Atome, Ionen und Elektronen exakt simulieren zu können. Das können Wirkstoffmoleküle in Medikamenten sein oder quantenchemische Vorgänge an Batterieelektroden sowie Brennstoffzellen. Das Ziel ist, aus den quantenmechanischen Abläufen auf atomarer Ebene Rückschlüsse auf makroskopische Eigenschaften zu ziehen. Dies soll unter anderem die künftige Entwicklung von neuen Medikamenten oder Hightech-Materialien beschleunigen. Quantencomputer können dadurch enorme Innovationen hervorbringen – von der Grundlagenforschung bis zur industriellen Anwendung.



Qubits sind die kleinste Rechen- und Informationseinheit eines Quantencomputers. Sie basieren auf den Gesetzen der Quantenmechanik.

Bild: Jackie Niam - stock.adobe.com

BEREIT FÜR QUANTENSPRÜNGE

Drei Fragen an Prof. Dr.-Ing. Anke Kaysser-Pyzalla, Vorstandsvorsitzende des DLR



Welche Potenziale hat Quantencomputing für Wirtschaft, Wissenschaft und Gesellschaft?

■ In der heutigen Gesellschaft sind wir einer sehr großen und heterogenen Datenflut ausgesetzt. Deren effektive Verarbeitung erfordert enorme Rechenkräfte. Mit dem Quantencomputing werden wir uns auf diese Entwicklung einstellen: Diese Technologie hat das Potenzial, durch enorme Beschleunigung bei der Berechnung spezieller, zum Teil mit klassischen Computern nicht lösbarer Problemstellungen die Computerwelt zu revolutionieren.

Welche Rolle kommt dem DLR dabei zu?

■ Das DLR wird auf seine Erfahrungen im Management von Großprojekten zurückgreifen und die Initiative Quantencomputing leiten. Das bedeutet, die vom BMWi bereitgestellten Mittel für die Finanzierung von Projekten in Industrie, Start-ups und Forschung zu verwenden und die Weiterentwicklung von Quantencomputern koordiniert voranzutreiben. Dies soll in den Bereichen Hardware, Software und natürlich auch den Anwendungen selbst erfolgen. Nur im Rahmen einer solchen Vernetzung und mit einer strategischen Koordination werden wir gemeinsam das Ziel erreichen, die ersten deutschen Quantencomputer-Prototypen zu entwickeln und zu erproben.

Welche Schwerpunkte wird das DLR setzen, um ein entsprechendes ökonomisches und wissenschaftliches Umfeld aufzubauen?

■ Wir fokussieren uns darauf, unterschiedliche technologische Ansätze zu verfolgen, um diese evaluieren und für entsprechende Anwendungen einsetzen zu können. Nur so lassen sich die Vor- und Nachteile verschiedener Architekturen für Quantencomputer erforschen. Dafür werden wir das erforderliche Ökosystem erschaffen, in dem die richtigen Partner gute Voraussetzungen finden, um miteinander zu kooperieren, in dem sich Forschung, Industrie und Start-ups mit ihren Kompetenzen gegenseitig ergänzen und Deutschland im Bereich des Quantencomputings umfassende Kenntnisse aufbauen und größtmögliche Unabhängigkeit erreichen kann.

... und an Dr. Robert Axmann, Leiter der Abteilung Programmstrategie Raumfahrtforschung und -technologie



In welchen Anwendungsfeldern im Bereich Quantencomputing forschen die DLR-Institute und -Einrichtungen bereits heute?

■ Das DLR hat in den letzten Jahren seine Kompetenzen und Infrastrukturen für das Quantencomputing deutlich ausgebaut. Neben den neu gegründeten Instituten und Einrichtungen forschen auch Institute, die bereits seit längerem bestehen, in diesem Themenfeld: Es geht ihnen dabei primär um die Verwendung von Quantencomputern zur Verbesserung und Beschleunigung in der Modellierung, der Simulation und der Optimierung. Eine Vorreiterrolle spielen sicherlich auch unser Institut für Softwaretechnologie, das bereits seit 2015 an Algorithmen und Software für frühe Quantencomputer forscht, sowie unser Institut für Kommunikation und Navigation. Die Ressourcen des DLR reichen dennoch allein nicht aus, um Quantencomputing umfassend umsetzen zu können. Dies kann nun in Kooperationen innerhalb der Initiative stattfinden.

Die DLR-Quantencomputing-Initiative ist auf vier Jahre angelegt. Was sind die wichtigsten Ziele in diesem Zeitraum?

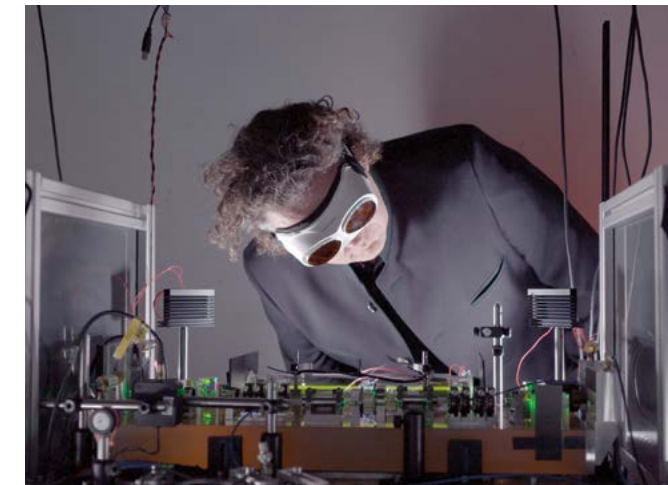
■ Die Initiative bündelt alle Kräfte und Kompetenzen, um in diesem überschaubaren Zeitraum prototypische Quantencomputervarianten sowie deren Komponenten inklusive Anwendungen für wissenschaftliche, wirtschaftliche und sicherheitsrelevante Fragestellungen zu entwickeln. Eine Marktanalyse durch das DLR hat ergeben, dass dabei sowohl Hard- und Software als auch Anwendungen und die erforderliche Lieferkette berücksichtigt werden müssen.

Wie können sich interessierte Unternehmen, Start-ups oder Forschungspartner beteiligen?

■ Das DLR wird – auf Basis einer Markterkundung – Ausschreibungen durchführen, auf die sich die Partner mit ihren Projekten bewerben können. Unsere Aufgabe ist es, zunächst die eingereichten Vorschläge zu evaluieren. Dann werden wir die verschiedenen Industrie- oder Start-up-Partner mit den Forschungseinrichtungen zusammenbringen, deren Ansätze und Ausrichtungen sich ergänzen. In der Regel erfolgt die Einbindung der Partner über die Beauftragung von Forschungs- und Entwicklungsleistungen, den Ankauf bereits existierender Forschungsergebnisse oder die gemeinsame Forschung an Innovationszentren gegen Entgelt.

MAßGEBLICH BETEILIGTE DLR-INSTITUTE UND -EINRICHTUNGEN

- Institut für Datenwissenschaften
- Institut für Kommunikation und Navigation
- Institut für KI-Sicherheit
- Institut für Quantentechnologien
- Institut für Satellitengeodäsie und Inertialsensorik
- Institut für Softwaretechnologie
- Institut für Technische Thermodynamik
- Institut für Werkstoff-Forschung
- Institut für Optische Sensorsysteme
- Galileo Kompetenzzentrum
- Raumflugbetrieb und Astronautentraining



Die Quantenmetrologie ermöglicht Zeitmessungen von bisher unerreichter Genauigkeit – unter anderem für viel präzisere Navigationssysteme.



Mit der sogenannten Quantenkryptografie lassen sich Daten abhörsicher verschlüsseln. Das DLR erforscht unter anderem auch optische Kommunikationssysteme für Kleinsatelliten wie hier bei PIXL-1.



Quantentechnologien für den Weltraum – zum ganz irdischen Nutzen: Im Projekt BECCAL (Bose Einstein Condensate and Cold Atom Laboratory) untersucht das DLR gemeinsam mit der NASA ultrakalte Quantengase wie zum Beispiel Bose-Einstein-Kondensate auf der Erde und in Schwerelosigkeit auf der ISS.

Quantentechnologie im DLR

In der Quantencomputing-Initiative des DLR sollen Forschungseinrichtungen, Industrie und Start-ups zusammenarbeiten, um Hardware, Software und Anwendungen zu entwickeln. Dabei bringt das DLR seine vielfältigen Kompetenzen in der Quantenforschung ein. Fast ein Dutzend Institute und Einrichtungen forschen in diesem Bereich. Das Institut für Quantentechnologien in Ulm sowie das Institut für Satellitengeodäsie und Inertialsensorik in Hannover wurden gerade eröffnet. Sie beschäftigen sich unter anderem mit dem Einsatz von Quantensensoren auf der Internationalen Raumstation ISS. Im Galileo Kompetenzzentrum wird beispielsweise an hochpräzisen optischen Uhren für die satellitengestützte Navigation geforscht.

Bis zum Bau eines deutschen Quantencomputers wird die DLR-Initiative Quantencomputing auch hybride Systeme umsetzen: Hochleistungsrechner erhalten so bereits einzelne Komponenten von Quantencomputern, um die enorme Dynamik des Quantencomputings für die Forschung nutzen zu können.

Tim Suckau arbeitet als Redakteur im Bereich Kommunikation des DLR.

Weiterführende Informationen zu diesem Thema finden Sie im DLR-Dossier Quantencomputing unter:

[s.DLR.de/2K4CE](https://www.dlr.de/2K4CE)

Titelbild

Ein Chip kann das Herz eines Quantencomputers bilden. Auf ihm werden einzelne Atome oder Ionen wie in einer Falle gefangen. Diese dienen als Informationsträger und werden als Qubits oder Quantenbits bezeichnet. Quantencomputer haben das Potenzial, Aufgaben zu lösen, an denen klassische Computer scheitern. Innerhalb der nächsten vier Jahre wird das DLR gemeinsam mit Partnern aus Industrie, kleinen und mittleren Unternehmen, Start-ups und Forschung zwei Konsortien aufbauen, um die Voraussetzungen für den Bau eines deutschen Quantencomputers zu schaffen sowie die entsprechende Software und Anwendungen zu entwickeln.

