

**KOMPETENZZENTRUM QUANTENCOMPUTING  
BADEN-WÜRTTEMBERG**

QU

BIT



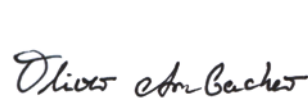
# KOMPETENZZENTRUM QUANTENCOMPUTING BADEN-WÜRTTEMBERG

Um die anwendungsnahe Forschung zum Quantencomputing voranzutreiben, gründet die Fraunhofer-Gesellschaft in Zusammenarbeit mit IBM Deutschland ein nationales Netzwerk mit Kompetenzzentren in sieben Bundesländern. In Baden-Württemberg ist das Kompetenzzentrum »Quantencomputing« im Februar 2020 gestartet und wird gemeinsam vom Fraunhofer-Institut für Angewandte Festkörperphysik IAF in Freiburg und dem Fraunhofer-Institut für Arbeitswirtschaft und Organisation IAO in Stuttgart koordiniert.

Das Kompetenzzentrum besitzt seit April 2020 Cloud-Zugriff auf IBM-Quantencomputer in den USA. Ab Januar 2021 wird ein Quantenrechner mit Standort in Baden-Württemberg in Betrieb genommen, der unter deutschem Recht operiert. Beide Systeme befinden sich auf dem höchsten Stand der Technik und bieten der hiesigen Wirtschafts- und Innovationslandschaft eine Vielzahl an anwendungsbezogenen Entwicklungen. Gleichzeitig eröffnet sich für Wirtschaft und Wissenschaft großes Potential für den Kompetenzaufbau und Wettbewerbsvorteile im Bereich Next Generation Computing.

Ziel des Kompetenzzentrums ist es, mit Quantencomputing eine entscheidende Zukunftstechnologie erfolgreich zu gestalten sowie durch den frühzeitigen Aufbau von Fachkompetenzen in Baden-Württemberg und Deutschland schon heute an der Wertschöpfung dieser neuen Technologie teilzuhaben. Hierfür erhalten Mitglieder und Partner des Kompetenzzentrums aus Forschung und Industrie Zugriff auf die IBM-Quantencomputer und können von einem Schulungsangebot, das derzeit vom Fraunhofer IAF und Fraunhofer IAO aufgebaut wird, profitieren.

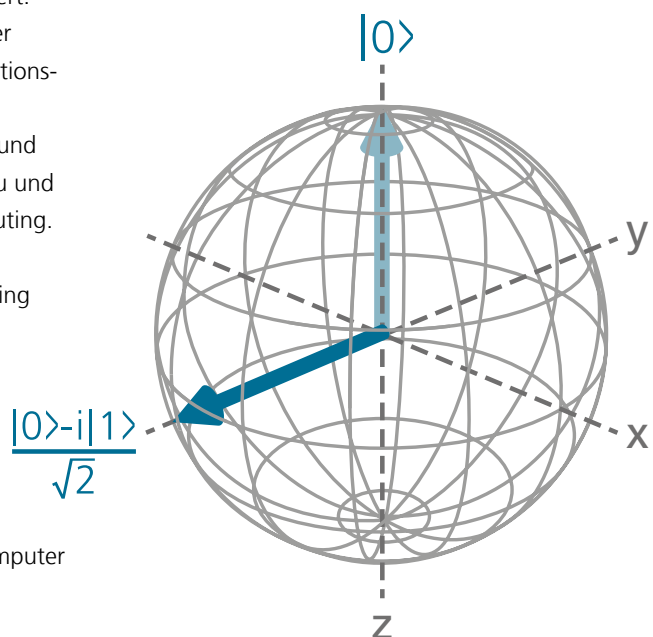
**In dieser Broschüre informieren wir Sie über das Kompetenzzentrum, Projektmöglichkeiten und Schulungsangebote. Kommen Sie mit uns ins Gespräch!**



**Prof. Dr. Dr.  
Oliver Ambacher**  
Institutsleiter  
Fraunhofer IAF



**Prof. Dr.-Ing. Prof. e. h.  
Wilhelm Bauer**  
Institutsleiter  
Fraunhofer IAO





#### **Vorwort von**

#### **Dr. Nicole Hoffmeister-Kraut**

Ministerin für Wirtschaft, Arbeit und Wohnungsbau  
des Landes Baden-Württemberg

*»Das neue Kompetenzzentrum Quantencomputing  
in Baden-Württemberg ist ein Leuchtturmvorhaben  
mit internationaler Strahlkraft.«*

#### **Sehr geehrte Damen und Herren,**

Quantencomputing bietet ganz neue Möglichkeiten, um den Einschränkungen klassischer, digitaler Computer zu begegnen. Perspektivisch werden Quantencomputer wirtschaftsnahe Fragestellungen in kürzester Zeit anstatt in Jahren lösen können. Diese Vorteile können künftig auch die Lösung komplexer Optimierungsfragen mit Künstlicher Intelligenz revolutionieren.

Die großen Innovationspotenziale des Quantencomputings wollen wir möglichst frühzeitig für wirtschaftliche und wissenschaftliche Anwendungen im Land nutzbar machen und uns einen wichtigen Standortvorteil erarbeiten. Baden-Württemberg ist das Land der Hidden Champions und die führende Innovationsregion in Europa. Wir bieten daher hervorragende Voraussetzungen und eine Vielzahl an Anwendungsgebieten, für die das Quantencomputing in der Praxis nützlich werden kann.

Der Aufbau des IBM-Quantencomputers ist ein großartiger Erfolg und eine enorme Chance für unser Land. Die Landesregierung stellt insgesamt bis zu 40 Millionen Euro bereit, um gemeinsam mit der Fraunhofer Gesellschaft, der

Wirtschaft und den Wissenschaftseinrichtungen im Land eine innovative Wissens- und Technologiebasis zum Quantencomputing aufzubauen, weiterzuentwickeln und in die Praxis zu transferieren.

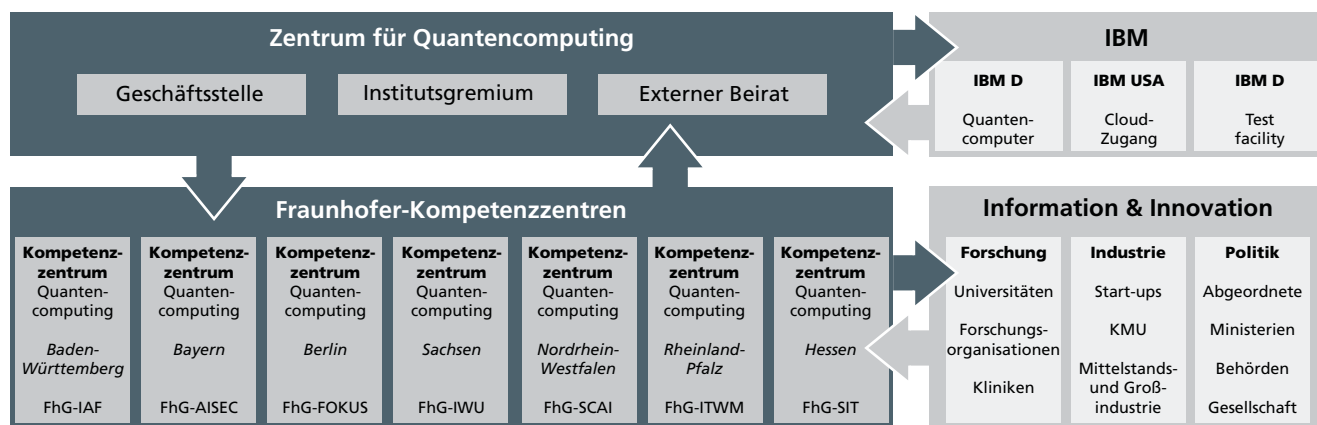
Mit dem Kompetenzzentrum wollen wir unser Ökosystem zu Quantentechnologien aus Universitäten, Forschungsinstituten, Startups und Unternehmen in Baden-Württemberg gemeinsam international sichtbar weiter ausbauen. Das Kompetenzzentrum soll auch wichtige Impulse für die Entwicklung einer innovativen Quanten-Hardware- und Software-Branche in Baden-Württemberg geben und Firmengründungen in den Bereichen der Mikro- und Nanoelektronik sowie der Quanteninformatik stimulieren.

Ich lade alle interessierten Unternehmen, Hochschulen und außeruniversitären Forschungseinrichtungen herzlich ein, sich als Mitglieder und Projektpartner aktiv in die Arbeit des Kompetenzzentrums einzubringen und gemeinsam die Zukunft in Baden-Württemberg mitzugestalten.

**Dr. Nicole Hoffmeister-Kraut MdL**

# AUF EINEN BLICK

Die Fraunhofer-Gesellschaft baut in Kooperation mit IBM Deutschland ein nationales Kompetenznetzwerk im Forschungsfeld des Quantencomputings auf. Ziel ist die Entwicklung von quantenbasierten Rechenstrategien für die nächste Generation an Hochleistungscomputern. Unter der Beteiligung von derzeit elf Fraunhofer-Instituten werden fachliche Expertisen in regionalen Kompetenzzentren gebündelt.



Organisationsstruktur des Kompetenznetzwerks »Quantencomputing« mit derzeit sieben Kompetenzzentren in den beteiligten Bundesländern.

Innerhalb des Kompetenzzentrums »Quantencomputing Baden-Württemberg« wird in Ehningen bei Stuttgart der erste IBM-Quantencomputer auf deutschem Boden aufgestellt. Dies bietet der vorhandenen Hightech-Landschaft aus Industrie, KMU und Startups die einmalige Chance, Hochleistungsrechner für ihre anwendungsbezogene Forschung und Entwicklung zu nutzen.

Seit April 2020 besitzt das Kompetenzzentrum und seine Partner per Cloud Zugriff auf »state-of-the-art« IBM-Quantencomputer in den USA. Dies ermöglicht von der essentiellen Algorithmik, der Softwareentwicklung sowie der Gestaltung elementarer Logikoperationen bis hin zur Kontrolle des Quantenprozessors im eigentlichen Rechenvorgang eine Vielzahl an Forschungsthemen. Die Leistungsparameter des Quantencomputers sind auf die hohen Anforderungen einer Forschungsinfrastruktur mit dem Fokus auf gesellschafts- und wirtschaftsrelevante Anwendungen ausgerichtet.

Das von IBM ab dem Jahr 2021 in Ehningen zur Verfügung gestellte »Q System One« befindet sich ebenfalls auf dem weltweit höchsten Stand der Technik (Quantenvolumen = 30). Zusätzlich ermöglicht der Standort in Baden-Württemberg den Betrieb dieses IBM-Quantencomputers unter deutscher Gesetzgebung. Dies ist im Hinblick auf Datenschutz und IP-Sicherung ein essentieller Kern der Gesamtinitiative und eine wichtige Voraussetzung für eine breite Beteiligung der nationalen Industrie.

Die Koordination des Kompetenzzentrums »Quantencomputing Baden-Württemberg« übernehmen das Fraunhofer IAF in Freiburg und das Fraunhofer IAO in Stuttgart. Gerne stehen wir Ihnen für weitere Auskünfte zur Verfügung.

# PROJEKTPARTNER GESUCHT!

Wir möchten Ihre Anwendungen testen und Ihre Fragestellungen kennenlernen. Daher sind wir auf der Suche nach Forschungspartnern, die mit uns gemeinsame Projekte starten möchten und die Quantencomputing-Forschung in Baden-Württemberg beispielsweise in folgenden Themenfeldern nach vorne bringen:

- Co-Design von Quanten-Hardware und -Software
- Entwicklung von neuartigen Quantenprozessoren und Quantenspeichern
- Entwicklung von Quantenalgorithmen für Optimierungsprozesse (logistische Abläufe, Mobilitätswirtschaft, Materialentwicklung, personalisierte Medizintechnik, etc.)
- Neue Engineering-Methoden und Nutzungsmodelle

Wir freuen uns auf Ihre Ideen!

Weitere Informationen zum Auswahlverfahren sowie die Deadlines finden Sie rechts.

**Bei Interesse melden Sie sich bei uns! Sie erreichen uns innerhalb des Kompetenzzentrums unter der E-Mail-Adresse: [kqc@iaf.fraunhofer.de](mailto:kqc@iaf.fraunhofer.de).**



Zeitplan für Projektanträge

## Newsletter des Kompetenzzentrums

Gerne informieren wir Sie über den Aufbau des Zentrums, Projektmöglichkeiten und Angebote, wie Sie Rechenleistung am Quantencomputer beziehen können.

Tragen Sie sich dafür einfach für den Newsletter ein.



[www.iaf.fraunhofer.de/KQCnews](http://www.iaf.fraunhofer.de/KQCnews)

# SCHULUNGSANGEBOT

## Programmierung leicht gemacht!

Um möglichst vielen Interessenten einen schnellen Zugriff und eine effiziente Nutzung der IBM-Quantencomputer zu ermöglichen, entsteht am Fraunhofer IAF (Freiburg) und Fraunhofer IAO (Stuttgart) jeweils ein leistungsfähiger Computer-Pool bestehend aus zehn Workstations und einem klassischen Hochleistungscomputer für Trainings- und Schulungszwecke, die an die IBM-Quantencomputer angeschlossen sind.

Ab Herbst 2020 können Anwender hier Expertise in der Programmierung der IBM-Quantencomputer aufbauen. Über die Software »Qiskit« können applikationsspezifische Algorithmen entwickelt und getestet werden. Zunächst findet dies per »Cloud Access« auf IBM-Computer mit Standort in den USA statt. Ab 2021 kann dann auch auf dem in Ehningen stationierten Computer, der unter deutschem Recht betrieben wird, gearbeitet werden.

Die für die Schulungszwecke genutzten Cloud-Quantencomputer bietet folgende Eigenschaften:

Qubits	= 53
Abmessung eines Qubits	≈ 100 μm
Betriebstemperatur der Qubits	= 15 mK
Zeit pro Quantengatter	≈ 25 – 100 ns
Quantengatter-Fehler	< 0,5 %
Kohärenzzeit	> 50 μs
Messfehler	< 5 %
Verfügbarkeit	> 95 %

Der in Ehningen stationierte Quantencomputer wird ein Quantenvolumen von 30 bieten und eine verbesserte Fehlerkorrektur. Diese Konfigurationen ermöglichen Trainings von der essentiellen Algorithmik, der Softwareentwicklung bis hin zur Gestaltung elementarer Logikoperationen.

## Anwendungen, für die sich Quantencomputer besonders eignen und für die unser Test- und Schulungsangebot besonders interessant sein können:

- Optimierung logistischer Prozessabläufe
- Koordination und Organisation komplexer automatisierter Produktionstrecken
- Ressourcenoptimiertes Managements von Fahrzeugflotten und autonomen Fahrzeugen
- Prognose von Finanzentwicklungen
- Simulation von Molekülen und chemischen Reaktionen

## Schulungsmodalitäten

Die Schulungen sind nutzer- und interaktionszentriert und finden lokal in kleinen Gruppen statt. Nach einer Einführung in die Software und die elementaren Operationen eines Quantencomputers können die Teilnehmenden an eigenen Anwendungsbeispielen oder an vorgegebenen Testaufgaben erste Erfahrungen mit IBM-Quantencomputern sammeln.

Für weitere Informationen und aktuelle Schulungsdaten melden Sie sich bitte bei uns unter:

**[kqc@iaf.fraunhofer.de](mailto:kqc@iaf.fraunhofer.de)**

# STATEMENTS ZUM KOMPETENZZENTRUM



**Prof. Dr. Joachim Ankerhold**

Direktor Institut für komplexe Quantensysteme, Universität Ulm;  
Co-Direktor Center for Integrated Quantum Science & Technology (IQ<sup>ST</sup>)

» Quantentechnologien sind heute in aller Munde. Für Baden-Württemberg als Standort der Hochtechnologie sind sie von besonderer Bedeutung, insbesondere auch das Quanten-Computing. Als disruptive Technologie braucht die Umsetzung in konkrete Anwendungen noch etwas Geduld, aber schon heute können wir durch die Kooperation mit IBM und den engen Verbund von industrienaher und Grundlagenforschung ein optimales Ökosystem entwickeln, um international ganz vorne mitspielen zu können. «



**Dr. Thomas Strohm**

Koordinator für Quantentechnologien,  
Bosch Research

» Quantencomputing ist in der Lage, tiefgreifende neue technologische Möglichkeiten zu schaffen. Baden-Württemberg ist ein Land der Tüftler und Erfinder. Die zahlreichen Technologieunternehmen hier werden vom Zugang zu einem Quantencomputer stark profitieren. Vom Kompetenzzentrum erwarten wir uns daher zuallererst fachliche Kompetenz und die Fähigkeit, die beteiligten Unternehmen mit Ihrer Expertise zu Quantencomputing zu beraten. Ein einfacher und offener Zugang zum Quantencomputer ist ebenso wichtig. «



**Dr. Sebastian Zanker**

CTO und Co-Founder,  
HQS Quantum Simulations

» Wir bei HQS befassen uns mit der Entwicklung von Simulationssoftware, die den Quantencomputer zur Vorhersage von Materialeigenschaften nutzbar macht. Vom Kompetenzzentrum erwarten wir uns enge Kontakte und Kooperationen mit Partnern aus der Wirtschaft, die zu den potenziellen Anwendern unserer Software zählen, als auch Forschungsinstituten, die gemeinsam mit uns an Themen wie zum Beispiel der Fehlerreduktion oder auch effizienten Simulationsalgorithmen arbeiten. «



**Prof. Dr. Guido Burkard**

Lehrstuhl für Theoretische Festkörperphysik und Quanteninformation,  
Universität Konstanz

» Mit dem Kompetenzzentrum erhalten wir die Chance, den in Baden-Württemberg vorhandenen Sachverstand im Bereich Quantencomputing zu bündeln und auszubauen und Lücken zwischen Grundlagenforschung und Anwendung zu schließen. Die Forschung spielt hierbei eine wichtige Rolle. Denn während die ersten Prototypen bereits verfügbar sind, ist der Wettbewerb um die besten Ideen zur Realisierung und Nutzung von Quantencomputern weiterhin in vollem Gang. «

# KONTAKTIEREN SIE UNS!

## Fraunhofer-Institut für Angewandte Festkörperphysik IAF

Tullastraße 72  
79108 Freiburg  
Telefon +49 761 5159-410  
info@iaf.fraunhofer.de  
www.iaf.fraunhofer.de



**Dr. Thomas Wellens**  
Forschungsbereich Quantencomputing

Telefon +49 761 5159-560  
thomas.wellens@iaf.fraunhofer.de

## Fraunhofer-Institut für Arbeitswirtschaft und Organisation IAO

Nobelstraße 12  
70563 Stuttgart  
Telefon +49 711 970-01  
presse@iao.fraunhofer.de  
www.iao.fraunhofer.de



**Thomas Renner**  
Institutsdirektor

Telefon +49 711 970-2417  
thomas.renner@iao.fraunhofer.de

### Copyright

Titelfoto: PRODUCTION PERIG - stock.adobe.com

S. 3: Martin Stollberg

S. 7: Bosch Research (o.r.) | Eberhardt, Uni Ulm (o.I.) | Universität Konstanz (u.r.)



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