

In Basel spinnen die Quanten

An der Universität arbeiten Forschende daran, was die neuen Hochleistungsrechner noch brauchen: grösstmögliche Stabilität.

Andreas Schwald (Text)
und Kenneth Nars (Bilder)

Quantenphysik. Das klingt wunderlich, nach etwas, mit dem man sich beschäftigt, wenn man sich gern im Reich des wörtlich Unfassbaren aufhalten will. Der Eindruck entsteht, weil sich die Forscher mit Dingen und Zuständen beschäftigen, die so klein sind, dass nur die aufwendigen Gerätschaften drumherum erkennbar sind, weshalb diese zum Symbol für das eigentlich Gemeint werden.

Zum andern liegt es aber auch am Versprechen des Quantencomputings, das derzeit weltweit – und besonders auch in Basel – Millionen und Milliarden Franken von Investitionen auslöst. Kein Wunder: Es soll einst leisten können, was heute unvorstellbar ist. Von Simulationen von Molekülen, ganzer Organe oder sogar Körper bis hin zur Bewirtschaftung weltweiter Logistikketten in Bruchteilen von Sekunden. Ganz zu schweigen vom Potenzial künstlicher Intelligenz, etwa mit Computern, die x-fach leistungsfähiger sind als die heutigen, ohnehin schon rasanten Halbleitercomputer.

In der Region wird das Quantencomputing bei «Quantum Basel» im Arlesheimer Tech-Hub Uptown vor allem kommerziell betrieben. In der Stadt aber findet ein wesentlicher Teil der internationalen Grundlagenforschung statt. Am Departement Physik der Universität Basel hat Professor Dominik Zumbühl gerade die zweite Finanzierungsrunde des Schweizerischen Nationalfonds (SNF) für den Forschungsschwerpunkt «NFS Spin» hinter sich.

Die Technologie steht, jetzt muss sie nur noch belastbarer werden

Insgesamt rund 20 Millionen Franken vom Bund erhält die Basler Quantenforschung jetzt. Zusammen mit Beiträgen der Uni selbst, Gruppengeldern und Drittmitteln stehen für die kommenden vier Jahre rund 54 Millionen Franken bereit. Bereits in der ersten Phase von 2020 bis 2023 konnten 41 Millionen Franken verarbeitet werden. Mit an Bord sind unter anderem die ETH, die EPFL, aber auch IBM Zürich.

Damit verfügt die Region Basel nicht nur über ein kommerziell ausgerichtetes Zentrum in Arlesheim, sondern auch über weltweit anerkannte Forschung zu den Grundlagen des Quantencomputings. Mit global tätigen Unternehmen wie Roche – wo sich bereits ein kleines Team mit Quantencomputing beschäftigt – ist auch die Nähe zur Wirtschaft gegeben. Beste Voraussetzungen, um im Rennen um die nächste Generation von Hochleistungsrechnern zur Spitze zu gehören. Nicht nur global, sondern auch innerhalb wetteifernder Schweizer Regionen.

Wunderlich ist also kaum mehr etwas. Bis auf die Quantenmechanik, die dem gemeinen Elektroniknutzer kaum geläufig ist. Kurz und gut: Das Quant kann im Gegensatz zur heutigen Halbleitertechnologie nicht nur entweder eine 1 oder 0 abbilden, sondern diese Werte gleichzeitig ausgeben. Ermöglicht wird das durch einen Zustandswechsel des Objekts, das atomare Grösse hat. Ein Elektron, zum Beispiel, das gleichzeitig zwei Zustände einnehmen kann.

«Das klassische Computing wird bald seine volle Leistungsfähigkeit erreichen», sagt Zumbühl. Darin sind sich Forschung und IT-Welt einig. Nicht, dass es deswegen schlecht wäre: Der Stand der Halbleitertechnologie ist so gut wie nie. Dennoch heisst der nächste Schritt Quantencomputing.



Professor Dominik Zumbühl in seinem Büro. Die Wandtafel im Hintergrund ist nicht dekorativ, sondern ein Arbeitsinstrument.

Das Reich klassischer Halbleiter-Transistoren ist praktisch ausgenutzt. Jetzt geht es auf die quantenmechanische Ebene.

Oder eher bald. Daran arbeitet Zumbühl mit seinem Team: dass das Quantencomputing stabiler wird. «Ein heutiger Quantenrechner schafft zwar schon Tausende von kleinen Rechenschritten in einem Algorithmus. Um aber mit klassischen Supercomputern konkurrenzfähig zu werden, muss er Abermillionen von Rechenschritten ausführen können», sagt Zumbühl. Das Problem sind nicht die Quanten selbst; die sind mächtig. Das Problem ist die Menge der sogenannten Qubits, also der Informationseinheiten, und deren Fehlerrate in einem System.

Zumbühl forscht deshalb an zuverlässigen, schnellen, kompakten und skalierbaren Spin-Qubits aus Silizium. Oder wie es im Beschrieb des SNF heisst: «Die Resultate dieser Forschung sollen es mittelfristig ermöglichen, mit Spin-Qubits Berechnungen durchzuführen, die auf einem herkömmlichen Computer schwierig wären.» Langfristig soll dies dazu beitragen, einen universellen Quantencomputer mit mehr als tausend logischen Qubits zu bauen.

Fast wie in den frühen Jahren der Transistoren-Entwicklung

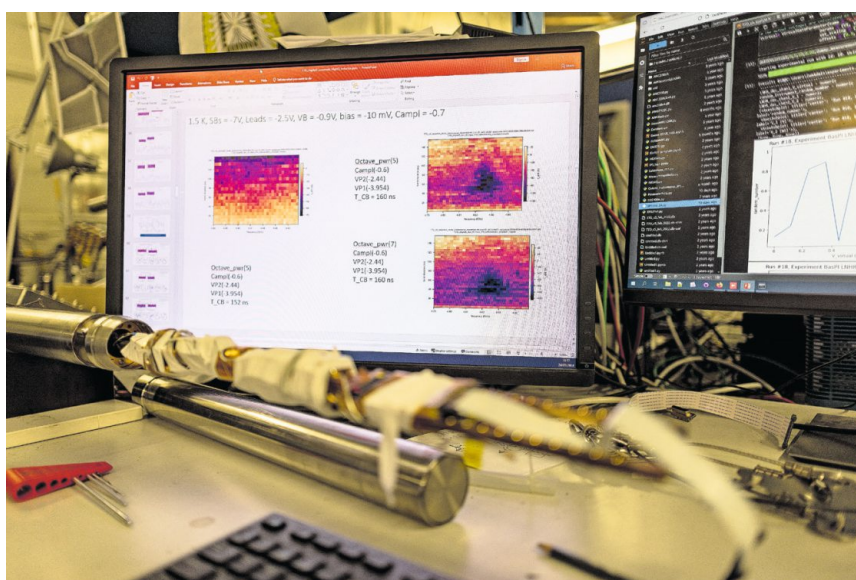
Silizium? Das klingt nicht nur nach Halbleitern, das ist es auch: Qubits aus Halbleitermaterialien, wie sie in Basel erforscht werden, zählen zu den aussichtsreichsten im Rennen um den Erfolg. Zumbühl sagt treffend: «Wir erfinden das Rad nicht neu.» Es geht darum, den Spin eines Quantums, also die Richtung der Information, zu stabilisieren. Dabei stellt die Uni Basel Rekorde auf. Zum Beispiel, indem rund eine Minute lang die Stabilisierung eines Spins gegen das sogenannte Umklappen von oben nach unten erzielt werden konnte.

Auf atomarer Ebene ist das unglaublich lang. Doch das reicht nicht. «Auch die subtilere Stabilität eines beliebigen Qubit-Zustandes ist erforderlich», sagt Zumbühl. Dabei ist der Basler Ansatz einer von mehreren in der Quantentechnologie. Es gibt die, die auf Supraleiter setzen, solche, die ionisierte Atome nutzen, und eben die Spin-Qubits.

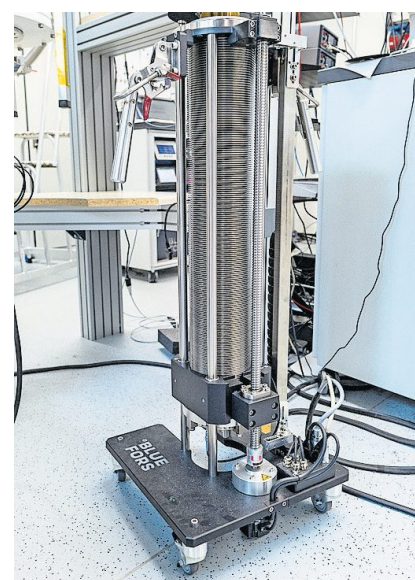
Zumbühl vergleicht die aktuelle Phase mit der Entwicklung von Transistoren in den 1940er- und 1950er-Jahren. Auch damals waren gewaltige Maschinen nötig, um die elektronische Informationsübermittlung so zu stabilisieren, damit sie industrialisiert, perfektioniert und später rasant kompakter werden konnte. Hauptziel der Forschung bleibt drum: Für Stabilität und Qualität der Qubits zu sorgen, dass es ausreichend von ihnen in einem System geben kann und dass die Fehlerquote verschwindend klein wird. So klein, dass die Quantencomputer die nötigen Milliarden von Rechenschritten ohne Unterbrüche oder Signalverluste seriell schaffen.

Die heute noch nötige Technik kann man im Labor an der Basler Klingelbergstrasse erahnen: Da stehen Tanks mit flüssigem Helium, in denen Materialien auf fast null Kelvin gekühlt werden. Bis dies allein von der Grösse her in Desktop-Rechner oder in ein Smartphone passt, dauert es noch eine Weile.

Das sieht man auch bei Quantum Basel: Der Hub in Arlesheim verfügt über Cloud-Anschlüsse an Quantenrechner in der ganzen Welt, aber für den ersten eigenen, physisch anwesenden Rechner sind derzeit enorme Installationen in der Baselbieter Anlage notwendig. Im Herbst soll der eigentliche Computer dort entstehen.



Die Elektronik wird im Labor fürs Einführen in die Kühlung präpariert.



Die Hilfsmittel sind noch etwas gross.



Für den Betrieb ist Kälte entscheidend.



Neue Computertechnologie ist aktuell auf aufwendige Konstruktionen angewiesen.