



Pressemitteilung
29.01.2021

Nr. 5/2021

**Presse- und
Öffentlichkeitsarbeit**
Annika Bingmann
Leitung

Helmholtzstraße 16
89081 Ulm, Germany

Tel: +49 731 50-22121
Fax: +49 731 50-12-22020
pressestelle@uni-ulm.de
<http://www.uni-ulm.de>

19 Millionen Euro und Diamanten für optimierte Quantencomputer Universität Ulm an Verbundprojekten zum Quantencomputing beteiligt

Der Einsatzbereich des Quantencomputers beginnt, wo Superrechner an ihre Grenzen stoßen. Anwendungen des Quantencomputings reichen von komplexen Simulationen in der Batterieforschung oder Medikamentenentwicklung bis hin zur Kryptographie. Das enorme Potenzial dieser Zukunftstechnologie sieht auch das baden-württembergische Ministerium für Wirtschaft, Arbeit und Wohnungsbau. Ab sofort werden sechs Verbundprojekte rund um den Quantencomputer mit über 19 Millionen Euro gefördert. An drei der Verbundvorhaben sind Forschende der Universität Ulm federführend beteiligt. Die Projektideen wurden im Zuge eines Förderaufrufs des Kompetenzzentrums Quantencomputing Baden-Württemberg in Kooperation mit der Fraunhofer Gesellschaft eingereicht.

In den neuen Verbundprojekten ergründen Forschende von sechs Fraunhofer Instituten, 16 weiteren Forschungseinrichtungen – darunter die Universität Ulm sowie das Deutsche Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR) – und 40 Unternehmen als assoziierte Partner das Innovationspotenzial des Quantencomputings.

Für ihre wissenschaftliche Arbeit steht den Expertinnen und Experten exklusiv – im Rahmen des Fraunhofer-Kompetenznetzwerks – der seit Jahresbeginn in Ehningen installierte IBM-Quantencomputer „Q System One“ zur Verfügung. Solche Computer funktionieren nach den Gesetzen der Quantenmechanik wie dem Superpositions- und Verschränkungsprinzip. Im Gegensatz zu „normalen“ Rechnern lassen die Speichereinheiten („Qubits“) des Quantencomputers Überlagerungen und somit parallele Rechenoperationen zu, wodurch bestimmte Aufgabentypen schneller gelöst werden können. Bisherige Quantencomputer bestehen allerdings lediglich aus wenigen, in Registern zusammengefassten Qubits und funktionieren nur bei extrem tiefen Temperaturen. Daher ist die Entwicklung neuer, skalierbarer Architekturen für Quantencomputer ein wichtiges Ziel der auf zwei Jahre angelegten Verbundprojekte. Konkrete Anwendungsziele umfassen materialwissenschaftliche Simulationen oder auch die Optimierung von Produktionsprozessen und Anlageportfolios im Finanzwesen. Die Gesamtkoordination der neuen Projekte liegt bei den beiden Fraunhofer Instituten für Angewandte Festkörperphysik IAF (Freiburg) und für Arbeitswirtschaft und Organisation IAO (Stuttgart).

Expertise der Universität Ulm für den Quantencomputer

In das Verbundprojekt „QC-4-BW“ bringt das Institut für Quantenoptik der Universität Ulm seine Expertise ein. Insbesondere Institutsleiter Professor Fedor Jelezko und sein Stuttgarter Kollege Professor Jörg Wrachtrup gelten als führend in der Manipulation einzelner Farbzentren in künstlichen Diamanten. Basierend auf dieser Technologie wollen sie

gemeinsam mit Forschenden des Fraunhofer IAF und des Fraunhofer-Instituts für chemische Technologie ICT, von der Universität Konstanz und vom Karlsruher Institut für Technologie (KIT) neuartige, spinbasierte Quantenregister entwickeln. Dieser alternative Aufbau eines Quantencomputers soll skalierbar sein und bei deutlich höheren Temperaturen als beispielsweise das Ehninger „Q System One“ funktionieren. Ziel der ersten Projektphase ist ein 10-Qubit-Register, das über einen integrierten, langlebigen Quantenspeicher für die Fehlerkorrektur verfügt. „Schlüsselement unseres Quantenregisters sind optisch adressierbare Farbzentren in künstlichen Diamanten. Deren Elektronenspins werden als Ein- und Auslese Qubits genutzt. Durch gezielte Material- und Spinkontrollen soll die Verkopplung mehrerer Qubits untereinander und mit dem integrierten Speicher für quantenmechanische Zustände gelingen“, erklärt Professor Jelezko. Die Leistungsfähigkeit dieses spinbasierten Quantenregisters wird letztlich mit dem Quantencomputer in Ehningen verglichen, der auf supraleitenden Resonator-Schaltkreisen beruht.

Die zweite Projektphase wird im Zeichen der Skalierung des spinbasierten Quantenregisters stehen. Ein optischer Mikroresonator bildet die Grundlage für die Kopplung mehrerer Register zu einem Quantenprozessor, der über ein Volumen von mehr als 30 Qubits verfügt. Ein solcher alternativer Quantencomputer könnte für quantenchemische Simulationen in der Wissenschaft oder in der chemisch-pharmazeutischen Industrie genutzt werden. Dabei soll der neuartige Rechner eine möglichst vollständige Fehlerkorrektur erreichen. Professor Jelezko kann sich sogar eine Kopplung dieses spinbasierten Systems mit „herkömmlichen“ Quantencomputern oder sogar klassischen Rechnern vorstellen.

Theoretische Grundlagen für einen spinbasierten Quantencomputer werden in einem weiteren Projekt („SiQuRe“) gelegt. Gemeinsam mit Forschenden vom Fraunhofer Institut für Werkstoffmechanik IWM und von der Universität Freiburg will der Ulmer Physik-Professor Joachim Ankerhold herausfinden, inwieweit sich als Qubits adressierbare Diamant-Farbzentren periodisch anordnen lassen. Die regelmäßige Anordnung solcher Farbzentren ist die Voraussetzung für den Aufbau von Qubit-Registern für einen skalierbaren Quantencomputer. „Mit Modellen und Simulationsmethoden der theoretischen Quantenphysik wollen wir ausloten, ob – und gegebenenfalls mit welcher Genauigkeit und welcher Leistungsfähigkeit – Quantencomputer auf kristallbasierten Plattformen laufen können. Dafür müssen wir herausfinden, welche Quanteneigenschaften bei welcher Registergröße inwiefern kontrolliert werden können“, erklärt Professor Ankerhold. „Aus diesen Erkenntnissen ergeben sich die Anforderungen an eine spinbasierte Hardware für Quantencomputer“, so der Leiter des Instituts für Komplexe Quantensysteme weiter. Bei ihrer wissenschaftlichen Arbeit setzen die Forschenden unter anderem auf den Ulmer Supercomputer JUSTUS 2.

In einem zweiten Schritt sollen die auf klassischen Rechnern entwickelten Modelle auf den Ehninger Quantencomputer übertragen werden. Auf diese Weise wollen die Forschenden überprüfen, inwiefern sich „Q System One“ für die Bearbeitung materialwissenschaftlicher Fragestellungen eignet. Ein Industriepartner mit großem Interesse am Ergebnis ist die Leichtbau BW GmbH.

Partner der Universität Ulm: Mit Quantencomputing zu optimierten Batterien

Lassen sich Batterien und Brennstoffzellen mithilfe von Quantencomputing optimieren? Anhand von Simulationen will das Verbundvorhaben „QuEST“ das Materialdesign dieser Energiespeicher auf die nächste Ebene heben. Der Schwerpunkt liegt auf der

atomistischen Modellierung von elektrochemischen Energiesystemen. Als Partner des Helmholtz Instituts-Ulm (HIU) wird das Projekt am Institut für Technische Thermodynamik des Deutschen Zentrums für Luft- und Raumfahrt (DLR) von PD Dr. Birger Horstmann geleitet. Am HIU, gegründet von der Uni Ulm, dem KIT und weiteren Partnern, wird an Batterien geforscht. Eine weitere Verbindung besteht über das Ulmer Quantentechnologie-Institut des DLR. Neben dem Kommissarischen Institutsdirektor Professor Wolfgang Schleich, Leiter des Instituts für Quantentechnologien an der Universität Ulm, steht die Projektleiterin Dr. Sabine Wölk für den Brückenschlag zum DLR. Im Projekt QuEST kooperieren diese Ulmer Forschenden mit dem Fraunhofer-Institut IWM.

Die drei weiteren Verbundprojekte befassen sich mit dem Software-Engineering hybrider Quantenanwendungen, der Quantenoptimierung mit Algorithmen oder der Stabilitätsanalyse gekoppelter Netzwerke.

Das von den beiden Fraunhofer-Instituten IAF und IAO koordinierte „Kompetenzzentrum Quantencomputing BW“ ist das erste seiner Art und gehört einem bundesweiten Kompetenznetzwerk an. Die Landesregierung stellt für den Aufbau des Kompetenzzentrums und die Verbundprojekte von 2020 bis 2024 insgesamt 40 Millionen Euro zur Verfügung. Dank einer Kooperation der Fraunhofer-Gesellschaft und IBM steht den Partnern im Kompetenznetzwerk exklusiv der leistungsfähige Quantencomputer in Ehningen zur Verfügung.

Verbundprojekte und Partner im Überblick:

<https://www.iaf.fraunhofer.de/KQC>

Zum Fraunhofer Kompetenznetzwerk Quantencomputing:

www.quantencomputing.fraunhofer.de

Hintergrund Universität Ulm:

Im interdisziplinären Schwerpunkt Quanteninformation und -technologie ergründen Forschende der Universität Ulm quantenphysikalische Phänomene in Theorie und Experiment. Übergeordnetes Ziel ist die vollständige Kontrolle von Quantensystemen – von der Quantensensorik bis zum Quantencomputer.

Im Zentrum Integrated Quantum Science and Technology (IQST), einem deutschlandweit einmaligen, interdisziplinären Zusammenschluss, sind diese Forschungsaktivitäten gebündelt. Dabei überschreiten Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler aus Ulm und Stuttgart immer öfter die Grenzen der Physik. Die Aktivitäten des IQST werden durch das neu am Standort Ulm etablierte Institut zum Thema Quantentechnologien in Raumfahrtanwendungen (DLR-QT) ergänzt. Zudem ist das Forschungsfeld Quanten-Biowissenschaften an der Ulmer Universität entstanden und im eigens errichteten Zentrum für Quanten- und Biowissenschaften (Z^{QB}) beheimatet. <https://www.igst.org>

Weitere Informationen (Universität Ulm):

Prof. Dr. Joachim Ankerhold: Tel.: 0731 50-22831, joachim.ankerhold@uni-ulm.de

Prof. Dr. Fedor Jelezko: Tel.: 0731 50-23750, fedor.jelezko@uni-ulm.de

Prof. Dr. Wolfgang Schleich: Tel.: 0731 50-23080, wolfgang.schleich@uni-ulm.de



Vorschlag Bildunterschriften:

-IBM_System_One (Foto: Andrew Lindemann): Quantencomputer des IT-Unternehmens IBM

-Ankerhold (Foto: Eberhardt/Uni Ulm): Prof. Joachim Ankerhold leitet das Institut für Komplexe Quantensysteme der Universität Ulm

-Jelezko (Foto: Eberhardt/Uni Ulm): Prof. Fedor Jelezko, Leiter des Ulmer Instituts für Quantenoptik

Als junge Forschungsuniversität widmet sich die **Universität Ulm** globalen

Herausforderungen: 12 strategische und interdisziplinäre Forschungsbereiche orientieren sich an den übergeordneten Themen Alterung, Nachhaltigkeit, Technologie der Zukunft sowie Mensch und Gesundheit (www.uni-ulm.de/forschung). Die Forschungsstärke der Universität Ulm belegen hohe Drittmittelaufnahmen und zahlreiche große Verbundprojekte wie Sonderforschungsbereiche und ein Exzellenzcluster.

1967 als medizinisch-naturwissenschaftliche Hochschule gegründet, verteilen sich heute mehr als 10 000 Studierende auf die Fakultäten „Medizin“, „Naturwissenschaften“, „Mathematik und Wirtschaftswissenschaften“ sowie „Ingenieurwissenschaften, Informatik und Psychologie“.

Über 60 Studiengänge, darunter eine steigende Anzahl englischsprachiger Angebote, bieten hervorragende berufliche Perspektiven. Dabei ist die Universität Ulm international wie regional bestens vernetzt.

Die Universität Ulm ist Motor und Mittelpunkt der Wissenschaftsstadt mit außeruniversitären Forschungseinrichtungen, Kliniken der Maximalversorgung und Technologie-Unternehmen. Der Standort inmitten einer wirtschaftsstarken Region bietet exzellente Bedingungen für den Technologie- und Wissenstransfer.

Im Mai 2018 ist die neue EU-weite Datenschutz-Grundverordnung in Kraft getreten, die eine Überprüfung datenschutzrechtlicher Regelungen nötig macht. Gerne möchten wir Ihnen weiterhin Pressemitteilungen und Medieneinladungen der Universität Ulm zusenden. Sollten Sie jedoch kein Interesse mehr an diesen Informationen haben, löschen wir Sie natürlich umgehend aus unseren Verteilern. Senden Sie hierzu bitte eine Mail mit dem Betreff „Abmeldung“ an die Adresse pressestelle@uni-ulm.de. Sollten wir keine Nachricht von Ihnen bekommen, belassen wir Ihren Kontakt zunächst in unseren Verteilern.