



QUANTENTECHNOLOGIEN – FÜR EIN WETTBEWERBSFÄHIGES UND TECHNOLOGISCH SOUVERÄNES EUROPA

Quantentechnologien befinden sich an einem entscheidenden Wendepunkt in ihrer Entwicklung zu einer neuen Schlüsseltechnologie. Derzeit zeichnen sich vor allem im Bereich Quantenoptik, Quantensensorik sowie Quantenkommunikation Anwendungen ab, die weitreichende Wettbewerbsvorteile für zahlreiche Industriesektoren bieten. Die deutsche und europäische Forschung nimmt einerseits eine technologisch führende Position ein. Andererseits sind internationale Führungspositionen – vor allem in Bezug auf die wirtschaftliche Nutzung von Quantentechnologien – hart umkämpft. Gerade führende Industrienationen tätigen daher derzeit signifikante Investitionen in groß angelegte Förderprogramme für Quantentechnologien. Um deren Potenziale zu realisieren, ist der Transfer in Großindustrie, mittelständische Unternehmen und Start-ups eine entscheidende Voraussetzung. Quantencomputing ist dabei ein zentrales Element der technologischen Souveränität Deutschlands und Europas. Es ermöglicht

Quantenimaging überwindet grundlegende Einschränkungen der klassischen Optik und eröffnet somit neue Möglichkeiten für Bildgebung und optische Kontrastverfahren.

■ **Anwendungsfelder:**

Biomedizinische Diagnostik, Materialprüfung, Prozess- und Umweltanalytik, Fernerkundung, Sicherheitstechnik, autonome Mobilität

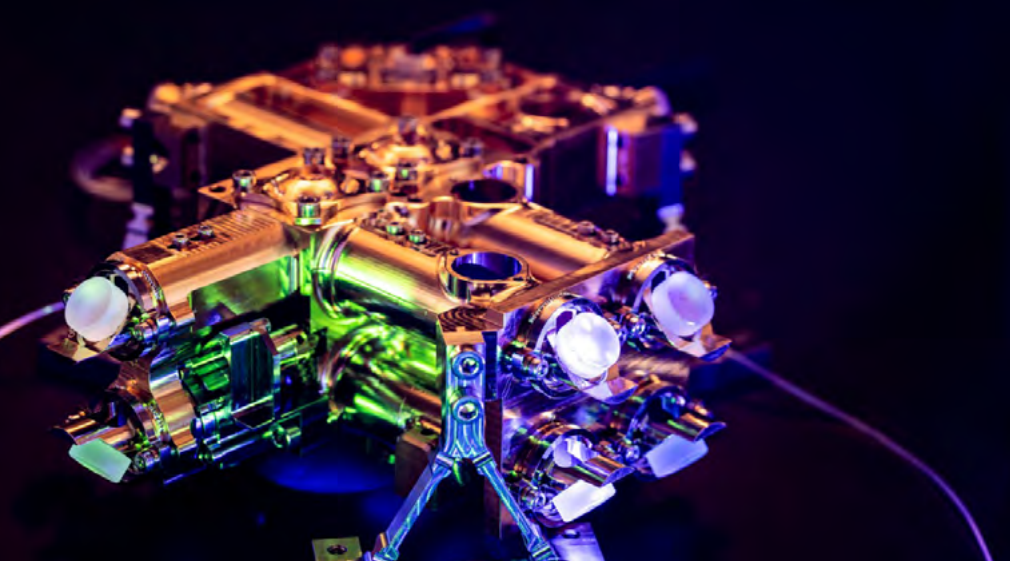
■ **Ausgewählte Fraunhofer-Aktivitäten:**

Im Leuchtturmprojekt »QUILT« und in den vom BMBF geförderten »Quantum Photonics Labs« identifiziert Fraunhofer zusammen mit Industriepartnern quantenbasierte Innovationen u.a. im »Quantum Hub Thüringen« durch Koordination von Wissenschaft und Wirtschaft in einem Zentrum der deutschen Optik- und Photonik-Industrie.

Rechenstrategien und Problemstellungen, die mit klassischen Hochleistungsrechnern derzeit nur annähernd gelöst werden können oder bislang unzugänglich blieben. Im Erfolgsfall können quantenbasierte Innovationen zu einem Markenzeichen des Hightech-Standorts Deutschland werden.

.....
Querschnittstechnologie mit hoher Relevanz für die Kernbranchen der deutschen Wirtschaft
.....

Die Quantenphysik einzelner Atome, Elektronen und Photonen ist die Grundlage für eine fundamental neue Klasse von Technologien. Quantenoptik und Quantensensorik ermöglichen in der Messtechnik eine neue Dimension an Präzision, Auflösung und Empfindlichkeit. Damit können Prozesse oder Umweltzustände mit neuer Qualität erfasst (→ Quantensensorik und Quantenoptik), gesellschaftliche Abläufe geschützt (→ Quantenkommunikation) und verbessert (→ Quantencomputing) werden. Beispielhaft sind die Entwicklungen in der



Quantenmetrologie, bei der die Einheiten von internationalen Messstandards (SI) neu definiert werden, um der Leistungsfähigkeit dieser Technologie gerecht zu werden.

Quantensensorik ermöglicht tiefe Einsichten in den Zustand biologischer, chemischer und physikalischer Systeme.

■ **Anwendungsfelder:**

Medizintechnik, Pharmaentwicklung, Halbleitertechnik, Geodäsie, Navigation, Infrastrukturprüfung, Bauwesen

■ **Ausgewählte Fraunhofer-Aktivitäten:**

Im Quantensensorik-Hub »QMag« in Baden-Württemberg und im EU-Projekt »ASTERIQS« entwickelt Fraunhofer nanoskalige Sensoren für die hochauflösende Messung kleinster Magnetfelder und elektrischer Ströme, mit robuster Diamanttechnologie für den breiten Einsatz in vielfältigen Anwendungsfeldern.

Grundlage der technologischen Souveränität

Der Wechsel im Datenstandard vom digitalen »Bit« zum quantenbasierten »Qubit« beschleunigt die ohnehin rasante Entwicklung moderner Informationsgesellschaften. Die Quantenkommunikation schafft eine neue Qualität der Sicherheit. Ohne Quantentechnologien sind digitale Souveränität und Datensicherheit als grundlegende Voraussetzungen für eine selbstbestimmte digitale Gesellschaft

nicht denkbar. Dies betrifft den Schutz von Datennetzwerken für kritische Infrastrukturen, Wirtschaftstransaktionen und proprietäre Daten der Industrie sowie das Grundrecht der Bürgerinnen und Bürger zum Schutz ihrer persönlichen Daten.

Quantentechnologien als fundamental neuer Ansatz ermöglichen einen Ausweg aus dem Wettstreit zwischen Angreifern und Verteidigern von Sicherheitskonzepten für IT-Infrastrukturen.

Wettbewerbsfähigkeit Deutschlands

Die Skalierung von Quantencomputern auf die hohen Anforderungen wirtschafts- und gesellschaftsrelevanter Anwendungen ist mit großen Herausforderungen verbunden. Die Beförderung der nächsten Generation hybrider Hochleistungsrechenzentren mit dieser Technologie erfordert ein entschlossenes Zusammenwirken von Wissenschaft, Wirtschaft und Politik. Der hohe Bedarf der Industrie an einer Nutzung dieser Technologie als Differenzierungsmerkmal im globalen Wettbewerb ist absehbar. Sollte Europa nicht in der Lage sein, ausgereifte Rechenplattformen anzubieten, könnte dies zur Abwanderung von Unternehmen und Investitionen in Länder außerhalb Europas führen. Beim Aufbau einer nationalen Forschungs- und Transferinfrastruktur werden daher von der Fraunhofer-Gesellschaft grundlegende Basistechnologien aus der Photonik, Mikroelektronik und den Materialwissenschaften sowie den Informations- und Kommunikationstechnologien einbezogen.

Quantenkommunikation bietet einen gänzlich neuen Sicherheitsstandard zur Datensouveränität und zum Schutz der deutsch-europäischen IT-Infrastruktur.

■ **Anwendungsfelder:**

Telekommunikations- und IT-Infrastrukturbetreiber, Banken und Finanzwesen, Gesundheitswesen, Regierungsbehörden und Streitkräfte

■ **Ausgewählte Fraunhofer-Aktivitäten:**

Im BMBF-Förderprojekt »QuNET« entwickelt Fraunhofer mit der Max-Planck-Gesellschaft und dem DLR ein quantengesichertes Datennetzwerk für die Bundesministerien. Ergänzende Testbeds werden in Bayern, Sachsen sowie im »Quantum Hub Thüringen« etabliert. Eine Verbindung dieser Zentren wird als Basis eines nationalen Quantennetzwerks anvisiert. Fraunhofer beteiligt sich zudem an der Mission der EU zur Kommerzialisierung terrestrischer Systeme im Projekt »UNIQRN« und entwickelt im Auftrag der ESA quantengesicherte Systeme für Satellitennetzwerke.

Quantencomputing bietet neue Ansätze für komplexe Problemstellungen aus Wirtschaft und Gesellschaft.

■ **Anwendungsfelder:**

Logistik und Mobilität, Pharmazie, Chemie, und Werkstoffe, Banken und Finanzwesen, Energiewirtschaft, Produktionsverfahren



■ *Ausgewählte Fraunhofer-Aktivitäten im Bereich Quantencomputing:*

Im Bereich der Quantenprozessoren ist Fraunhofer beteiligt an den vom BMBF geförderten Konsortien »IQuAn«, »QUASAR« und »GEOCOS«, jeweils zur Entwicklung eines Ionenfallen-, Halbleiter- und supraleitenden Quantencomputers. Fraunhofer ist zentraler Partner der Länderinitiativen zum Quantencomputing in Baden-Württemberg, »CQSE« in Nordrhein-Westfalen und »Munich Quantum Valley« in Bayern. In den EU-Projekten »AQTION« und »QLSI« beteiligt sich Fraunhofer an einem Ionenfallen- und einem Halbleiter-Quantencomputer für Europa. Im Bereich der Quantenalgorithmen und Anwendungen etabliert Fraunhofer das bundesweite »Kompetenznetzwerk Quantencomputing« mit dem Aufbau von Zentren in sieben Bundesländern (BE, BW, BY, HE, NW, RP, SN). Unter exklusiver Nutzung des ersten öffentlichen IBM-Quantencomputers in Europa am Standort Ehningen wird eine Vielfalt potenzieller Anwendungen in Ökosystemen der lokalen Forschung und Industrie für mehr als 30 Partner aus der Wirtschaft ermöglicht. Fraunhofer ist zudem Partner der Plattform »PlanQK« des BMWi und im Projekt »QLindA« des BMBF zur Beförderung Künstlicher Intelligenz mit quantenbasierten Rechenmethoden.

HANDLUNGSEMPFEHLUNGEN

Die Rahmenprogramme des Bundes und der EU haben signifikante Fortschritte für die Wertschöpfung durch Quantentechnologien ermöglicht.

Die Schwerpunktsetzung im nationalen Konjunkturprogramm bietet wichtige Anknüpfungspunkte für eine nachhaltige Förderpolitik:

- Ausbau von Transferinfrastrukturen und nationalen Kompetenznetzwerken der Forschung und Industrie, um die Entwicklung zu einer breiten, international wettbewerbsfähigen deutschen Quantenindustrie zu befördern.
- Einrichtung innovativer Förderformate u.a. Public-Private-Partnerships zur Förderung hochwertiger Kompetenzen und Ressourcen von Forschung und Industrie, um Wertschöpfung im wettbewerbsintensiven Feld des Quantencomputings in Deutschland zu halten und für Europa zu gestalten.
- Förderung von Normen und Standards: Die Vertretung in entsprechenden Gremien durch die Mitarbeit von deutschen Expertinnen und Experten leistet einen entscheidenden Beitrag zur Sicherheit, Qualität, Wirtschaftlichkeit und Nachhaltigkeit bei der Umsetzung von Technologien und beschleunigt den Transfer wissenschaftlicher Ergebnisse in marktfähige Produkte bzw. Anwendungen.

- Förderung der Bildung in den Quantenwissenschaften auf allen Ebenen für eine exzellent ausgebildete Generation an Arbeitskräften, als zukünftige Träger und Treiber der Wertschöpfung dieser neuen Spitzentechnologie.

- Zur Gestaltung der Wertschöpfung zum Quantencomputing in Deutschland sind innovative Förderformate notwendig, die hochwertige Kompetenzen und Ressourcen der Forschung und Industrie kompetitiv ausrichten.

- Um Wertschöpfungsketten in Ökosystemen aus Zulieferer-, Verwertungs- und Anwenderindustrien zu befördern, sollten neue Transferplattformen Entwicklungen der Industrie beschleunigen und Zugangsbarrieren für KMU und Startups senken. Hierzu dienen:

1. *Entwicklungsplattformen*: Beförderung der Marktreife (Technology Readiness Level) von Innovationen in hochwertigen Applikationslaboren, Testbeds, Reinräumen und Produktionsanlagen
2. *Technologieplattformen*: Befähigung der Partner in Forschung und Industrie mit Basistechnologien, systemkritischen Komponenten und ganzheitlichen Demonstratoren
3. *Strategieplattformen*: Erfolgreiche Umsetzung von Innovationen durch Validierung, Benchmarking, Standardisierung, Marktabschätzungen sowie Sicherung von Schutzrechten und Aufbau strategischer IP-Portfolios

Weiterführende Informationen

■ Fraunhofer Strategisches Forschungsfeld Quantentechnologien:

<https://s.fhg.de/fsf-quanten>

■ Fraunhofer Politik-Papier »Digitale Souveränität«:

<https://s.fhg.de/politik-papier-dig-souveraenitaet>

■ Fraunhofer Politik-Papier »High-Performance Computing«:

<https://s.fhg.de/politik-papier-hpc>

Kontakt:

Abteilung Wissenschaftspolitik, Ansprechpartnerin: Elena Köhler

E-Mail: elena.koehler@zv.fraunhofer.de

Fraunhofer-Gesellschaft zur Förderung der angewandten Forschung e.V.