

Bericht zum Workshop Quantentechnologie der CODE-Jahrestagung vom 10. Juli 2024

Am 10. Juli 2024 fand während der Jahrestagung des Forschungsinstituts CODE ein Workshop zum Thema Quantentechnologie statt. Der folgende Bericht soll einen kurzen Überblick über den Workshop und seine Ergebnisse geben.

Der Workshop wurde organisiert durch:

Dr. Sabine Tornow und Dr. Nils Gentschen Felde

Folgende Personen waren als Redner/-innen eingeladen:

Elisa Bäumer, IBM Research Zurich

Helmut Grießer, ADVA Optical Networking SE

Lukas Knips, LMU München und Max-Planck-Institut für Quantenoptik

Paul Seifert, UniBw M

Ziel und Ablauf:

Die Entwicklung der Quantentechnologie, wie z.B. von Quantensensoren, von Quantenspeichern, Quantencomputern oder auch die Nutzung der Quantenkommunikation zum Quantenschlüsselaustausch schreitet in hohem Tempo voran und wird aktuell von nationalen und internationalen Initiativen als auch von der Industrie massiv gefördert. Neben neuen Risiken der Quantentechnologien gibt es auch viele Chancen, die in diesem Workshop näher beleuchtet werden sollen. Es wird der aktuelle Stand der Technik verschiedener Quantentechnologien eingeführt und ihre Anwendungen werden ausführlich diskutiert. Hierzu zählen z.B. die neuesten Entwicklungen im Bereich des Quantencomputing und der Quantensensorik sowie ein Beispiel der erfolgreichen Anwendung von QKD in Forschungsnetzen.

Inhalt der Vorträge:

Der Workshop bestand aus drei Vorträgen. Zunächst wurde das Thema „Quantum Information Science“ (QIS) eingeführt. QIS ist ein Gebiet an der Schnittstelle von Physik und Informatik. Sie befasst sich mit der Frage, wie die Quantenphysik genutzt werden kann, um neue Wege der Datenverarbeitung, Kommunikation, Navigation, Bildgebung und Sensorik zu entwickeln.

Die Datenverarbeitung in Quantencomputern verwendet Quantenbits, bzw. Qubits, anstelle der klassischen Bits, die in herkömmlichen Computern eingesetzt werden. Qubits können sich in einem Superpositionszustand befinden und können mit anderen Qubits verschränkt werden, wodurch Quantencomputer bestimmte Probleme potenziell viel schneller lösen können als klassische Computer. Es wurde z.B. ausführlich auf die Anzahl der benötigten Qubits für den Shor-Algorithmus eingegangen. Aufgrund der empfindlichen Natur von Quantenzuständen und ihrer Anfälligkeit für Dekohärenz – das heißt, der Verlust ihrer Quanteneigenschaften durch Wechselwirkungen mit der Umgebung – ist die Fehlerkorrektur entscheidend für die Entwicklung praktikabler Quantencomputersysteme.

Hier bilden mehrere physikalische Qubits ein sogenanntes logisches Qubit. Durch die Implementierung von Fehlerkorrekturcodes wird die Quanteninformation des logischen Qubits redundant auf mehrere physikalische Qubits verteilt. Wenn einige dieser Qubits Fehler aufweisen, ermöglicht der Fehlerkorrekturcode, die ursprüngliche Information aus den verbleibenden, fehlerfreien Qubits zu rekonstruieren.

Der zweite Vortrag beleuchtete das Thema Quantenschlüsselaustausch beim DLR. Quantenschlüsselaustausch, auch bekannt als „Quantum Key Distribution“ (QKD), ist ein Verfahren, das auf den Prinzipien der Quantenmechanik basiert, um zwischen zwei Parteien einen sicheren Schlüssel austauschen zu können. QKD nutzt dabei Prinzipien der Quantenmechanik, um Informationen zu übertragen. Diese Prinzipien stellen sicher, dass jeder Abhörversuch erkannt wird. Abhörversuche verändern die quantenmechanischen Zustände, was den Kommunikationspartnern ermöglicht, das Vorhandensein eines Abhörers zu erkennen und sogar auf Basis physikalischer Gesetzmäßigkeiten zu beweisen, solange die Gesetze der Quantenmechanik gelten. Die Anwendung von QKD zeichnet sich derzeit im Bereich der Hochsicherheitskommunikation ab. Die Technologie befindet sich zwar noch in einem frühen Erprobungsstadium, es wird jedoch erwartet, dass QKD mit der Weiterentwicklung der Technologie und der Infrastruktur für Quantenkommunikation schon bald eine breitere Anwendung finden wird.

Der dritte Beitrag befasste sich mit dem Open-Source-Framework für Quantencomputing (Qiskit), das von IBM entwickelt wurde. Dieses ermöglicht Nutzern, Quantenprogramme zu schreiben, zu simulieren und auszuführen. Qiskit ist in Python aber auch zunehmend in Rust geschrieben und bietet eine zugängliche Plattform für Forscher und Entwickler, mit Quantenalgorithmen zu experimentieren und diese zu implementieren, insbesondere auf IBM's Quantencomputern über die IBM Cloud. Durch seine modulare und erweiterbare Architektur ermöglicht Qiskit Forschern und Entwicklern, neue Quantenalgorithmen zu entwickeln, bestehende Algorithmen zu testen, mit geeigneten Fehlerminderungstechniken zu implementieren und die grundlegenden Eigenschaften von kontrollierten Quantensystemen zu erforschen. Es

ist besonders hilfreich für diejenigen, die in die Quantenprogrammierung einsteigen möchten, da es viele Lehrmittel und Tutorials bietet.

Zusammenfassend hat die Quantentechnologie sehr große Potenziale, indem sie die einzigartigen Aspekte der Quantenmechanik nutzbar macht und zu Fortschritten führt, die die Computer-, Kommunikations- und Sensortechnologie grundlegend verändern können.