

Quantencomputing

Das Fraunhofer-Kompetenznetzwerk Quantencomputing ist die erste Anlaufstelle für alle, die am und mit dem Quantencomputer forschen wollen. In diesem Netzwerk haben sich Regionale Kompetenzzentren in sieben Bundesländern mit jeweils eigenen Forschungsschwerpunkten, die sich wiederum aus Fraunhofer-Instituten zusammensetzen, zusammengeschlossen. Das gemeinsame Ziel: Die Erforschung und Entwicklung von neuen technologischen Lösungen auf dem Gebiet des Quantencomputings.

Quantencomputing – die Zukunft ruft

Ein »Game Changer« – das Potenzial der Quantentechnologien ist kaum absehbar. Quantencomputing verspricht, im Vergleich zu klassischem Computing, eine exponentielle Beschleunigung ausgewählter Algorithmen sowie die Möglichkeit, komplexe Fragestellungen zu behandeln. Gemeinsam mit Prof. Dr. Manfred Hauswirth, Institutsleiter am Fraunhofer FOKUS, ist ITWM-Institutsleiterin Prof. Dr. Anita Schöbel für das Thema Quantencomputing bei Fraunhofer verantwortlich. In Kooperation mit IBM ist ein nationales Kompetenznetzwerk entstanden, das quantenbasierte Rechenstrategien für die nächste Generation an Hochleistungscomputern entwickelt.

Kompetenznetzwerk mit rheinland-pfälzischer Beteiligung

An unserem Institut wurde im August 2020 das rheinland-pfälzische Kompetenzzentrum »Quanten High Performance Computing« eröffnet. Wir bringen hier unsere Expertise aus den Bereichen Mathematik, Physik und High Performance Computing ein sowie unsere gute Vernetzung mit der Industrie. Am Kompetenzzentrum wird unter anderem abgeschätzt, unter welchen Voraussetzungen praxisrelevante Probleme auf Quantencomputern lösbar und für die Industrie anwendbar sind. Außerdem können durch den Cloud-Zugriff auf IBM Quantencomputer neue quantenbasierte Technologien, Anwendungsszenarien und Algorithmen erprobt werden. Wir konzentrieren uns dabei auf Quantenchemie, Finanz- und Energiewirtschaft sowie Materialsimulation, Quanten Bildverarbeitung und Quanten Maschinelles Lernen.

Fraunhofer betreibt »Quantum System One«

Quantencomputing ist seit Juni 2021 aber auch in Europa möglich: Gemeinsam mit IBM betreibt Fraunhofer den Quantencomputer Quantum System One unter hiesigem Datenschutzrecht. Er steht Unternehmen und Forschungsorgani-

sationen zur Verfügung, um anwendungsbezogenen Quantenalgorithmen zu entwickeln und zu testen sowie Know-how aufzubauen.

Lösungen für Bildung und Energie

Bereits 2018 startete das Fraunhofer-Leitprojekt »QUILT« (Quantum Methods for Advanced Imaging Solutions). In enger Zusammenarbeit mit der Industrie forschen sechs Fraunhofer-Institute gemeinsam an Bildgebungsverfahren im Terahertz-Spektralbereich auf Basis von Quantenoptik. Erste Erfolge, die Erzeugung geeigneter Photonenpaare, konnten bereits verzeichnet und die nächsten Schritte geplant werden. Forschende unseres Instituts nehmen in dem Projekt eine Schlüsselrolle beim Modellieren, Simulieren und Optimieren quantenbasierter berührungsfreier Methoden ein.

Ein weiteres Projekt ist das Verbundprojekt »EnerQuant«. Es nutzt die Vorteile von Quantencomputing für Optimierungsprobleme in der Energiewirtschaft. Vom Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi) gefördert, entwickeln Forschende Algorithmen für Qubit-basierte Quantencomputer und Quantensimulatoren. Diese sollen zur Lösung eines energie-wirtschaftlichen Fundamentalmodells mit stochastischen Einflussgrößen verwendet werden.



Weitere Informationen www.itwm.fraunhofer.de/quantencomputing



EnerQuant: Quantencomputing für die Energiewirtschaft

Komplexe Optimierungsprobleme mit vielen Variablen sind für klassische Computer schwierig zu lösen. Erst kürzlich haben bestimmte Quantencomputer bei der Lösung von Optimierungsproblemen vielversprechende Ergebnisse erzielt – mit dem Potenzial, selbst diskrete Variablen handhaben zu können. Im Verbundprojekt »EnerQuant: Energiewirtschaftliche Fundamentalmodellierung mit Quantenalgorithmien« nutzen unsere Forschenden aus den Abteilungen »Finanzmathematik« und »High Performance Computing« Vorteile von Quantencomputing für die Energiewirtschaft.

Optisches System zur Laserkühlung und Kontrolle von ultrakalten Natriumatomen im Labor am Kirchhoff-Institut für Physik Heidelberg.



getestet, um Fundamentalmodell und Quantensimulator sukzessive weiterzuentwickeln. Das langfristige Ziel: den deutschen Strommarkt hinreichend genau stochastisch zu modellieren.

Neue Potenziale nutzen

EnerQuant ermöglicht es, das Potenzial neuer Computing-Technologien für die energiewirtschaftliche Modellierung zu nutzen. Die Forschenden zeigen auf, wie Fundamentalmodelle formuliert werden, um die Rechenleistung von Quantensimulatoren einzusetzen, und leisten so langfristig einen Beitrag für die Weiterentwicklung der Energiesystemmodellierung. Die Ergebnisse fließen in die Software-Plattform des Partners JoS QUANTUM ein und sind nach Projektende für die Industrie verfügbar. Des Weiteren liefert EnerQuant eine Analyse des Potenzials von Quantencomputern und stellt dessen Effizienz in direkten Vergleich zu klassischer Hardware und alternativen Ansätzen zur Lösung von Optimierungsproblemen.

EnerQuant startete im September 2020 mit einer Laufzeit von drei Jahren und wird vom Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi) gefördert. Neben dem Fraunhofer ITWM sind auch das Fraunhofer IOSB-AST, die Universitäten Heidelberg und Trient sowie JoS QUANTUM Teil des Verbunds.

»Kurzgefasst entwickeln wir im Projekt EnerQuant Algorithmen für Qubit-basierte Quantencomputer und Quantensimulatoren zur Lösung eines energiewirtschaftlichen Fundamentalmodells mit stochastischen Einflussgrößen«, erklärt Dr. Kerstin Dächert, Mitarbeiterin der Abteilung »Finanzmathematik« am Fraunhofer ITWM und Projektkoordinatorin. Gemeinsam mit Kolleginnen und Kollegen aus der Abteilung »High Performance Computing« forschen sie und ihr Team im Verbundprojekt zusammen mit Universitäten und Unternehmen aus der Industrie.

Als Basis definieren die Forschenden ein einfaches Fundamentalmodell, welches sich in ein quantenmechanisches Problem übersetzen und auf einem Quantensimulator realisieren lässt. Dieser wird in einem Prototyp aus kalten Atomen implementiert und auf seine Leistungsfähigkeit

Kontakt

Dr. Kerstin Dächert
Abteilung »Finanzmathematik«
Telefon +49 631 31600-4989
kerstin.daechert@itwm.fraunhofer.de

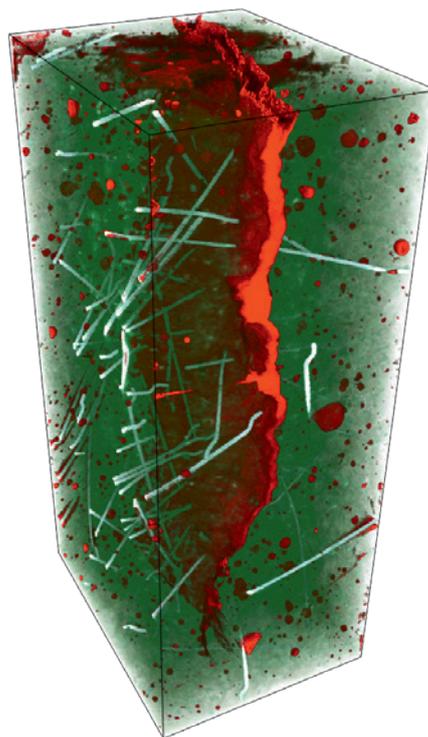


Mehr Information unter www.itwm.fraunhofer.de/enerquant

Betonbalken biegen und beobachten – Quantencomputing beschleunigt die Auswertung von CT-Daten

Höhere Auflösung, schnellere Kamerasysteme und neue Erfassungsmethoden – die Menge an Bilddaten wächst schneller als die Geschwindigkeit der Analysemethoden. Das stellt die industrielle Bildverarbeitung vor neue Herausforderungen. Abhilfe verspricht die Quanten-Bildverarbeitung. Beispielhaft lässt sich die Computertomographie nennen, in der es bereits konkrete Anwendungsszenarien gibt.

Gulliver, das Computertomographieportal der TU Kaiserslautern, ist eine einzigartige Versuchsanlage, in der es möglich sein wird, die innere Struktur von Betonbalken bei Biegeversuchen abzubilden. Je Experiment erzeugt Gulliver dabei ungefähr 120 GB bis zu 2 TB an Bilddaten. Ziel der aktuellen Forschung ist die Analyse der Strukturveränderungen, und zwar während des laufenden Versuchs.



3D-Visualisierung von Rissen in einer Stahlfaserbetonprobe

Theorie und Praxis einander annähern

Geschickte Nutzung der besonderen Eigenschaften von Qubits ermöglicht es prinzipiell, solche großen Bilddaten mit wenigen Qubits zu repräsentieren, z. B. 1024×1024 Pixel mit 21 Qubits. Würde man die bisher üblichen Filter- und Analysealgorithmen durch Quanten-Gegenstücke oder quantenphysikalische Pendants ersetzen, so wäre eine effizientere Verarbeitung dieser enormen Datenmengen möglich. Theoretisch könnten sowohl Speicher- als auch Rechenaufwand exponentiell reduziert werden.

Praktisch erfordern das Kodieren des Bildes und das Ausführen von Algorithmen sehr viele einzelne Quanten-Operationen. Deshalb sind aktuell die Ergebnisse einfacher Bildverarbeitungsschritte auf kleinen Bildern oft bis zur

Unkenntlichkeit verrauscht. Wie im Quantencomputing allgemein sind daher Rauschmodelle und Algorithmen, die möglichst wenige Basisoperationen benötigen, Gegenstand der aktuellen Forschung.

Kontakt

Dr. Katja Schladitz
Abteilung »Bildverarbeitung«
Telefon +49 631 31600-4625
katja.schladitz@itwm.fraunhofer.de



Weiterführende Informationen gibt es auf unserer Website unter www.itwm.fraunhofer.de/bv-materialcharakterisierung