



# 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.

# Kaiserslautern als exzellenter Standort für Quantencomputing (QC)

Seit 2020 steht das Kompetenzzentrum Quantencomputing am Fraunhofer ITWM für Forschung der Zukunftstechnologie. Es bündelt aktuell rund 15 Projekte mit verschiedensten Ausrichtungen und legt seinen Fokus auf Quanten High Performance Computing. Von Quantenchemie über Finanzmathematik, Projekten mit Energieschwerpunkt über Materialsimulation bis hin zur Bildverarbeitung – alle Projekte gehen der Frage nach, wie und wo quantenbasierte Rechenstrategien zum Einsatz kommen und welche komplexen Fragestellungen damit (besser) gelöst werden können.

Das Zentrum ist eines von inzwischen acht, die zusammen das deutschlandweite Fraunhofer-Kompetenznetzwerk Quantencomputing bilden. Sie tragen dazu bei, die internationale Wettbewerbsfähigkeit von Unternehmen in Deutschland zu stärken. Auch Grundlagenschulungen oder Workshops für Quanten Maschinelles Lernen (QML) gehören inzwischen zum Repertoire des Kompetenzzentrums, darunter auch zwei zertifizierte Schulungsreihen im internen Fraunhofer-Projekt »Quantum Technology Professional«. Unsere Abteilung »Finanzmathematik« gibt darüber hinaus spezifische Schulungen für die Finanzwelt.

## Quantencomputing als Investition in die Zukunft

Dr. Valeria Bartsch leitet die abteilungsübergreifende QC-Gruppe von Beginn an. Das Kernprojekt nennt sich AnQuC – kurz für Anwendungsorientiertes Quantencomputing. Es ist bereits Phase drei von AnQuC. »Sie haben die Anschubfinanzierung gut genutzt«, betonte der Rheinland-Pfälzische Wissenschaftsminister Clemens Hoch bei der Bescheidübergabe. In der nächsten Förderphase vertiefen die Forschenden die Arbeitspakete. Dazu gehört auch, weitere Anwendungen zu identifizieren – eine Strategie, die auch der Industrielle Beirat bestärkt. Er besteht aus Vertretenden von BASF, Debeka, der Deutschen Bahn und Schaeffler.



*Knapp drei Mio. Euro für das Angewandte Quantencomputing am Fraunhofer ITWM: Wissenschaftsminister Clemens Hoch übergibt den Förderbescheid an Institutsleiterin Prof. Dr. Anita Schöbel.*

»Die Technologie galt vor Jahren noch als großes Versprechen weit in der Zukunft. Auch jetzt ist noch vieles offen, deshalb braucht es unsere Forschung«, so Bartsch. »Aber bereits in naher Zukunft werden wir in der Lage sein, abzuschätzen wie ein Weg zur Quantenüberlegenheit in der Industriepraxis aussehen kann. Wir sind bereits in Verhandlungen mit Unternehmen zu weiteren Projekten.«

Bartsch wurde zudem 2022 in den Vorstand des Arbeitskreises »High Performance und Quantum Computing« der Bitkom gewählt. »Das Ziel der Gruppe ist es vor allem auch kleine Firmen über die Bedeutung von Höchstleistungsrechnen und Quantencomputing zu informieren und den Zugang zu erleichtern«, so die Expertin.

## Kontakt

Dr. Valeria Bartsch  
Teamleiterin Next Generation  
Computing – Quanten Computing  
Telefon +49 631 31600-4741  
valeria.bartsch@itwm.fraunhofer.de



[www.itwm.fraunhofer.de/quantencomputing](http://www.itwm.fraunhofer.de/quantencomputing)



© freepik

# 15

## Projekte mit vielfältigen Ausrichtungen

### »QUIP« sorgt für internationalen Quantennachwuchs

Eins der neuen Projekte ist »QUIP«. Die Quanten-Initiative Rheinland-Pfalz stellt den wissenschaftlichen Nachwuchs in den Mittelpunkt. Im Zusammenschluss der Johannes Gutenberg-Universität Mainz (JGU), dem Deutschen Forschungszentrum für Künstliche Intelligenz (DFKI) und dem Fraunhofer ITWM ist das Ziel junge Forschende mit konkreten Maßnahmen für das Wirtschaftsfeld »Quantencomputing« fit zu machen. Die Initiative wird vom Rheinland-Pfälzischen Ministerium für Wissenschaft und Gesundheit (MWG) gefördert und bietet ein detailliertes und breites Forschungsprogramm zur Aus- und Weiterbildung sowie Vernetzung.

Besonders wichtig: Internationale Menschen auch für den Standort zu begeistern. »Wir ermutigen Studierende sich bei uns in Rheinland-

Pfalz einzubringen«, so Dr. Xiaoyin Cheng, Projektleiterin am Fraunhofer ITWM. »Zum Beispiel in unserem Quanten-Graduiertenzentrum, ein zentrales Element von QUIP. Alle Promovierenden mit Themen »Quantencomputing« oder »Quantentechnologien« sind eingeladen, sich hierfür zu bewerben. Wir unterstützen sie aktiv mit individuellen Fortbildungen und einem breiten Programm«.

Den Auftakt zu den QUIP-Veranstaltungen bildete im Juni 2023 ein zweitägiger Workshop mit Postersession und mehreren Gastvorträgen. Zudem organisieren die Verantwortlichen zukünftig regelmäßig Sommer- und/oder Winterschulen und Praktika. Außerdem ermöglichen Forschungsaufenthalte Einblicke in die QC-Arbeiten an den beteiligten Einrichtungen.



[www.itwm.fraunhofer.de/quip](http://www.itwm.fraunhofer.de/quip)

### Kontakt

Dr. Xiaoyin Cheng  
Projektleiterin »QUIP«  
Telefon +49 631 31600-4860  
[xiaoyin.cheng@itwm.fraunhofer.de](mailto:xiaoyin.cheng@itwm.fraunhofer.de)



### »Rymax« baut Quantencomputing-Demonstrator

In dem vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) geförderten Projekt entwickeln wir gemeinsam mit unseren Projektpartnern einen Quantencomputing-Demonstrator auf Basis von Rydberg-Atomen – den Rymax One. Die Vision: Optimierungsprobleme, zum Beispiel in der Logistik, schneller und besser lösen.

Das Akronym »Rymax« setzt sich aus folgenden Bestandteilen zusammen: RY steht für Rydberg-Atome – eine vielversprechende Möglichkeit, Quantencomputer zu realisieren – und MAX beschreibt, dass das Team das Maximum aus dieser Technologie herausholen

möchte. Der Quantencomputer selbst entsteht in dem neu errichteten RPTU-Forschungsbau »Laboratory for Advanced Spin Engineering« (LASE) auf dem Universitätscampus Kaiserslautern und an der Universität Hamburg.

Gemeinsam verfolgen wir das Ziel einen Quantencomputer zu entwickeln, der in der Lage ist, Optimierungsprobleme möglichst effizient zu lösen – etwa in der praktischen Anwendung bei Logistikabläufen, Lieferketten und Prozessoptimierung. Unser Institut bildet dabei die Brücke zwischen den Technologiepartnern, die den Quantencomputer konstruieren und



der Anwendungspartner. Die Hamburger Hafen und Logistik AG sowie die OTTO Gruppe steuern die Praxiserfahrung bei.

Quantencomputer haben das Potenzial, bestimmte mathematische Probleme besser und schneller zu lösen als klassische, digitale Computer – eine große Herausforderung, dafür aber auch eine riesige Chance für uns als Institut für Angewandte Mathematik.

Unsere Aufgabe im Projekt »Rymax« ist es, die praktischen Anwendungsfälle der assoziierten Industriepartner geeignet zu modellieren sowie passende Algorithmen und Software bereitzustellen, um dieses Potenzial möglichst gut auszuschöpfen. Seitens des Fraunhofer ITWM bringen Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler aus den Bereichen »High Performance Computing« (HPC) und »Optimierung« (OPT) ihre Expertise mit ein.



[www.itwm.fraunhofer.de/rymax](http://www.itwm.fraunhofer.de/rymax)

### »EniQmA« – Hybrides Quantencomputing trifft auf Anwendungsfälle

Die bisher als »industriell relevant« identifizierten Anwendungen im Bereich Quantencomputing sind fast immer hybrid. Das heißt die klassischen Systeme kommen in Kombination mit Quantenschaltkreisen zum Einsatz. Im August 2022 gestarteten Projekt »EniQmA« (Ermöglichung hybrider Quantum-Anwendungen) arbeiten wir daran, diese hybriden Prozesse gezielt zu systematisieren.

»Wir unterstützen bei der strukturierten Entwicklung hybrider Quantenanwendungen durch Software, Methoden und Werkzeuge«, erklärt Projektleiterin Dr. Valeria Bartsch. »Konkret heißt das: Wir helfen bei der Orchestrierung klassischer Software und Quanten-Software. Dafür schafft unser EniQmA-Team ein Set an Tools für den gesamten Lebenszyklus hybrider Quantenanwendungen.« Im Projekt geschieht dies anhand konkreter industrieller Use Cases. In der ersten Phase sind die großen Anwendungsschwerpunkte: Risikoanalyse und Auffäl-

ligkeitsdetektion in Produktionsprozessen. Seitens unseres ITWM-Teams bringen Forschende aus den Bereichen »High Performance Computing«, »Finanzmathematik«, »Strömungs- und Materialsimulation« und »Bildverarbeitung« ihre Expertise mit ein. Außerdem dabei sind das Fraunhofer-Institut für Offene Kommunikationssysteme FOKUS, die Universität Stuttgart, die Freie Universität Berlin, die umlaut Solutions GmbH und die Deutsche Bahn/DB Systel GmbH sowie über 20 assoziierte Partner.

Das gemeinsam gewonnene Wissen ermöglicht es der Fraunhofer-Gesellschaft zukünftig das Angebot zu Quantencomputing auszubauen und genauer zu definieren. Interessierte Unternehmen können sich dann an die Kompetenzzentren wenden, um sich umfassend zu den verschiedenen Aspekten der hybriden QC-Algorithmen beraten zu lassen und ihre eigene industrielle QC-Forschungsprojekte voranzutreiben.

#### Kontakt

Dr. Valeria Bartsch  
Projektleiterin »EniQmA«  
Telefon +49 631 31600-4741  
[valeria.bartsch@itwm.fraunhofer.de](mailto:valeria.bartsch@itwm.fraunhofer.de)



[www.itwm.fraunhofer.de/eniqma](http://www.itwm.fraunhofer.de/eniqma)

# Quantencomputing optimiert Anlage-Portfolio von Versicherungsunternehmen

Asset-Allokation gehört seit Jahren zu einem Schwerpunkt der Abteilung »Finanzmathematik«. Darunter versteht man das Aufteilen eines Vermögens auf verschiedene Anlageklassen wie Anleihen, Aktien, Immobilien, Währungen und Edelmetalle. Unsere Mathematik unterstützt bereits im Portfoliomanagement der R+V Lebensversicherung AG. Im BMBF-Projekt »QuSAA – Quantenalgorithmien für Strategische Asset Allokation« untersucht ein Team um Dr. Pascal Halffmann und Dr. Ivica Turkalj jetzt zudem mögliche neue Wege mit Quantencomputing.

Viele Unternehmen und Investoren stehen mindestens einmal im Jahr vor der Frage, wie ihr vorhandenes Kapital im kommenden Jahr am besten angelegt wird. Hierbei umfasst die Bewertung »am besten« mehrere Punkte, bei denen die jeweiligen Zielsetzungen miteinander in Einklang gebracht werden müssen. Besonders in Anbetracht mehrerer Krisen und ökonomischer Unsicherheiten ist es aktuell komplexer denn je diese Entscheidungen zum Portfolio zu treffen. Unsere Algorithmen und Software helfen dabei.

## Spezialfall Asset-Allokation von Versicherungsunternehmen

Versicherungsunternehmen ist es wichtig, langfristig eine möglichst hohe Rendite bei einem definierten Risikoniveau zu erzielen. Dabei gelten für Versicherungen aber spezielle Rahmenbedingungen, die bei jeder Berechnung berücksichtigt werden müssen: Unter dem Namen »Solvency II« erließ die EU 2009 eine Richtlinie, die seit 2016 für alle Versicherungen gilt. »Solvency II stellt insbesondere Anforderungen an die Eigenmittelausstattung des Unternehmens und ist somit eine weitere wichtige Zielfunktion in der Asset-Allokation und unserer Arbeit«, beschreibt Halffmann. »Wir haben gemeinsam mit der R+V Lebensversicherung AG bereits einen eigenen Ansatz der strategischen Asset-Allokation implementiert.

Dieser berücksichtigt einerseits die Solvenzquote im Rahmen von Solvency II und bezieht andererseits viele weitere relevante Portfolio-merkmale mit ein.«

Klingt bereits nach einer erfolgreichen Zusammenarbeit, aber was hat das mit Quantencomputing zu tun? »Mathematisch gesehen, formulieren wir ein Optimierungsproblem, indem wir schrittweise die Komplexität der Zielfunktionen vereinfachen«, so der Forscher. Dabei basieren die für die Optimierung notwendigen Daten der Anlageklassen auf Schätzwerte aus sehr rechenaufwändigen Simulationen. Da kommen die Quantencomputer zum Zug, denn im Projekt wird untersucht, inwieweit das Rechnen auf Quantencomputern dazu beitragen kann, die Komplexität des Problems besser zu beherrschen und robustere Ergebnisse zu liefern. Doch das »Wie« muss erst noch gefunden werden.

## Quantenzukunft: Be ready, when it's ready

Halffmann ist Forschungskordinator »Quantencomputing« in der Abteilung »Finanzmathematik«: »Wir bekommen im Projekt ein Gefühl dafür, ob solche Probleme noch effizienter auf Quantencomputern zu lösen sind und wo das überhaupt Sinn macht. Denn das ist eine völlig neue Herangehensweise an Optimierungsprobleme.« Der promovierte Mathematiker ist seit



Wir bekommen im Projekt ein Gefühl dafür, ob Probleme noch effizienter auf Quantencomputern zu lösen sind und wo das überhaupt Sinn macht.«

**Dr. Pascal Halffmann**

Forschungskordinator »Quantencomputing«  
in der Abteilung »Finanzmathematik«

2021 am Fraunhofer ITWM und arbeitet sich seitdem durch verschiedene Projekte in die Quantenwelt ein. »Das Besondere an diesem Anwendungsprojekt: Unser Domänenwissen ist bereits Jahre erprobt, es muss nicht erst aufgebaut werden. Zu dieser Basis gehört auch die Partnerschaft mit R+V, die seit 2008 besteht. Wir kennen die Richtlinien und das Unternehmen. Das sind gute Grundlagen, um gemeinsam neue QC-Ansätze zu finden«. Im Projekt QUSAA ist noch bis Mitte 2024 Zeit die neuen Modelle und Algorithmen zu entwickeln sowie die Quantenhardware auf Herz und Qubit-Nieren zu testen. Neben der R+V Lebensversicherung AG ist auch das Quanten-Startup JoS QUANTUM GmbH mit an Bord.

Beim Blick in die Quantenzukunft ist Halffmann zurückhaltend optimistisch: »Die neue Technologie hat viel Potenzial, dennoch sind wir noch ein gutes Stück davon entfernt, einen echten Quantenvorteil in der Praxis zeigen zu können – auch in diesem Projekt. Das braucht einfach Zeit, bis wir mit dieser neuen Technologie so weit sind wie bei Hochleistungsrechnern.

Aber es ist großartig von Anfang an dabei zu sein. Denn für alle heißt es jetzt Be ready, when it's ready.« Forschung und Industrie wollen vorbereitet sein, wenn dieser Zeitpunkt kommt, und die unterschiedlichen QC-Projekte bereiten den Weg.

### Kontakt

Dr. Pascal Halffmann  
Forschungskordinator »Quantencomputing« in der Abteilung  
»Finanzmathematik«  
Telefon +49 631 31600-4110  
[pascal.halffmann@itwm.fraunhofer.de](mailto:pascal.halffmann@itwm.fraunhofer.de)



[www.itwm.fraunhofer.de/qc-fm](http://www.itwm.fraunhofer.de/qc-fm)