



Baden-Württemberg

MINISTERIUM FÜR WIRTSCHAFT, ARBEIT UND WOHNUNGSBAU

Geförderte Verbundforschungsprojekte im Rahmen des Kompetenzzentrums Quantencomputing Baden-Württemberg

➤ **Entwicklung und Benchmarking eines Diamant-basierten, spintronischen Quantenregisters für einen aufskalierbaren Quantenprozessor (QC-4-BW)**

Das Verbundprojekt QC-4-BW verfolgt das Ziel, eine völlig neuartige Generation von Spin-basierten Quantenregistern zu entwickeln und einen Vergleich der Leistungsdaten von Spin-basierten mit supraleitenden Qubit-Technologien für den Einsatz in anwendungsrelevanten Quantencomputern zu ermöglichen. Spin-basierte Quantenregister sind die Verkopplung mehrerer durch das magnetische Moment einzelner Elektronen dargestellter quantenmechanischer Basissysteme (QuBits), mit einem integrierten Speicher für quantenmechanische Zustände. Das Schlüsselement des Quantenregisters ist ein optisch adressierbares Farbzentrum (sogenannte Stickstoff-Vakanz-Zentren bzw. NV-Zentren) in Diamantkristallen. Im Rahmen des Vorhabens soll ein 10 Qubit Quantenregister entwickelt werden, das sich dadurch auszeichnet, als einziges bisher realisiertes Register auch über einen zusätzlichen integrierten, langlebigen Quantenspeicher zu verfügen.

Projektpartner:

- Fraunhofer-Institut für Angewandte Festkörperphysik IAF, Freiburg
- Fraunhofer-Institut für Chemische Technologie ICT, Pfinztal
- Karlsruher Institut für Technologie, Physikalisches Institut
- Karlsruher Institut für Technologie, Institut für Theorie der Kondensierten Materie
- Universität Stuttgart, 3. Physikalisches Institut
- Universität Ulm, Institut für Quantenoptik

Zuwendung des Wirtschaftsministeriums: 6.951.398 Euro

➤ **SiQuRe – Modellierung und Simulation von Qubit-Registern aus Ketten von NV-Zentren auf Versetzungen in Diamant**

Das Verbundvorhaben SiQuRe untersucht mit quantenphysikalischen Modellen und Simulationsberechnungen, inwieweit sich als Qubits adressierbare Farbzentren in Diamantkristallen in einer größeren Anzahl regelmäßig anordnen und als Qubit-Register für den Aufbau von Quantencomputern nutzen lassen. Perspektivisch soll das Projekt die Frage beantworten, welche für das Quantencomputing unverzichtbaren Quanteneigenschaften unter Zugrundelegung realer Materialeigenschaften bei welcher Registergröße zu welchem Grade kontrolliert erzielbar sind und welche Anforderungen hieraus an Diamant-NV-basierte Quantencomputing-Hardware folgen.

Projektpartner:

- Fraunhofer-Institut für Werkstoffmechanik IWM, Freiburg
- Universität Ulm, Institut für Komplexe Quantensysteme
- Albert-Ludwigs-Universität Freiburg, Physikalisches Institut

Zuwendung des Wirtschaftsministeriums: 1.529.139 Euro

➤ **QuEST – IBM-Quantencomputer: Materialdesign für elektrochemische Energiespeicher und –wandler mit innovativen Simulationstechniken“**

Ziel des Verbundvorhabens QuEST ist es, das Quantencomputing für den Einsatz in Materialsimulationen von elektrochemischen Energiesystemen zu untersuchen. Das Projekt konzentriert sich dabei auf zwei Schlüsselbereiche der atomistischen Modellierung von Batterien und Brennstoffzellen. Die beiden Schlüsselbereiche beinhalten zum einen die Berechnung thermodynamischer Eigenschaften von festen Elektrodenmaterialien sowie zum anderen die Simulation elektrochemischer Reaktionen in flüssigen Elektrolyten.

Projektpartner:

- DLR-Institut für Technische Thermodynamik / Helmholtz-Institut Ulm
- Fraunhofer-Institut für Werkstoffmechanik IWM, Freiburg
- DLR-Institut für Quantentechnologien, Ulm

Zuwendung des Wirtschaftsministeriums: 1.492.061 Euro

➤ **SEQUOIA – Software Engineering industrieller, hybrider Quantenanwendungen und -algorithmen**

Im Projekt SEQUOIA werden neue Methoden, Werkzeuge und Vorgehensweisen für das Quantencomputing erforscht, entwickelt und erprobt, um zukünftig die industrielle Nutzung in verschiedenen Anwendungsbereichen wie zum Beispiel in der Fertigung, der Entwicklung, oder der Logistik zu ermöglichen. Im Fokus stehen hybride Quantenanwendungen und -algorithmen sowie ein Quantensoftware-Komponentenbaukasten als Grundlage für die Umsetzung von Anwendungskomponenten, Demonstratoren und das Software-Engineering.

Projektpartner:

- Fraunhofer-Institut für Arbeitswirtschaft und Organisation IAO, Stuttgart
- Fraunhofer-Institut für Produktionstechnik und Automatisierung IPA, Stuttgart
- Fraunhofer-Institut für Angewandte Festkörperphysik IAF, Freiburg
- Forschungszentrum Informatik FZI, Karlsruhe
- Universität Stuttgart, Höchstleistungsrechenzentrum HLRS
- Universität Stuttgart, Institut für Architektur von Anwendungssystemen IAAS
- Eberhard-Karls-Universität Tübingen, Lehrstuhl für Eingebettete Systeme

Zuwendung des Wirtschaftsministeriums: 6.162.226 Euro

➤ **QORA – Quantenoptimierung mit resilienten Algorithmen**

Ziel des Verbundprojekts QORA ist die Entwicklung von Optimierungsverfahren für portfoliobezogene Entscheidungen. Für Unternehmen wird die Fähigkeit, schnell optimale Entscheidungen zu treffen, zunehmend zu einem maßgeblichen Wettbewerbsvorteil. Quantencomputer können perspektivisch konventionelle Rechner bei Optimierungsverfahren übertreffen. Im Projekt werden daher solche Optimierungs-Algorithmen entwickelt und in der Praxis erprobt.

Projektpartner:

- Fraunhofer-Institut für Angewandte Festkörperphysik IAF, Freiburg
- Duale Hochschule Baden-Württemberg, Ravensburg
- Eberhard-Karls-Universität Tübingen, Institut für Theoretische Physik
- Universität Konstanz, Fachbereich Physik
- Universität Stuttgart, Institut für Funktionelle Materie und Quantentechnologien
- Universität Stuttgart, Institut für Technische Informatik

Zuwendung des Wirtschaftsministeriums: 2.546.908 Euro

➤ **EFFEKTIF – Verbesserung der Effizienz von Stabilitätsanalysen und Fehlerkorrekturprotokollen für klassische, miteinander gekoppelte kritische Infrastrukturnetzwerke**

Ziel des Verbundvorhabens EFFEKTIF ist es, mit Hilfe von Quantencomputing-Verfahren die Verbesserung der Effizienz von Stabilitätsanalysen und Fehlerkorrekturprotokollen für klassische, endliche, vielfach verbundene und miteinander gekoppelte Netzwerke von kritischen Infrastrukturen in der Energieversorgung zu erreichen. Darüber hinaus soll eine Machbarkeitsstudie zur Beschleunigung von Echtzeitsimulationen durchgeführt und Möglichkeiten zur Einbindung von Algorithmen der künstlichen Intelligenz evaluiert werden.

Projektpartner:

- Fraunhofer-Institut für Kurzzeitdynamik, Ernst-Mach-Institut EMI, Freiburg und Efringen-Kirchen
- Physikalisches Institut, Albert-Ludwigs-Universität Freiburg

Zuwendung des Wirtschaftsministeriums: 786.117 Euro