Quantum Biology

Gequanteltes Leben

„Wir machen erst einmal etwas Eindrucksvolles, dann etwas Sinnvolles." So kündigte Prof. Jahn Martinis vom Google-Forschungszentrum seinen Quantencomputer an. Mitte September 2019 war es endlich so weit: Er konnte als Erster die sogenannte Quantenüberlegenheit demonstrieren.

Sein Quantencomputer Sycamore löste mit 53 Qubits eine Rechenaufgabe in 200 Sekunden, für die der weltbeste Supercomputer über 10.000 Jahre benötigt hätte. Jedoch müssen sich die Fehlerraten der Qubits für eine praktische Anwendung noch stark verringern, denn Quantenchips sind sehr instabil und anfällig für Störungen durch Wärme und Strom. Sie benötigen zur Abschirmung des molekularen Rauschens eine Temperatur nahe dem absoluten Nullpunkt und eine totale Isolation von der Umwelt durch ein Hochvakuum. Daher wurden die Quanteneffekte bislang nur in Molekülen, Atomen und subatomaren Teilchen beobachtet. Jeglicher Kontakt der Quanten mit der Außenwelt führt zum Kollaps der Wellenfunktion (Dekohärenz). Das System funktioniert nur noch nach den klassischen Prinzipien der Thermodynamik. In den letzten Jahren beobachteten Physiker auch Quantenphänomene in Salzkristallen und in lebenden Zellen.

Dabei beruht fast unsere gesamte Technologie auf Quantenmechanik: Halbleiterchips, Laser, Smartphones, MRT-Scanner. GPS-Navigation und Elektronenmikroskopie könnten ohne Quanteneffekte nicht funktionieren. Selbst die Kernfusion der Sonne kann nur über den Tunneleffekt stattfinden.

In lebenden Organismen fanden Experten das ganze Sortiment der Quantenwelt. Dank des Tunneleffekts können Mitochondrien in den Zellen Oxidationsenergie aus ATP gewinnen. Vermutlich ermöglichen getunnelte Elektronen unseren Geruchssinn, indem nicht nur die Form, sondern auch die Schwingungsfrequenz eines Moleküls analysiert wird. Dagegen sind getunnelte Protonen in den Enzymreaktionen des Stoffwechsels wichtig, so auch beim Abbau von Alkohol. Untersucht wird noch deren Rolle bei der Teilung des Erbguts und dabei entstehenden Mutationen.

Der Kompass von Zugvögeln wurde 2004 bei Rotkehlchen in einem quantenverschränkten Lichtrezeptor der Augennetzhaut gefunden. Bei der pflanzlichen Fotosynthese werden Lichtphotonen von Chloroplasten eingefangen, die mithilfe des Chlorophylls eine fast 100-prozentige Effizienz der Energienutzung und Produktion von organischen Molekülen aufweisen. Dieser Vorgang nutzt den Welle-Teilchen-Dualismus in einem abgeschirmten Lichtsammelkomplex mit etwa 50 Atomdurchmessern. Das molekulare Rauschen der Zellen unterstützt die Quantendynamik durch exakt aufeinander abgestimmte Schwingungen.

Wie aber schafft es das Leben, die Quantenkohärenz im warmen und feuchten Umfeld der Biomoleküle in den Zellen aufrechtzuerhalten? Nun, die Quanteneffekte laufen zeitlich begrenzt in einem einzelnen Molekül ab, das mit seiner geordneten Struktur die Überlagerung gegenüber ungeordneter Energie von außen abschirmt. „Kann diese Abschirmung nicht mehr aufrechterhalten werden und Dekohärenz tritt ein, dann kommen lebenswichtige Prozesse zum Stillstand und die Zelle stirbt ab. Das Aufrechterhalten dieser Quanteneffekte wäre damit sozusagen ein Grundmerkmal von Leben." (Al-Khalili J., McFadden J. (2014) Life on the edge. Bantam, London)

Manfred Kindler, KKC-Vorsitzender,
Kontakt: m.kindler@kkc.info

Quanteneffekte

Der **Tunneleffekt** beschreibt das Verhalten eines Teilchens an einer Barriere, die er in der klassischen Physik nicht überwinden könnte. Nach der Quantenmechanik kann es mit einer gewissen Wahrscheinlichkeit das Hindernis „durchtunneln". Diese Fähigkeit verdanken alle Objekte ihrer Welle-Teilchen-Dualität. Sie wird als fotoelektrischer Effekt bei den Solarzellen genutzt.
Bei der **Superposition** können Partikel in zwei Zuständen gleichzeitig existieren. Dieser Effekt bindet Protonen und Neutronen im Atomkern aneinander. Ein MRT funktioniert mit einer solchen Überlagerung von Wasserstoffatomen.
Die **Quantenverschränkung** erlaubt es Teilchen, die vorher zusammen wie siamesische Zwillinge waren, auch über beliebige Entfernungen noch in Verbindung zu stehen. Albert Einstein nannte es ratlos die „spukhafte Fernwirkung". Ein spektakulärer Nachweis gelang 2016 durch das weltweite Experiment „Big Bell Test" mit 100.000 Personen.

Logo: KKC