

Quantencomputer – Rechner der Zukunft?

- Quanten können gleichzeitig die Werte 0 und 1 annehmen.
- Das beschleunigt manche Kalkulationen enorm – die Primzahlzerlegung beispielsweise oder das Suchen in ungeordneten Listen.
- Die Beschäftigung mit der Quanteninformationsverarbeitung führte bereits zu vielen spannenden Erkenntnissen und neuen Methoden.

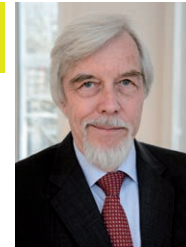
Heutige Computer verarbeiten und speichern Information mithilfe klassischer Bausteine: Transistoren lassen Strom entweder durch oder sperren ihn. Sie fungieren als Schalter, die an oder aus sind. Sie repräsentieren damit Bits, die 0 oder 1 sein können. Quantencomputer hingegen kodieren und verarbeiten Information in Quantenzuständen. Das können z. B. Anregungszustände elektrisch geladener Atome (sogenannter Ionen) sein.

Quantencomputer folgen somit vollkommen anderen fundamentalen Gesetzen als die klassische Informationsverarbeitung. Schon 1982 erkannte der bekannte amerikanische Physiker und Nobelpreisträger Richard Feynman [1] das immense Potential des

Rechnens mit Quanten: Denn mit n klassischen Bits ($n = 1, 2, 3, \dots$ eine beliebige natürliche Zahl) lassen sich im Binärsystem 2^n Zahlen darstellen. Will man das Ergebnis einer Rechnung für alle diese Zahlen wissen, muss man die Rechnung 2^n -mal ausführen. Das ist oft sehr zeitaufwendig und führt klassische Rechner bei sehr umfangreichen Rechnungen schnell an ihre Grenzen. Quantenzustände lassen sich dagegen überlagern. Dadurch entstehen Zustände, die die Informationen aller 2^n Zahlen gleichzeitig kodieren. Die Berechnung lässt sich deswegen in einem Schritt durchführen. Mittlerweile gibt es quantenbasierte Rechenverfahren (sog. Algorithmen), die bestimmte Kalkulationen extrem beschleunigen. Dazu zählen der Shor-Algorithmus [2] (zur Primzahlzerlegung) sowie der Grover-Algorithmus zur Suche in ungeordneten Listen [3].

Ein weiterer Vorteil von Quantencomputern ist, dass sie quantenmechanische Systeme simulieren können [1, 4]. So wurden beispielsweise bereits die Eigenschaften von Wasserstoffmolekülen bestimmt [5]. Ferner gelang es Physikerinnen und Physikern zu demonstrieren, dass der Bau eines sogenannten „Einweg-Quantencomputers“ [6] mit Ionenfallen [7] möglich ist. Hier wird eine Rechnung durch eine Folge von Messungen an einem einzelnen verschränkten Quantenzustand durchgeführt.

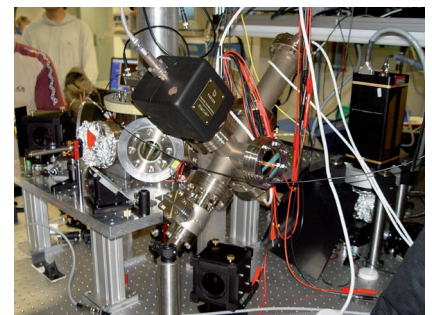
Quantensysteme sind jedoch sehr empfindlich [8]. Kleinste Störungen ruinieren sie – und damit die Rechnung.



„Mit Hilfe von Quantentechnologien erhofft man sich unter anderem die Beschleunigung mancher komplexer Rechnungen, die Entwicklung hochempfindlicher Sensoren sowie den Aufbau abhörsicherer Datenverbindungen.“

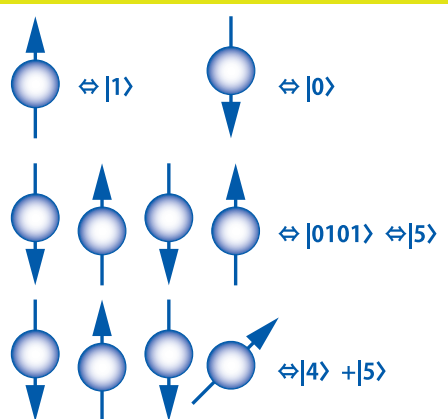
Rolf Heuer, Präsident der Deutschen Physikalischen Gesellschaft

Abb. 3



Ionenfalle an der Universität Innsbruck. Hier lassen sich Quantenzustände speichern.
(Quelle: Wikimedia Commons, https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Ionenfalle_-_Quantencomputer.jpg)

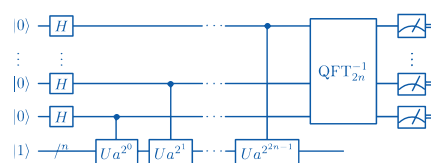
Abb. 1



Überlagerung von Quantenzuständen: In sogenannten Quantenbits (Qbits) können sich alle klassisch erlaubten Zustände überlagern.

(Quelle: Wikimedia Commons, https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Quantum_computer.jpg)

Abb. 2



Quantennetzwerk für den Shor-Algorithmus zur Primzahl-Zerlegung

(Quelle: Wikimedia Commons, https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Shor's_algorithm.svg)

Eine Herausforderung liegt daher darin, die Quantensysteme von ihrer Umgebung zu isolieren. Um das Ergebnis einer Rechnung auszulesen, ist die Isolation jedoch aufzuheben. Darüber hinaus lassen sich nicht alle Werte gleichzeitig perfekt auslesen. Doch langsam rückt die Kontrolle der Quantensysteme in den Bereich des Möglichen. So hat eine kanadische Firma jüngst mit der Behauptung Aufsehen erregt, einen Quantencomputer mit 512 supraleitenden Quantenbits gebaut zu haben [9]. Der Beweis, dass er tatsächlich schneller rechnet als alle klassischen Algorithmen, steht allerdings noch aus [10].

Doch eines ist bereits klar: die Beschäftigung mit der Quanteninformationsverarbeitung hat schon heute zu vielen spannenden physikalischen Erkenntnissen und neuen Methoden geführt.

Deutsche **Physikalische** Gesellschaft

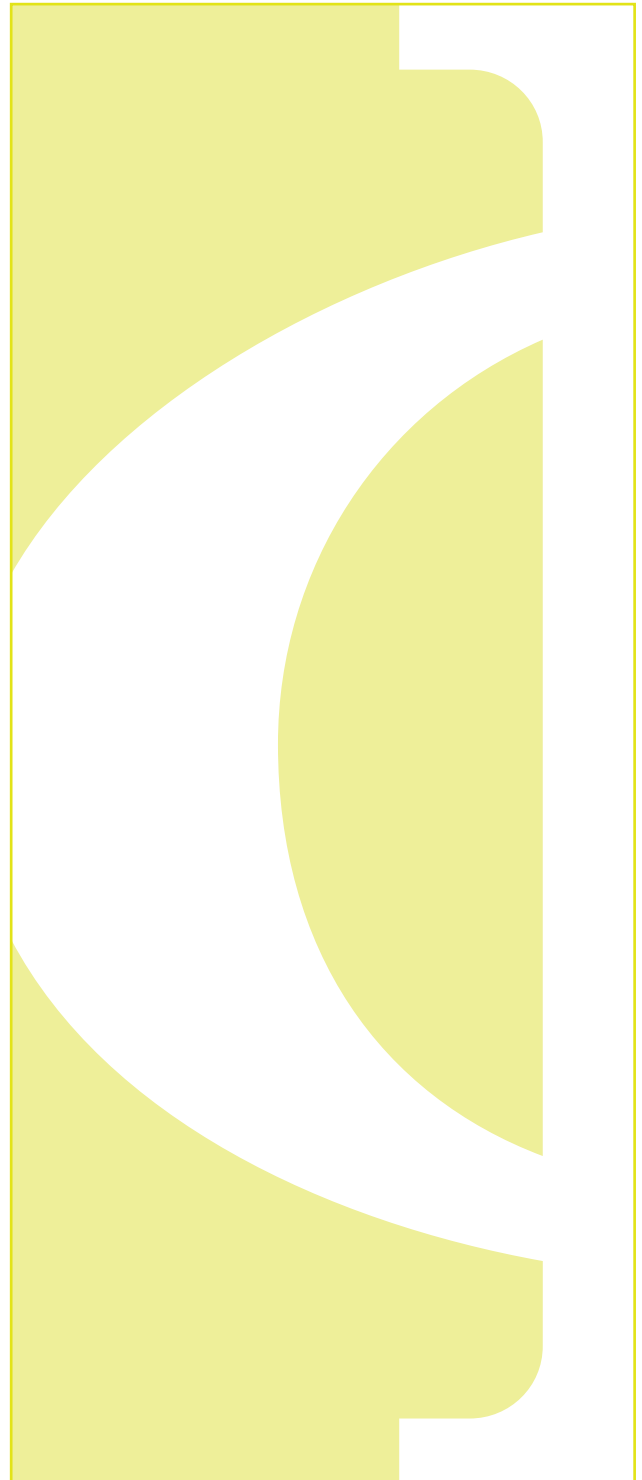
Die Deutsche Physikalische Gesellschaft e. V. (DPG), deren Tradition bis in das Jahr 1845 zurückreicht, ist die älteste nationale und mit mehr als 62.000 Mitgliedern auch die größte physikalische Fachgesellschaft weltweit. Sie versteht sich als Forum und Sprachrohr der Physik und verfolgt als gemeinnütziger Verein keine wirtschaftlichen Interessen. Die DPG unterstützt den Gedankenaustausch innerhalb der wissenschaftlichen Gemeinschaft mit Tagungen und Publikationen. Sie engagiert sich in der gesellschaftspolitischen Diskussion zu Themen wie Nachwuchsförderung, Chancengleichheit, Klimaschutz, Energieversorgung und Rüstungskontrolle. Sie fördert den Physikunterricht und möchte darüber hinaus allen Neugierigen ein Fenster zur Physik öffnen.

In der DPG sind Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler, Studierende, Lehrerinnen und Lehrer, in der Industrie tätige oder einfach nur an Physik interessierte Personen ebenso vertreten wie Patentanwälte und Wissenschaftsjournalisten. Gegenwärtig hat die DPG neun Nobelpreisträger in ihren Reihen. Weltberühmte Mitglieder hatte die DPG immer schon. So waren Albert Einstein, Hermann von Helmholtz und Max Planck einst Präsidenten der DPG.

Die DPG finanziert sich im Wesentlichen aus Mitgliedsbeiträgen. Ihre Aktivitäten werden außerdem von Bundes- und Landesseite sowie von gemeinnützigen Organisationen gefördert. Besonders eng kooperiert die DPG mit der Wilhelm und Else Heraeus-Stiftung.

Die DPG-Geschäftsstelle hat ihren Sitz im Physikzentrum Bad Honnef in unmittelbarer Nähe zur Universitäts- und Bundesstadt Bonn. Das Physikzentrum ist nicht nur ein Begegnungs- und Diskussionsforum von herausragender Bedeutung für die Physik in Deutschland, sondern auch Markenzeichen der Physik auf internationalem Niveau. Hier treffen sich Studierende und Spitzenwissenschaftler bis hin zum Nobelpreisträger zum wissenschaftlichen Gedankenaustausch. Auch Lehrerinnen und Lehrer reisen immer wieder gerne nach Bad Honnef, um sich in den Seminaren der DPG fachlich und didaktisch fortzubilden.

In der Bundeshauptstadt ist die DPG ebenfalls präsent. Denn seit ihrer Vereinigung mit der Physikalischen Gesellschaft der DDR im Jahre 1990 unterhält sie das Berliner Magnus-Haus. Dieses 1760 vollendete Stadtpalais, das den Namen des Naturforschers Gustav Magnus trägt, ist eng mit der Geschichte der DPG verbunden: Aus einem Gelehrtentreffen, das hier regelmäßig stattfand, ging im Jahre 1845 die „Physikalische Gesellschaft zu Berlin“, später die DPG hervor. Heute finden hier Kolloquien und Vorträge zu physikalischen und gesellschaftspolitischen Themen statt. Gleichzeitig befindet sich im Magnus-Haus auch das historische Archiv der DPG.



Deutsche Physikalische Gesellschaft e. V.

Geschäftsstelle Tel.: 02224 / 92 32 - 0
Hauptstraße 5 Fax: 02224 / 92 32 - 50
53604 Bad Honnef E-Mail: dpg@dpg-physik.de

Die Deutsche Physikalische Gesellschaft dankt ihrer Autorin Prof. Dr. Dagmar Bruß von der Heinrich-Heine-Universität Düsseldorf.