

8 Fragen zum Quantencomputing

Warum sich kleine und mittelständische Unternehmen heute schon mit dieser Zukunftstechnologie auseinandersetzen sollten



1.

Ich kenne mich mit Quantentechnologien überhaupt nicht aus. Wo kann ich mich am besten über den aktuellen Entwicklungsstand und über die Möglichkeiten von Quantencomputing informieren?

Als erste Anlaufstelle empfiehlt sich die Bayern Innovativ GmbH, die als Thinktank für fortschrittliche Technologien fungiert. Bayern Innovativ bündelt Expertenwissen und vernetzt alle relevanten Akteure aus Forschung, Industrie und Politik. Im Dialog mit den Quantentechnologie-Fachleuten der Bayern Innovativ gelingt es, sich einen allgemeinen Überblick zu verschaffen und wichtige Kontakte zur Information oder für konkrete Projekte zu knüpfen.

Haben Sie bereits erste Vorstellungen, wie Sie in Ihrem Unternehmen Quantencomputing einsetzen könnten? Dann wenden Sie sich an das QAR-Lab, um anhand eines Use Case aus Ihrer Unternehmenspraxis herauszufinden, wann Sie Ihren ersten Quantenvorteil realisieren können.

2.

Welche Vorteile bieten Quantencomputer gegenüber unseren heute verbreiteten Computern?

Die Bits unserer digitalen Welt nehmen lediglich die Zustände „0“ oder „1“ an. Qubits im Quantencomputing hingegen können unendlich viele Zustände annehmen, mitunter auch gleichzeitig. Wenn es beispielsweise um Optimierungsaufgaben geht, können zukünftige Quantencomputer dank Quanteneffekten wie Superposition und Verschränkung in kürzerer Zeit bessere Lösungen berechnen als herkömmliche Supercomputer gar nicht oder nur in sehr langer Zeit erreichen. In der Praxis haben heutige, erste Quantencomputersysteme nur wenige Qubits, sind verrauscht und fehlerbehaftet. Die Anwendungsszenarien sind dementsprechend noch Sandkasten-Beispiele, deren Bedeutung mit der Skalierung der Quantencomputer enorm wachsen wird.

Beispiel: Auf einem Flughafen müssen tagtäglich Ankunfts- und Abflugzeiten, Verspätungen, gestrichene Flüge, Check-ins, das Be- und Entladen der Maschinen, die Zuweisung der Gates und vieles mehr koordiniert werden. Mit Quantencomputing lassen sich diese Aufgaben unter Berücksichtigung relevanter Faktoren in Zukunft wesentlich schneller und effektiver organisieren als mit den heute üblichen Mitteln.

3.

Ist das nicht alles noch Zukunftsmusik? Wie schnell schreitet die Entwicklung von Quantencomputern tatsächlich voran?

Natürlich wissen wir auch nicht genau, wann Quantencomputing sich ähnlich in allen Lebensbereichen etabliert haben wird wie heute der Personal Computer. Trotzdem ein Anhaltspunkt: Im Jahr 2016 startete IBM seinen ersten Quantencomputer „Q“ mit einer Kapazität von 5 Qubits. Der aktuelle Q-System One von IBM ist mit dem Prozessor „Eagle“ ausgestattet und bietet bereits eine wesentlich gesteigerte Rechenleistung auf Basis von 127 Qubits. Die Entwicklung schreitet also auch im Bereich des Quantencomputing zügig voran.

4.

Quantencomputer sind sicher für ein kleines oder mittelständisches Unternehmen kaum bezahlbar – ganz abgesehen von den Investitionen, die für die Implementierung erforderlich wären. Wie kann ich trotzdem am Quanten-Fortschritt teilhaben?

An die Implementierung von Quantencomputern ist heute in der Tat auch noch nicht einmal in den meisten Großkonzernen zu denken. Dennoch besteht für Unternehmen bereits heute die Möglichkeit, eigene Quantencomputingkonzepte und -algorithmen zu testen und weiterzuentwickeln – zum Beispiel unterstützt von den Fachleuten des QAR-Lab oder direkt über diverse Cloud-Services:

- Amazon Braket mit mehreren unterschiedlichen Systemen von D-Wave, IonQ und Rigetti
- D-Wave Quantum Cloud Service „Leap“
- Rigetti Quantum Cloud Service
- IBM Cloud

5. Warum sind heute noch nicht die ersten erschwinglichen Quantencomputer auf dem freien Markt verfügbar?

Qubits sind äußerst empfindlich gegen äußere Einflüsse wie Temperaturschwankungen, mechanische Vibrationen oder elektromagnetische Felder. Deshalb erfordern Quantencomputer spezielle Betriebsbedingungen, die nur mit großem Aufwand realisiert werden können.

Qubits müssen „ruhiggestellt“ werden, damit sie ihre Quanteneigenschaften nicht verlieren. Wärme versetzt sie jedoch in Bewegung – das bedeutet, dass Quantenprozessoren, die auf supraleitenden Qubits basieren, bis knapp über dem absoluten Nullpunkt heruntergekühlt werden müssen – also bis auf ca. $-273,15\text{ }^{\circ}\text{C}$. Es nimmt etwa einen ganzen Tag in Anspruch, ein solches System auf seine Betriebstemperatur herunterzukühlen. Ionenfallen-Computer funktionieren zwar auch bei höheren Temperaturen. Damit die vielen Laser die Ionen jedoch einfangen können, ist es notwendig, den Quantencomputer in einer Vakuumkammer zu betreiben. Außerdem existieren noch weitere Qubit-Technologien, welche ihre spezifischen Vor- und Nachteile haben.

Beispiel: Der IBM Q System One in Ehningen bei Stuttgart wird auf einer Stellfläche von rund 10 m^2 in einem Glaskubus betrieben und ist durch Strahlungsschilde, Vakuumkammern und Dämpfungssysteme gegen Umgebungseinflüsse wie Erschütterungen oder elektromagnetische Störfelder abgeschirmt. Zusätzliche Komponenten wie Kompressoren, Stickstoffbehälter und die Bedienkonsole sind in einem Nebenraum untergebracht.¹

6. Kann eigentlich heute bereits jeder IT-Experte einen Quantencomputer bedienen?

Woran es im Quantencomputing noch mangelt: an benutzerfreundlichen und intuitiven Bedienoberflächen, bei denen man nicht tief in die Theorie des Quantencomputing einsteigen muss. Es ist aber nur eine Frage der Zeit, bis hier praxisorientierte Lösungen auf dem Markt verfügbar sein werden. Das Gleiche gilt für die Entwicklung von Standards, die eine plattformübergreifende Nutzung der Vorteile von Quantencomputing ermöglichen.

Institute wie das QAR-Lab haben sich zum Ziel gesetzt, Quanten-Know-how breit in der IT-Welt zu etablieren und den Fachkräfte-Nachwuchs für Quantencomputing heranzubilden. Ein Ansatz hierfür sind die „Quantum Optimization Challenges“, in denen Studierende der LMU München mit vier unterschiedlichen Quantencomputern Lösungen für Use Cases großer Industrieunternehmen erarbeiten.

7. Wie kann ich herausfinden, welche Perspektiven Quantencomputing für mein Unternehmen bietet? Wo liegt mein „Quantenvorteil“?

Zugegeben: Auch heute ist es für KMU schwer abzuschätzen, wo die eigene Zukunft im Bereich Quantencomputing liegt und wie der Einstieg ins Quantenzeitalter gelingen könnte.

Das QAR-Lab hat für Unternehmen, die sich für ihre Perspektiven mit Quantencomputing interessieren, ein mehrstufiges System entwickelt, mit dem Firmen besser einschätzen können, wann sie ihren Quantenvorteil realisieren können:

- Zunächst gilt es, den eigenen Wissensstand hinsichtlich Quantencomputing einzuordnen.
- Anschließend ermitteln die Fachleute des QAR-Lab gemeinsam mit Ihnen mögliche Use Cases für den Einsatz von Quantencomputing im Unternehmen.
- Diese denkbaren Einsatzbereiche werden anschließend nach ihrer Dringlichkeit klassifiziert.
- In einem weiteren Schritt wird der favorisierte Use Case auf unterschiedlichen Quantencomputern implementiert. Der Vergleich der Ergebnisse ermöglicht Rückschlüsse, welches System sich für die spezifische Aufgabe am besten eignet und wie viele Qubits dafür benötigt werden.
- Anhand der Testergebnisse aus den Implementierungen wird es möglich zu prognostizieren, wann ein Unternehmen mit einem spezifischen Use Case seinen Quantenvorteil erreichen kann.

¹ <https://www.heise.de/select/ix/2021/13/2106818275445203488>

8.

Quantencomputing erscheint mir kompliziert und schwer verständlich. Ich kann bislang für mein Unternehmen kaum einen konkreten Nutzen darin erkennen. Warum sollte ich mich dennoch schon heute mit Quantencomputing befassen?

Quantencomputing verleiht nicht nur der Forschung bahnbrechende neue Impulse, sondern wird in wenigen Jahrzehnten buchstäblich unser gesamtes Leben revolutionieren – von kommunalen Infrastrukturen über die industrielle Produktion bis hin zu IT-Sicherheit, Verwaltung, Gesundheits- und Finanzwesen.

8.1 Die kommunale Quantenrevolution

- Beim Ausbau kommunaler Infrastrukturen (zum Beispiel für die Energie- und Wasserversorgung oder bei der Planung und dem Neubau von Kommunikations- und Verkehrsnetzen) ermöglichen Quantencomputer die Analyse und Berücksichtigung vieler komplexer Einflussfaktoren – zum Beispiel der Bodenbeschaffenheit, der bestehenden Bebauung und bereits existierender Elemente der urbanen Infrastruktur etc.
- Künftig werden die Komponenten verteilter Energienetze („Smart Grid“) mit vielen Versorgern und Verbrauchern voraussichtlich über Quantencomputer gesteuert, gewartet und gegen Cyberangriffe gesichert. Quantencomputer gewährleisten dabei mit präzisen Lastprognosen und variabler Partitionierung zu allen Zeiten eine effiziente Stromversorgung für Industrie und Privathaushalte.
- Wenn wir öffentliche Verkehrsmittel benutzen oder im Berufsverkehr den schnellsten Weg durch die City finden, werden wir von der Verkehrsflussoptimierung durch Quantencomputer profitieren.

8.2 Die industrielle Quantenrevolution

- Künstliche Intelligenz und maschinelles Lernen mit Hilfe von Quantencomputern halten in die Produktionshallen Einzug, etwa bei der smarten Steuerung von Industrierobotern an den Fertigungsstraßen, in der Qualitätssicherung und in der vorausschauenden Wartung von Industrieanlagen.
- Quantencomputer werden künftig Logistikprozesse effizienter und wirtschaftlicher gestalten – durch optimiertes Flottenmanagement und intelligente Routenplanung mit der Echtzeit-Berücksichtigung von Staus, Baustellen und anderen Verkehrsbehinderungen.
- Im Facility-Management großer Gebäudekomplexe oder Fabrikanlagen eröffnen Quantenalgorithmen vielfältige Möglichkeiten – von der optimierten Versorgung mit erneuerbaren Energien über „job shop scheduling“ und Ausfallmanagement bis hin zur prädiktiven Instandhaltung.
- Wir werden von Quantencomputing profitieren, wenn wir online Waren bestellen und diese noch schneller bei uns ankommen – weil optimierte Lagerhaltung und Logistik effizienter funktionieren als jemals zuvor.

8.3 Die wirtschaftliche Quantenrevolution

- Durch die Auswertung von Langzeitdaten der Finanzmärkte erlauben Quantencomputer, Kursentwicklungen an der Börse präzise vorherzusagen und Finanzportfolios gezielt auf gewünschte Parameter (Rendite, Sicherheit, etc.) zu optimieren.
- Im Bankenwesen lassen sich mit Quantencomputing Anomalien in den Finanzflüssen aufspüren und Betrugsversuche aufdecken, bevor wirtschaftlicher Schaden entsteht.

8.4 Die wissenschaftliche Quantenrevolution

- Unsere Gesundheit wird von Quantencomputing profitieren, denn pharmazeutische Wirkstoffe – möglicherweise auch gegen Krebs – können schneller entwickelt, getestet und freigegeben werden. Warum? Weil sich mit Quantencomputing immer komplexere Molekülstrukturen von Wirkstoffen simulieren lassen.
- Die Simulation von Molekülverhalten eröffnet ferner faszinierende Perspektiven bei der Entwicklung neuer Materialien, die speziell auf bestimmte Einsatzzwecke – zum Beispiel im Leichtbau oder in smarten Textilien – zugeschnitten sind.
- Die Simulation komplexer Wechselwirkungen sehr vieler unterschiedlicher Einflussfaktoren wird in der Klimaforschung zu neuen Erkenntnissen führen und wesentlich präzisere Prognosen künftiger Naturereignisse ermöglichen.

8.5 Die Quantenrevolution der IT-Welt

- Gegen die komplexen Rechenoperationen von Quantencomputern haben manche bislang gebräuchli- che Verfahren zur Datenverschlüsselung keine Chance mehr. Im Klartext bedeutet das: Ob Industrieunternehmen, Forschungseinrichtung, Bank oder Behörde – wer sich nicht rechtzeitig auf das Quantencomputingzeitalter vorbereitet, wird ein Problem mit der Sicherheit kritischer Daten be- kommen! Bereits heute arbeiten Spezialisten jedoch an Verfahren der Post-Quantum-Kryptografie, die sensible Daten vor der Entschlüsselung durch einen Quantencomputer schützen sollen.

Fazit: Quantencomputing wird alle Bereiche unserer Gesellschaft nachhaltig verändern. Auch die Prozesse kleinerer und mittelständischer Unternehmen müssen sich möglichst frühzeitig auf diese erneute „Industrielle Revolution“ vorbereiten, wenn sie auch künftig im Markt bestehen wollen. Denn bereits heute investieren internationale Großkonzerne weltweit hohe Summen in Forschungs- projekte, um sich bereits jetzt und in den kommenden Jahren ihren „Quantenvorteil“ durch Paten- te zu sichern.

Die Digitalisierung hat in den letzten Jahren gezeigt: Unternehmen, die bei der Umsetzung der digitalen Transformation der allgemeinen Entwicklung hinterherhinken, haben es heute schwerer, sich gegen Mitbewerber im Markt zu behaupten.

Deshalb gilt: Erschließen Sie schon heute mögliche Use Cases für Quantencomputing in Ihrem Unternehmen, um auch künftig für die Anforderungen des Marktes bestens aufgestellt zu sein!

IMPRESSUM

HERAUSGEBER
Bayern Innovativ GmbH
Am Tullnaupark 8
90402 Nürnberg
T +49 911 20671-0
info@bayern-innovativ.de
www.bayern-innovativ.de

GESCHÄFTSFÜHRER
Dr. Rainer Seßner

BILDNACHWEIS
Titel: AdobeStock©Peter Jurik
S. 2: Shutterstock©Dmitriy Rybin

Die Bayern Innovativ GmbH ist seit ihrer Gründung im Jahr 1995 wichtiger Bestandteil der Innovationspolitik des Freistaats Bayern. Vision der Bayern Innovativ GmbH ist ein Bayern, in dem jede tragfähige Idee und Technologie zur Innovation wird.

Neben der Organisation von Netzwerken in fünf Spezialisierungsfeldern – Digitalisierung, Energie, Gesundheit, Material & Produktion und Mobilität – bietet Bayern Innovativ seinen Kunden ein umfangreiches Beratungsangebot. Dieses umfasst Dienstleistungen für ein erfolgreiches Technologie- und Innovationsmanagement, zum Patentwesen, zu Fragen der Kultur- und Kreativwirtschaft, zur Teilnahme an internationalen Innovations- und Kooperationsprojekten und zur Projektförderung.

Bayern Innovativ ist Projektträger mehrerer bayerischer Förderprogramme und navigiert als Förderlotse zu weiteren Förderprogrammen des Freistaats Bayern, des Bundes und der EU.

Für einen optimalen Wissenstransfer organisiert Bayern Innovativ große Kongresse, hochkarätige Arbeitskreise, Workshops, Coachings und „Events 4.0“. Der „Gemeinschaftsstand Bayern Innovativ“ öffnet Unternehmen und Instituten kostengünstig das Tor zu internationalen Leitmesse.

www.bayern-innovativ.de

Das QAR-Lab der LMU steht unter dem Motto „Become Quantum ready“ und bringt seit Jahren erste Use Cases von Unternehmen auf die Rechner der Zukunft. Gegründet im Jahr 2016 hat es im Laufe der Jahre ein großes Know how aufgebaut, um die Technologie des Quantencomputings in der Praxis anzuwenden. Zahlreiche namhafte Konzerne profitieren bereits von diesem Expertenwissen.

Das QAR-Lab leistet darüber hinaus als Gründungsmitglied des europaweiten Leuchtturmprojekts PlanQK („Plattform und Ökosystem für quantenunterstützte KI“) Pionierarbeit dabei, die Quantencomputing-Technologie auf dem Gebiet der Künstlichen Intelligenz zu nutzen. Das QAR-Lab ist auch Partner des Munich Quantum Valley MQV.

www.qarlab.de