

Bundesrat

Drucksache 453/25

04.09.25

EU - K - Wi

Unterrichtung
durch die Europäische Kommission

Mitteilung der Kommission an das Europäische Parlament und den Rat
Strategie für ein Quanten-Europa: Ein Quanten-Europa in einer Welt im Wandel
COM(2025) 363 final

Der Bundesrat wird über die Vorlage gemäß § 2 EUZBLG auch durch die Bundesregierung unterrichtet.

Hinweis: Drucksache 59/22 = AE-Nr. 220145;
Drucksache 79/24 = AE-Nr. 240133;
Drucksache 65/25 = AE-Nr. 250115;
Drucksache 143/25 = AE-Nr. 250279;
Drucksache 232/25 = AE-Nr. 250463;
Drucksache 259/25 = AE-Nr. 250604;
AE-Nrn. 230602; 230966; 250373



EUROPÄISCHE
KOMMISSION

Brüssel, den 2.7.2025
COM(2025) 363 final

**MITTEILUNG DER KOMMISSION AN DAS EUROPÄISCHE PARLAMENT UND
DEN RAT**

Strategie für ein Quanten-Europa: Ein Quanten-Europa in einer Welt im Wandel

Ein Quanten-Europa in einer Welt im Wandel

1.1 Einführung

Europa ist ein Quantenkontinent¹. Von symbolischen Vorreitern wie Max Planck, Albert Einstein, Niels Bohr und Erwin Schrödinger bis hin zu aktuellen Pionieren und Nobelpreisträgern wie Theodor Hänsch, Albert Fert, Serge Haroche, Anton Zeilinger, Alain Aspect und Anne L'Huillier – Europa war schon immer der Ort der Quantenwissenschaft.

Fortschritte in der Quantenwissenschaft zählen zu den Entwicklungen mit dem größten Transformationspotenzial in der technologischen Geschichte. Im Draghi-Bericht² wird die Quantentechnik als die nächste bahnbrechende Innovation im Bereich der Datenverarbeitung bezeichnet, die neue Chancen für die industrielle Wettbewerbsfähigkeit und die technologische Souveränität der EU eröffnen könnte.

Heute stehen wir an einem Wendepunkt. Der weltweite Wettlauf um die Nutzung von Quantentechnik intensiviert sich und geht vom Labor zur realen Anwendung über. Die Durchbrüche in diesem Bereich beginnen, Schlüsselindustrien und gesellschaftliche Infrastrukturen umzugestalten – von Magnetresonanztomographen im Gesundheitswesen und wesentlichen Fortschritten im Energiebereich über Gravimetersensoren für Geophysik und Navigation bis hin zu sicherer Kommunikation und Quanteninformatik, die komplexe Probleme in den Bereichen Logistik und Finanzen löst.

Quantentechnik verfügt auch über ein Potenzial für einen doppelten Verwendungszweck³, weshalb sie sowohl für Anwendungen im Verteidigungsbereich als auch für Anwendungen der nationalen Sicherheit nützlich ist und so das strategische Interesse wichtiger öffentlicher und privater Akteure weckt.

Vor diesem Hintergrund hat die EU Quantentechnologien in ihrer Strategie für wirtschaftliche Sicherheit⁴ und im Rahmen des Weißbuchs zur europäischen Verteidigung – Bereitschaft 2030 (White Paper for European Defence – Readiness 2030)⁵ als kritische Technologie⁶ eingestuft.

Derzeit werden weltweit erste groß angelegte Industrialisierungsanstrengungen unternommen, insbesondere in den USA, wo sie von massiven privaten Investitionen von High-Tech-Unternehmen getragen werden, und in China, wo sie weitgehend durch öffentliche Mittel unterstützt werden.

Europa hat bemerkenswerte Fortschritte bei der wissenschaftlichen Exzellenz im Bereich der Quantentechnik erzielt: Es besitzt die weltweit größte Konzentration von Quantenfachkräften und steht bei der Zahl der wissenschaftlichen Veröffentlichungen weltweit an erster Stelle. Die EU verfügt auch über eines der größten Ökosysteme für Start-up-Unternehmen im Quantenbereich⁷. Etwa ein Drittel aller Quantenunternehmen weltweit haben ihren Sitz in der

¹ Quantentechnik nutzt die Grundsätze der Quantenmechanik, um Aufgaben zu erfüllen, die mit herkömmlicher Technik entweder gar nicht oder nur äußerst ineffizient zu lösen sind. Zu den wichtigsten Bereichen der Quantentechnik gehören Quanteninformatik und -simulation, Quantensensorik und Quantenkommunikation.

² [The Draghi report on EU competitiveness](#).

³ Für die Zwecke dieser Strategie bezeichnet **Potenzial für einen doppelten Verwendungszweck** die Fähigkeit der Quantentechnik, sowohl für zivile als auch für Sicherheits-/Verteidigungszwecke eingesetzt zu werden. Der Begriff wird hier in einem breiteren, zukunftsorientierteren Sinne verwendet als der Rechtsbegriff „Güter mit doppeltem Verwendungszweck“ gemäß der Verordnung (EU) 2021/821 über Ausfuhrkontrollen.

⁴ JOIN(2023) 20 final; <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/PDF/?uri=CELEX:52023JC0020>.

⁵ [White Paper for European Defence – Readiness 2030 | EAD](#).

⁶ [Empfehlung \(EU\) 2023/2113 der Kommission vom 3. Oktober 2023 zu Technologiebereichen, die für die wirtschaftliche Sicherheit der EU von entscheidender Bedeutung sind, zwecks weiterer Risikobewertung mit den Mitgliedstaaten](#).

⁷ [McKinsey & Company, Quantum Technology Monitor – April 2024](#).

EU⁸, und fast die Hälfte der in Quantencomputern verwendeten Hardware- und Softwarekomponenten wird von Anbietern aus der EU geliefert⁹.

Europa ist jedoch **bei der Umsetzung seiner Innovationsfähigkeiten und seines künftigen Potenzials in echte Marktchancen im Rückstand**. Infolgedessen liegt es bei Patenten für Quanteninformatik, -sensorik und -kommunikation weltweit nur noch an dritter Stelle¹⁰.

Darüber hinaus **sind die Anstrengungen Europas in den Mitgliedstaaten** sowie bei den nationalen und regionalen Leistungsträgern **nach wie vor fragmentiert**. In den letzten fünf Jahren haben die EU und die Mitgliedstaaten mehr als 11 Mrd. EUR in Quantentechnik investiert. Während mehrere Mitgliedstaaten ihre eigenen nationalen Strategien und Fahrpläne entwickelt haben, hat eine unzureichende Koordinierung zu Doppelarbeit, einer ineffizienten Ressourcennutzung und einem zunehmenden Wettbewerb um Fachkräfte geführt. Dies birgt die Gefahr, dass die Fähigkeit der EU, eine kritische Masse aufzubauen und zu skalieren, untergraben, die Kommerzialisierungspipeline verlangsamt und letztlich die Entwicklung einer weltweit wettbewerbsfähigen europäischen Industriekapazität und eines einheitlichen europäischen Quantenmarkts behindert wird.

Darüber hinaus **spielt Europa zwar eine führende Rolle im Frühstadium des Quantenunternehmertums, doch fehlt es seinem neu entstehenden Ökosystem derzeit an nachhaltiger finanzieller Unterstützung und ausreichenden Marktperspektiven**. In Europa sind unter den großen industriellen Akteuren auch zu wenige frühzeitige Anwender der Quantentechnik, wodurch neu entstehende Start-up-Ökosysteme keine ausreichenden Marktperspektiven haben.

Aufbauend auf dem Kompass für Wettbewerbsfähigkeit¹¹, in dem die Quantentechnologie als einer der wichtigsten Technologiebereiche aufgeführt ist, die für die Wirtschaft von morgen von Bedeutung sein werden¹², stellt diese Initiative in enger Abstimmung mit Interessenträgern im Quantenbereich¹³ eine umfassende Strategie dar, um Europa im globalen Quantenwettbewerb eine führende Position zu sichern. Indem diese Strategie die Entwicklung dieser Technologie mit Potenzial für einen doppelten Verwendungszweck in der EU unterstützt, wird sie auch dazu beitragen, die Empfehlungen der Strategie für eine Union der Krisenvorsorge¹⁴ und des Niinistö-Berichts¹⁵ sowie das Weißbuch zur europäischen Verteidigung – Bereitschaft 2030¹⁶, die europäische Strategie für die innere Sicherheit ProtectEU¹⁷ und die internationale Digitalstrategie für die EU¹⁸ umzusetzen.

⁸ Lewis, A., Scudo, P., Cerutti, I., Travagnin, M., Marcantonini, C. et al., Future Directions for Quantum Technology in Europe, Amt für Veröffentlichungen der Europäischen Union, Luxemburg, 2025, JRC141050. Voraussichtliche Veröffentlichung Mitte Juli.

⁹ [Europäische Investitionsbank – A Quantum Leap in Finance \(2022\)](#).

¹⁰ Siehe Fußnote 8.

¹¹ [Kompass für Wettbewerbsfähigkeit – Europäische Kommission](#).

¹² In der Europäischen Strategie für wirtschaftliche Sicherheit und der Empfehlung der Kommission vom 3. Oktober 2023 werden Quantentechnologien zu den kritischen Technologiebereichen gezählt.

¹³ Wie aus den Antworten auf die Aufforderung zur Stellungnahme hervorgeht, die im Vorfeld der Veröffentlichung der Strategie für ein Quanten-Europa eingeleitet wurde: [Quantum Strategy of the EU](#). Die Interessenträger vertraten die Auffassung, dass die Strategie für ein Quanten-Europa den Übergang vom Labor zur Fabrik beschleunigen sollte, ohne die zentrale Rolle der Grundlagenforschung zu vernachlässigen, die bestehenden europaweiten Quanteninfrastrukturen ausbauen und eine im Quantenbereich qualifizierte und ausgebildete Arbeitskräftebasis entwickeln sollte. Sie unterstreichen auch, wie wichtig es ist, die Fertigungskapazitäten der Union auszubauen und die finanziellen, regulatorischen und administrativen Hindernisse zu beseitigen, die Start-up-Unternehmen von der Entwicklung zu ausgereiften, rentablen Unternehmen im Binnenmarkt abhalten oder diesen Prozess verlangsamen.

¹⁴ [Preparedness – Europäische Kommission](#).

¹⁵ Niinistö-Bericht, https://commission.europa.eu/document/download/5bb2881f-9e29-42f2-8b77-8739b19d047c_en?filename=2024_Niinisto-report_Book_VF.pdf.

¹⁶ Siehe Fußnote 6.

¹⁷ [Commission presents ProtectEU Internal Security Strategy – Europäische Kommission](#).

¹⁸ [Joint Communication on an International Digital Strategy for the EU, 5. Juni 2025](#).

1.2 Quanten-Europa: Die Vision und der strategische Umsetzungsrahmen

Europa ist sehr gut aufgestellt, um einer der führenden Akteure bei der laufenden Quantenrevolution zu sein. Das Ziel besteht darin, Europa zu einem Kraftzentrum der Quantenindustrie und einem globalen Marktführer im Bereich der Quantentechnik zu machen und dabei auf seiner langjährigen wissenschaftlichen Führungsrolle aufzubauen.

Dazu setzt die strategische Vision auf die vorhandenen Stärken der EU: Forschung von Weltrang, wissenschaftliche Exzellenz, eine dynamische Start-up-Basis und eine starke öffentliche Investitionsstruktur. Diese zentralen Säulen sind von entscheidender Bedeutung, um die Fragmentierung zu bekämpfen, die Einführung in der Industrie zu fördern und die strategische Autonomie in der Quantentechnik zu gewährleisten.

Der Strategie liegen fünf miteinander verbundene Bereiche zugrunde:

- **Bereich 1 – Forschung und Innovation:** Konsolidierung der Exzellenz in ganz Europa, um in der Quantenwissenschaft und der Überführung ihrer Ergebnisse in die Industrie eine Führungsrolle zu übernehmen.
- **Bereich 2 – Quanteninfrastrukturen:** Entwicklung nachhaltiger, skalierbarer, koordinierter Infrastruktur-Hubs zur Unterstützung der Produktions-, Konzept- und Anwendungsentwicklung.
- **Bereich 3 – Stärkung des EU-Quantenökosystems:** Sicherung der Lieferketten und Industrialisierung von Quantentechnik durch Investitionen in Start-up- und Scale-up-Unternehmen.
- **Bereich 4 – Quantentechnik im Weltraum und Quantentechnik mit potenziellem doppelten Verwendungszweck (Sicherheit und Verteidigung):** Integration sicherer, souveräner Quantenfähigkeiten in Europas Weltraum-, Sicherheits- und Verteidigungsstrategien.
- **Bereich 5 – Quantenkompetenzen:** Aufbau einer vielfältigen Fachkräftebasis von Weltrang durch koordinierte, agile Systeme und Programme für allgemeine und berufliche Bildung und Förderung der Fachkräftemobilität in der gesamten EU.

Die fünf strategischen Bereiche werden durch ein intelligentes Umsetzungskonzept unterstützt. Wie nachstehend in Abschnitt 3.1 „Die wichtigsten Umsetzungskomponenten der Strategie für ein Quanten-Europa“ beschrieben, wird das Konzept auf einer iterativen Lebenszyklus-Technologieentwicklung aufbauen, bei der wissenschaftliche Quantenentdeckungen kontinuierlich mit realen Anwendungen und dem Markt in Verbindung gebracht werden, was kurz- und langfristige wirtschaftliche Auswirkungen haben wird. Dieses Umsetzungskonzept wird dazu beitragen, führende industrielle und öffentliche Nutzer anzuziehen und den Marktzugang und die Nachhaltigkeit des im Entstehen begriffenen EU-Quantenökosystems sicherzustellen.



Abbildung 1: Fünf strategische Bereiche für ein Quanten-Europa

Ergänzend zum Umsetzungslebenszyklus wird die EU einen strategischen Governance-Rahmen schaffen, um Fortschritte zu überwachen und zu fördern.

Die Strategie baut auf der Europäischen Erklärung zur Quantentechnik¹⁹ aus dem Jahr 2023 auf, die einen wichtigen politischen Schritt darstellte und die Mitgliedstaaten auf gemeinsame Prioritäten und europäische Werte ausgerichtet hat. Sie baut auch auf den Ergebnissen der Expertengruppen aus allen EU-Mitgliedstaaten²⁰ auf, die unter der Leitung der Koordinierungsgruppe für Quantentechnologie²¹ eingerichtet wurden.

2 Strategische Bereiche für ein Quanten-Europa

2.1 Bereich 1: Quantenforschung und -innovation in Europa

Die europäische Quantenforschungsgrundlage, die durch mehrere EU- und nationale Programme unterstützt wird, hat eine solide wissenschaftliche Basis geschaffen. In den letzten fünf Jahren hat die EU fast 2 Mrd. EUR in Quantentechnik investiert, ergänzt durch zusätzliche öffentliche Mittel der Mitgliedstaaten in Höhe von mehr als 9 Mrd. EUR. Mit diesen Mitteln wurden die Quantenforschung und -ausbildung, die Schaffung nationaler Quanten-Cluster und hybrider Zentren mit Quantencomputern und klassischen Supercomputern, die Quantentechnologiebranche und internationale Partnerschaften unterstützt.

Trotz erheblicher nationaler und EU-Mittel ist die europäische Quantenforschung über Mitgliedstaaten und Instrumente hinweg nach wie vor fragmentiert, was zu Doppelarbeit, Lücken in vorrangigen Bereichen und Wettbewerb um spärliche Fachkräfte führt. Ohne Koordinierung und eine klare Fokussierung auf gemeinsame strategische Prioritäten wird Europa seine Quantenziele verfehlen.

Die Kommission schlägt daher eine spezielle **Initiative für Quantenforschung und -innovation in Europa** vor. Ziel ist es, die Anstrengungen der EU und der Mitgliedstaaten auf eine gemeinsam vereinbarte Forschungs-, Technologie- und Innovationsagenda auszurichten. Sie wird die Maßnahmen zu gemeinsamen Themen bündeln und gemeinsame Ziele festlegen, um Kohärenz zu gewährleisten, Überschneidungen zu vermeiden und eine kritische Masse aufzubauen.

Diese Initiative gliedert sich in die folgenden zentralen Phasen:

¹⁹ <https://digital-strategy.ec.europa.eu/en/library/european-declaration-quantum-technologies>.

²⁰ <https://digital-strategy.ec.europa.eu/en/library/shaping-european-strategy-quantum-technology-main-orientations-and-recommendations>.

²¹ <https://ec.europa.eu/transparency/expert-groups-register/screen/expert-groups/consult?lang=de&groupID=3931>.

- **Entdeckung:** Unterstützung von Grundlagenforschung, technologischer Entwicklung und Innovation in den Bereichen Quanteninformatik, -kommunikation und -sensorik.
- **Vom Labor in die Fabrik:** Weitere Investitionen in den Aufbau modernster Infrastrukturen für Quanteninformatik, -kommunikation und -sensorik, Quantenhardware und einschlägige grundlegende Technologien sowie in modernste Pilotanlagen und Entwurfswerkzeuge zur Unterstützung der Industrialisierung und der Ökosystementwicklung.
- **An- und Verwendung:** Unterstützung der Entwicklung von Anwendungen in wichtigen öffentlichen und industriellen Sektoren, um sicherzustellen, dass wissenschaftliche Fortschritte in allen Quantenbereichen in reale Anwendungen umgesetzt werden und Auswirkungen auf die reale Welt haben.

Darüber hinaus wird die Initiative auch Investitionen in die Anwerbung von Fachkräften und die Entwicklung von Kompetenzen umfassen, um in Zukunft eine gut ausgebildete Arbeitskräftebasis in der Quantenindustrie zu gewährleisten.

Die Initiative für Quantenforschung und -innovation in Europa wird durch einen Governance-Rahmen auf EU-Ebene umgesetzt, der im anstehenden Vorschlag für einen Quantenrechtsakt festgelegt wird. In der Zwischenzeit wird das Mandat des Gemeinsamen Unternehmens (GU) EuroHPC²² durch eine Änderung seiner Gründungsverordnung verlängert, um eine nahtlose Koordinierung mit den Programmen Horizont Europa und Digitales Europa, dem Weltraum- und dem Verteidigungsprogramm sowie anderen Finanzierungsinstrumenten sicherzustellen.

- Änderung der Verordnung über das GU EuroHPC, um seinen Zuständigkeitsbereich auf alle Quantentechnologien auszuweiten und in einem ersten Schritt die vorhandenen FuI-Aktivitäten im Quantenbereich aus der zweiten Säule von Horizont Europa auf das GU zu übertragen [3. Quartal 2025]
- Vorlage des Vorschlags für einen Quantenrechtsakt [2026]

2.2 Bereich 2: Quanteninfrastrukturen in Europa

Die EU investiert heute in wichtige Quanteninfrastrukturinitiativen wie Quanteninformatiksysteme im Rahmen des GU EuroHPC, die sichere Quantenkommunikationsinfrastruktur von EuroQCI²³ im Rahmen des Programms der Union für sichere Konnektivität IRIS²⁴ sowie in fortgeschrittene Sensorikplattformen. Die EU investiert auch in mehrere Pilotanlagen im Rahmen des GU Chips²⁵ zur Vorbereitung der Industrialisierung der Quantentechnik in Europa.

Diese öffentlich finanzierten Quanteninfrastrukturen sind eine strategische Voraussetzung für die Quantenziele Europas. Sie bieten Zugang zu modernsten Quantensystemen und -plattformen, die andernfalls aufgrund hoher Entwicklungs- und Zugangskosten, technischer Komplexität oder des Bedarfs an spezifischen Diensten wie einer sicheren Kommunikation den meisten europäischen Interessenträgern und Nutzern im Quantenbereich unzugänglich wären. Sie bieten eine Versuchsumgebung für Innovation, eine Ausbildungsgrundlage für Fachkräfte und einen Raum für Industrie, KMU und Forschende, um mit neuen Quantentechnologien zu experimentieren, sie zu verstehen und ihre Entwicklung zu gestalten. Sie sind von entscheidender Bedeutung, um die Einführung von Quantentechnologien zu beschleunigen,

²² Die [VERORDNUNG \(EU\) 2021/1173 DES RATES](#) zur Gründung des Gemeinsamen Unternehmens für europäisches Hochleistungsrechnen.

²³ [Initiative „Europäische Quantenkommunikationsinfrastruktur“ \(EuroQCI\) | Gestaltung der digitalen Zukunft Europas](#).

²⁴ [IRIS² | Secure Connectivity – Europäische Kommission, Verordnung \(EU\) 2023/588](#).

²⁵ [Verordnung \(EU\) 2023/1782 des Rates](#) zur Gründung des Gemeinsamen Unternehmens für Chips.

industrielle Kapazitäten aufzubauen und sicherzustellen, dass sich Quantenvorteile auf die gesamte Union erstrecken.

Mit Blick auf die Zukunft wird die EU ihre Investitionen in öffentliche Quanteninfrastrukturen in den Bereichen **Informatik und Simulation**, **Kommunikation** und **Sensorik** beibehalten und ausweiten, wie nachstehend erläutert wird.

2.2.1 Quanteninformatik und -simulation

Quanteninformatik hat das Potenzial, unsere Fähigkeit zur Lösung komplexer Probleme im Bereich der Rechenoptimierung weit über die Möglichkeiten selbst der leistungsstärksten Hochleistungsrechnersysteme (HPC) hinaus zu revolutionieren. Es wird erwartet, dass sie in zahlreichen Bereichen als Katalysator wirken wird. Beispielsweise könnte sie bei der pharmazeutischen und chemischen Simulation die Entdeckung neuer Arzneimittel und Chemikalien ermöglichen. Im Energiebereich kann die Quanteninformatik dazu beitragen, neue Batteriematerialien oder Hochtemperatur-Supraleiter zu entdecken. Auch in Bereichen wie Logistik und Finanzen verspricht sie erhebliche Verbesserungen. Darüber hinaus können Quantencomputer solche Probleme viel energieeffizienter lösen als klassische Supercomputer. Anstatt HPC-Systeme zu ersetzen, werden Quantencomputer diese ergänzen, indem sie die Gesamtleistung der Rechenlösung steigern und deutlich schneller und energieeffizienter Ergebnisse liefern. Quantentechnik wird auch zunehmend neben der KI bzw. zu ihrer Unterstützung eingesetzt. Beispielsweise kann die Quanteninformatik das Training von KI-Modellen beschleunigen, während KI zur Korrektur von Quantenfehlern beiträgt. Dadurch wird die Systemzuverlässigkeit insgesamt erhöht.

Die Quanteninformatik befindet sich derzeit in einer entscheidenden Phase: Zwar gibt es kleine Quantenprozessoren, doch besteht die größte globale Herausforderung darin, zu voll funktionsfähigen Quantencomputern zu skalieren, die den Vorteil der Quanteninformatik konkret nachweisen können. Die zentrale Herausforderung besteht nun darin, größere Maschinen zu bauen, die einen klaren Quantenvorteil²⁶ gegenüber klassischen Computern bieten können. In den nächsten fünf bis zehn Jahren wird die Fähigkeit von Quantencomputern, reale Probleme zu lösen, enorm zunehmen. Aus diesem Grund investieren die EU und ihre Mitgliedstaaten sowie andere wichtige Akteure – Australien, Kanada, China, Japan, Südkorea, das Vereinigte Königreich und die USA – massiv in Quantentechnologien, um beim Rennen um die Führungsrolle bei der Quantenrevolution die Nase vorn zu haben²⁷. Derzeit werden mehrere Quanteninformatikplattformen entwickelt, die jeweils auf verschiedenen technologischen Ansätzen beruhen²⁸. In Tabelle 1 sind die Quantencomputer aufgeführt, die von Unternehmen mit Sitz in verschiedenen Regionen der Welt bereitgestellt werden.

²⁶ OECD (2025), „[A Quantum Technologies Policy Primer](#)“. „Quantenvorteil“ bezieht sich auf den Punkt, an dem ein Quantencomputer eine bestimmte Aufgabe effizienter, schneller, genauer oder mit weniger Energie als die bestmöglichen klassischen Supercomputer ausführt. Dieser Meilenstein stellt eine praktische Demonstration der Überlegenheit der Quanteninformatik bei bestimmten Rechenproblemen dar, wenn auch nur in eng abgesteckten Bereichen.

²⁷ Z. B. Nationale Quanteninitiative der USA (<https://www.quantum.gov/>); Chinas Quantenfahrplan bis 2030; Strategie für Quantentechnik und -innovation Japans (https://www8.cao.go.jp/cstp/english/strategy_r08.pdf); Nationale Quantenstrategie Australiens (<https://www.industry.gov.au/sites/default/files/2023-05/national-quantum-strategy.pdf>); Nationale Quantenstrategie Kanadas (<https://ised-isde.canada.ca/site/national-quantum-strategy/en/canadas-national-quantum-strategy>); Nationale Quantenstrategie des Vereinigten Königreichs (<https://www.gov.uk/government/publications/national-quantum-strategy>).

²⁸ Repräsentative Beispiele für Rechenplattformen basieren auf supraleitenden Schaltkreisen, gefangenen Ionen, neutralen Atomen, Photonik, Diamanten oder Spin-Quantenbits (Spin-Qubits). Jede von ihnen bringt unterschiedliche Vorteile und technische Herausforderungen in Bezug auf Skalierbarkeit, Genauigkeit und Kohärenz der Rechenleistung mit sich.

Technologieplattform	Supraleitend	Ionen- fallen	Kalte Atome	Photonik	Spin-Qubits
 Computer EU	 17	 6	 8	 5	 3
 Computer Vereinigtes Königreich	4	6	0	5	2
 Computer USA	26	7	4	2	0
 Computer Kanada	13	0	0	1	0
 Computer China	2	0	0	0	0
 Computer RW ²⁹	1	0	0	1	3

Tabelle 1: Anbieter im Bereich Quanteninformatik und -simulation

Wie oben dargelegt, entwickelt Europa im Rahmen nationaler Programme und der EU-Leitinitiative zur Quantentechnik³⁰ alle wichtigen Quanteninformatiktechnologien. Diese Anstrengungen haben zu funktionierenden Prototypen, Software-Toolkits und mehreren technologieintensiven Spin-Offs geführt. Außerdem setzt Europa über das GU EuroHPC bereits seine ersten Prototypen von Quanteninformatiksystemen in mehreren Mitgliedstaaten ein (siehe Abbildung 2). Diese frühzeitige Einführung dient zwei zentralen Zwecken: Sie unterstützt die Entstehung einer autonomen, souveränen und wettbewerbsfähigen europäischen Quantenindustrie, indem sie einen frühzeitigen Markt für Hardware- und Softwareanbieter schafft und gleichzeitig die Entwicklung des Binnenmarkts ermöglicht, indem Zahl und Umfang der Anwendungsfälle und Nutzer erhöht werden.

Europa hat auch erfolgreich die frühzeitige Hybridisierung von Quantencomputern mit HPC ermöglicht und damit das Ziel der digitalen Dekade der EU erreicht, im Jahr 2025 einen ersten Quantencomputer zu besitzen³¹. Dies ist ein strategischer Meilenstein: Es unterstützt das europäische Ökosystem für Quantenhardware, fördert die Entstehung industrieller Anwendungsfälle und schafft die Grundlage für fortschrittlichere Hybridsysteme. All dies trägt zum langfristigen Ziel bei, bis 2030 umfassende Quanteninformatikkapazitäten zu erreichen. Diese Hybridisierung wird auch die Nutzung von Quantencomputern durch europäische KI-Fabriken³² ermöglichen und somit zur Verwirklichung der Ziele des Aktionsplans „KI-Kontinent“³³ beitragen.

Die Initiative für Quantenforschung und -innovation in Europa wird auch in Zukunft koordinierte Tätigkeiten unterstützen, um den Übergang von den heutigen Quantengeräten der ersten Generation zu voll funktionsfähigen Maschinen zu beschleunigen. Ziel ist es, Europa in die Lage zu versetzen, Quantencomputer der nächsten Generation in erster Linie von EU-Anbietern zu erwerben, während diese Plattformen schrittweise bis 2030 auf etwa 100 fehlerfreie Qubits³⁴ pro System ausgeweitet werden – ein Ziel, das mit den Fahrplänen der

²⁹ Rest der Welt

³⁰ [Homepage von Quantum Flagship | Quantum Flagship](#).

³¹ Hybride Quanten-/HPC-Plattformen integrieren Quantenprozessoren mit klassischen HPC-Systemen, um eine frühzeitige gleichzeitige Verarbeitung zu ermöglichen, wobei die Quantenprozessoren als Rechenbeschleuniger der traditionellen Supercomputer fungieren. Drei hybride Plattformen in Frankreich, Deutschland und Finnland sind nun im Rahmen von EuroHPC und nationalen Infrastrukturen in Betrieb. Bis Ende 2025 wird die Hybridisierung in allen europäischen Quanteninformatik-Einrichtungen Standard sein, was eine beachtliche Leistung darstellt.

³² [KI-Fabriken | Gestaltung der digitalen Zukunft Europas](#).

³³ [KI-Kontinent – Europäische Kommission](#).

³⁴ Die heutigen Quantencomputer liefern Ergebnisse, die noch nicht hundertprozentig genau sind (Quantenberechnungen sind nach wie vor anfällig für erhebliche Fehler). Die Umsetzung einer wirksamen

Industrie für die Erzielung eines eindeutigen Rechenvorteils im Einklang steht. **Europa will bis 2035 der erste Kontinent sein, der Tausende fehlerfreie Qubits pro Plattform erreicht – eine Schwelle, die als notwendig erachtet wird, um Probleme in der Praxis zu lösen.**

Die Erreichung dieses Meilensteins würde einen Wendepunkt in Bezug auf den praktischen Quantenvorteil³⁵ darstellen und Europa als weltweit führenden Akteur im Bereich der Quanteninformatik positionieren. Dadurch wird die Entwicklung der europäischen Quanteninformatikunternehmen gestärkt und dazu beigetragen, die Entwicklung und Umsetzung von Pioniernutzeranwendungen zu fördern und gleichzeitig die technologische Autonomie der Union zu stärken.

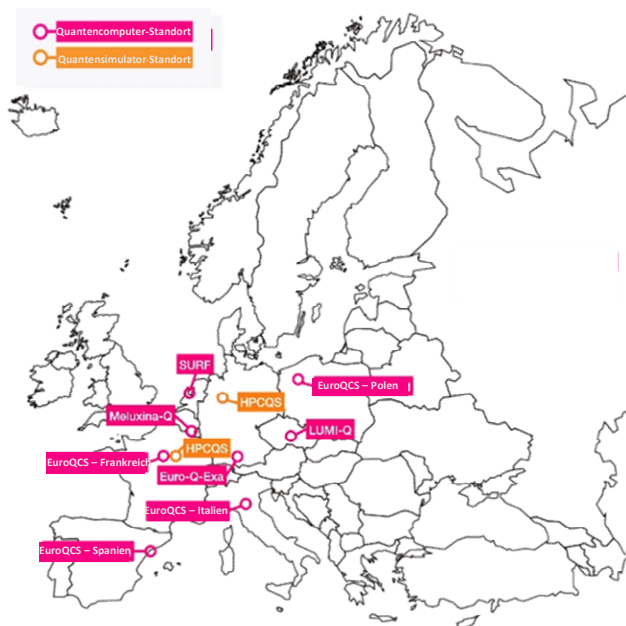


Abbildung 2: Karte der EuroHPC-Supercomputer, Quantencomputer und Simulatoren

Gleichzeitig **wird Europa weiterhin in Quantensimulatoren³⁶ investieren**, die das Verhalten eines Quantensystems unter Verwendung weniger komplexer Hardware nachbilden können. Diese Quantensimulatoren ermöglichen bereits Durchbrüche in der Werkstoffkunde, der Quantenchemie und der Grundphysik. Europa steht bei der Entwicklung und dem Einsatz dieser Plattformen, die aufgrund geringerer Hardwareanforderungen früher als universelle Quantencomputer zu wertvollen Ergebnissen führen dürften, an vorderster Front.

Es wird ein **Fahrplan für Quanteninformatik und -simulation** entwickelt, in dem klare Benchmarks und ein Überwachungsverfahren festgelegt werden, um den technologischen Fortschritt und die Reife der verschiedenen Arten von Quantenplattformen zu verfolgen. Mit dem Fahrplan wird regelmäßig bewertet werden können, welche von ihnen am weitesten fortgeschritten oder langfristig am vielversprechendsten sind. Dieser evidenzbasierte Ansatz wird als Richtschnur für die strategischen Entscheidungen Europas dienen und dazu beitragen, künftigen öffentlichen Investitionen in Quanteninformatik Vorrang einzuräumen.

Fehlerkorrektur, die zu fehlerfreien Qubits (d. h. den Verarbeitungseinheiten eines Quantencomputers) mit genauen Rechenergebnissen führen wird, ist daher für jeden künftigen voll funktionsfähigen Quantencomputer ein wichtiger Meilenstein.

³⁵ Siehe Fußnote 26.

³⁶ PASQuanS2: [Programmable Atomic Large-scale Quantum Simulation 2 – SGA1 | PASQuanS2.1 | Projekt | Factsheet | HORIZON | CORDIS | Europäische Kommission.](#)

- Veröffentlichung des EU-Fahrplans für Quanteninformatik und -simulation [2026]
- Erhöhung der Anzahl und Kapazität von EuroHPC-basierten Quanteninformatiksystemen [ab 2026] und Einrichtung eines Überwachungsrahmens für Quanteninformatik [2026]

2.2.2 Quantenkommunikation

Quantenkommunikation ermöglicht eine ultrasichere Datenübertragung, schützt kritische Infrastrukturen und bewahrt sensible Informationen vor künftigen quantenfähigen Cyberbedrohungen³⁷. Sie ermöglicht auch die Einrichtung von Quantenkommunikationsnetzen, die für die Vernetzung von Quantengeräten wie Sensoren und Computern in einem sogenannten „**Quanten-Internet**“ erforderlich sind. Dank ihres Potenzials für einen doppelten Verwendungszweck unterstützt sie sowohl zivile Anwendungen (z. B. Schutz von Finanztransaktionen, Sicherung öffentlicher Netze) als auch Verteidigungserfordernisse (z. B. sichere Kommunikation für militärische und nationale Sicherheitseinsätze). Durch Initiativen wie die **EuroQCI**³⁸ und das **Quanten-Internet** baut die EU vollständig autonome und vertrauenswürdige Quantenkommunikationsinfrastrukturen auf, die kritische Datenströme schützen, die öffentliche Kommunikation und kritische Infrastrukturen sichern und die innere Sicherheit Europas im Einklang mit der europäischen Strategie für die innere Sicherheit³⁹ stärken werden.

Die Initiative „Europäische Quantenkommunikationsinfrastruktur“ (EuroQCI-Initiative)

Mit der EuroQCI-Initiative wird eine sichere Quantenkommunikationsinfrastruktur für die gesamte EU, einschließlich ihrer überseeischen Gebiete, entwickelt. Sie ist Teil der IRIS²-Initiative der Union und wird aus einem terrestrischen Segment bestehen, das sich auf Glasfaser-Kommunikationsnetze stützt, die strategische Standorte auf nationaler und grenzüberschreitender Ebene miteinander verbinden, und einem Weltraumsegment, das auf Satelliten basiert.

Die Initiative schreitet rasch voran: 26 Mitgliedstaaten bauen derzeit nationale terrestrische Quantenkommunikationsnetze auf, die auch dazu genutzt werden, einen Satelliten für die sichere Quantenschlüsselverteilung (Quantum Key Distribution, QKD) (Eagle 1) zu testen, der 2026 gestartet werden soll und der erste europäische In-Orbit-Demonstrationsträger sein wird.

Diese terrestrischen Quantenkommunikationsnetze werden genutzt, um die QKD in realen Umgebungen umzusetzen und zu testen. Zu den Pilotprojekten gehören die sichere Übertragung medizinischer Daten zwischen Krankenhäusern, die verschlüsselte Kommunikation zwischen staatlichen Einrichtungen und QKD-Verbindungen für kritische Infrastrukturen wie Stromnetzleitstellen. Sie zeigen, wie die QKD wesentliche öffentliche Dienstleistungen und den nationalen Betrieb sichern kann.

Um diesen Einsatz zu unterstützen, nutzt die EU eine vollständig europäische Lieferkette von Quantenkomponenten, -geräten und -systemen⁴⁰. Außerdem wird eine umfassende Test- und Evaluierungseinrichtung für die QKD eingerichtet, die Umgebungen für die

³⁷ Die Bedrohung durch Quantencomputer für aktuelle kryptografische Protokolle.

³⁸ [Initiative „Europäische Quantenkommunikationsinfrastruktur“ \(EuroQCI\) | Gestaltung der digitalen Zukunft Europas.](#)

³⁹ [Commission presents ProtectEU Internal Security Strategy – Europäische Kommission.](#)

⁴⁰ Zu diesen Technologien gehören Quantenzufallszahlengeneratoren (Quantum Random-Number Generator, QRNG), Quanten-Einzelphotonenquellen und -Detektoren, verschränkungsbasierte QKD-Module und integrierte Telekommunikationsplattformen. Die Lieferkette wird im Rahmen des Programms der Union für sichere Konnektivität (Verordnung (EU) 2023/588) zertifiziert.

Vorabzertifizierung von QKD-Komponenten bietet und deren Integration in Ende-zu-Ende-Systeme und Netzarchitekturen vorbereitet⁴¹.

Darüber hinaus steht diese Tätigkeit in engem Zusammenhang mit der Cybersicherheitspolitik der EU, wie der NIS-2-Richtlinie, der bevorstehenden Überprüfung des Rechtsakts zur Cybersicherheit und dem Fahrplan der ENISA für quantensichere Kryptographie, um sicherzustellen, dass quantenbasierte Kommunikations-, Sensorik- und Recheninfrastrukturen von Anfang an für Verteidigungszwecke geeignete Sicherheitsmaßnahmen, Kontrollen der Lieferkettenintegrität und Kapazitäten für die Reaktion auf Vorfälle umfassen.

Andere führende Regionen investieren auch in terrestrische und weltraumgestützte quantensichere Funktionen. China beispielsweise hat weltraumgestützte QKD unter Beweis gestellt und über 2 000 km sichere terrestrische Verbindungen zwischen Städten aufgebaut⁴². Die USA investieren ihrerseits massiv in Quanten-Internet-Versuchsumgebungen und nationale Laborpartnerschaften, haben jedoch noch kein föderatives, sicheres Kommunikationsprogramm auf kontinentaler Ebene auf den Weg gebracht. Das europäische Modell, das terrestrische und Satellitensegmente über IRIS² integriert und auf den Grundsätzen der eingebauten Sicherheit und den von der EU kontrollierten Komponenten aufbaut, positioniert die EU bei der Entwicklung vertrauenswürdiger Quantennetze an vorderster Front.

Im Zeitraum 2025-2035 wird die EU die EuroQCI-Initiative weiter ausweiten.

Erstens wird die EU im Zeitraum 2025-2030 **grenzüberschreitende terrestrische Quantenverbindungen zwischen den Mitgliedstaaten** sowie Bodenstationen einrichten, die die terrestrischen Segmente von EuroQCI mit den EuroQCI-Satelliten für die weltraumgestützte Quantenschlüsselverteilung verbinden. Bis 2030 wird somit ein erstes europaweit vollständig vernetztes terrestrisches und weltraumgestütztes, sicheres Kommunikationsnetz geschaffen.

Zweitens wird **die EU die Marktakzeptanz und die Sicherheitszertifizierung erleichtern**. Sie wird weiterhin die Weiterentwicklung, Reifung und Einführung von Quantenkommunikationstechnologien und -protokollen⁴³ sowie deren geordnete Integration in EuroQCI unterstützen. Das EuroQCI-Weltraumsegment wird ebenfalls optimiert, um durchgehende sichere Weltraum- und terrestrische QKD-Dienste bereitzustellen, die schrittweise in die nächste Generation von IRIS²-Weltraumdiensten integriert werden. Die gesamte EuroQCI-Infrastruktur wird im Rahmen eines harmonisierten EU-Systems zertifiziert, um Vertrauen und Konformität zu gewährleisten.

Die Quanten-Internet-Initiative

Die Quanten-Internet-Initiative ergänzt EuroQCI durch die Vorbereitung der künftigen Generation von Quantennetzen. Sie schafft die Grundlage für verteilte Quanteninformatik und -sensorik sowie für die ultrasichere Datenweitergabe.

Europa hat bereits eine vollständige Architekturspezifikation für ein Quanten-Internet-Netz definiert und Quanten-Networking im großstädtischen Maßstab unter Beweis gestellt⁴⁴. Mit

⁴¹ Diese Einrichtung ermöglicht eine strenge Charakterisierung, Sicherheitstests und frühzeitige Unterstützung der Normung in enger Abstimmung mit den Tätigkeiten von ETSI – Quantum Key Distribution, www.etsi.org/technologies/quantum-key-distribution.

⁴² Im Rahmen des Peking-Shanghai-Backbones und des Satellitenprogramms Micius, an dessen Stelle Jinan-1 getreten ist.

⁴³ Beispiele für solche Technologien sind langlebige, hochpräzise optische Speicher der nächsten Generation, die für den Betrieb von Quantenrepeatern von entscheidender Bedeutung sind, sowie der Aufbau und die Demonstration voll funktionsfähiger Quantenrepeater, die großstädtische Netze miteinander verbinden und sowohl im Labor als auch unter realen Bedingungen getestet werden.

⁴⁴ Die Initiative hat erfolgreich eine *Verschränkung* zweier unabhängig betriebener Quantenknoten umgesetzt, die durch 10 km Glasfaser getrennt sind. Ebenso gab es technologische Fortschritte bei der Entwicklung von Quanten-

dem Start des Technologieforums der Quanten-Internet-Allianz (QIA)⁴⁵, dem ersten globalen offenen Forum für Quanten-Internet, wurden Rahmenbedingungen für Anwendungsfälle initiiert und der Aufbau von Ökosystemen wurde in Gang gesetzt. Europa hat auch bereits seine ersten industriellen Spin-offs und Produktstarts im Bereich des Quanten-Internets zu verzeichnen, was den frühzeitigen Technologietransfer an die Industrie in diesem Bereich signalisiert.

Die Initiative für Quantenforschung und -innovation in Europa wird die weitere technologische Entwicklung des Quanten-Internets unterstützen⁴⁶ und die Interoperabilität zwischen den verschiedenen zugrunde liegenden Rechenplattformen gewährleisten. Im Jahr 2026 wird sie den Start einer Pilotanlage für das europäische Quanten-Internet unterstützen, die die Erprobung wichtiger quantensicherer Komponenten und früher Anwendungsfälle, sicherer Quanten-Cloud-Dienste, verteilter Datenverarbeitung und fortgeschrittener Validierungsumgebungen ermöglicht, wodurch Forschung und Einsatz vor dem vollständigen Betrieb überbrückt werden. Ziel ist der **Einsatz eines voll funktionsfähigen, quantensicheren Kommunikationsnetzes bis 2030 als erster Schritt hin zu einem Quanten-Internetverbund**. Dies wird auch dazu beitragen, die EU bei der internationalen Normung in diesem Bereich an vorderster Front zu positionieren. Da die Fortschritte bei der Quanteninformatik die Sicherheit unserer Kommunikation gefährden⁴⁷, setzen die EU und ihre Mitgliedstaaten nun die **Empfehlung zur Post-Quanten-Kryptografie**⁴⁸ um und haben gerade einen **Fahrplan**⁴⁹ für den Übergang zur Post-Quanten-Kryptografie veröffentlicht.

- Aufbau des ersten innerhalb der EU vernetzten, experimentellen terrestrischen und weltraumgestützten sicheren Quantenkommunikationsnetzes [bis 2030]
- Veröffentlichung eines Fahrplans für die Quantenkommunikation [2026]
- Einführung einer Pilotanlage für das europäische Quanten-Internet [2026]

2.2.3 Quantensensorik

Die Quantensensorik nutzt Quanteneigenschaften, um physikalische Merkmale mit beispielloser Empfindlichkeit und Präzision zu messen, wodurch die Fähigkeiten klassischer Sensoren deutlich überschritten werden⁵⁰. Sie verfügt über ein enormes Potenzial in vielen unterschiedlichen Bereichen, von der Gesundheitsversorgung über den Klimawandel oder die Überwachung der Grundwasserressourcen bis hin zu Sicherheit, Verteidigung, Weltraum und Navigation.

Internet-Hardware, einschließlich Quantenrepeater-Technologien und Quantenrepeater-Knoten, sowie Fortschritte bei Quanten-Software-Stacks. <https://quantuminternetalliance.org/>.

⁴⁵ <https://quantuminternetalliance.org/>.

⁴⁶ Beispiele: Skalierbarkeit von Quantenspeichern, robuste Verschränkungsverteilung und Entwicklung von Quantennetz-Software-Stacks.

⁴⁷ So sammeln kriminelle Akteure beispielsweise bereits verschlüsselte Informationen wie gestohlene Datenbanken, geschützte Dateien oder Kommunikationsdaten, um sie später in böswilliger Absicht mit Quantencomputern zu entschlüsseln. Dieses Konzept wird als „Jetzt speichern – später entschlüsseln“ (Store now – decrypt later) bezeichnet. Siehe zum Beispiel: [The Second Quantum Revolution: the impact of quantum computing and quantum technologies on law enforcement](#) (Europol-Bericht 2024).

⁴⁸ [Empfehlung über einen Fahrplan für die koordinierte Umsetzung des Übergangs zur Post-Quanten-Kryptografie | Gestaltung der digitalen Zukunft Europas](#).

⁴⁹ In diesem Fahrplan werden die quantensicheren Algorithmen, Normen und Zertifizierungssysteme festgelegt, die entwickelt werden sollen, um sensible Informationen und kritische Infrastrukturen zu schützen. [EU verstärkt ihre Cybersicherheit durch Post-Quanten-Kryptografie | Gestaltung der digitalen Zukunft Europas](#).

⁵⁰ Zu den Vorteilen der Quantensensorik gegenüber traditionellen Sensortechniken gehören z. B. höhere Detektionsempfindlichkeit in Bezug auf physikalische Größen wie Magnetfelder, Temperatur, Schwerkraft usw., verbesserte Genauigkeit und Präzision der Messungen, bessere Auflösung.

Die Leitinitiative zur Quantentechnik der EU hat eine führende Rolle bei der Weiterentwicklung der Quantensensorik-Technologien von der Grundlagenwissenschaft bis hin zur anwendungsorientierten Forschung gespielt. Funktionale Prototypen werden bereits in realen Umgebungen erprobt, was die Führungsrolle Europas sowohl bei der Sensorinnovation als auch bei der Vorbereitung des industriellen Einsatzes und der Einführung in Anwendungen mit Potenzial für einen doppelten Verwendungszweck zeigt.

Quantengravimeter

Die EU entwickelt derzeit ein **Netz mobiler und stationärer Quantengravimeter**⁵¹, die es ermöglichen, unterirdische Merkmale zu erkennen, die sich bis zu mehreren zehn Kilometern unter der Erde befinden, darunter Wasserspeicher, Gasvorkommen, mineralische Ressourcen, Magmakammern oder unterirdische Infrastruktur. Sie sind besonders wertvoll für die Überwachung unterirdischer Veränderungen im Laufe der Zeit sowie die Unterstützung von Anwendungen in der Geowissenschaft und Geophysik (einschließlich der Kartierung unterirdischer Gebiete und der Erdbebenfrühwarnung), der Klimawissenschaft (z. B. Verfolgung von Gletscherverlust und Grundwasserverknappung), der Verhütung natürlicher Gefahren, des Bauwesens und strategischer Anwendungen in den Bereichen Verteidigung und Katastrophenschutz, wie die Erkennung von vom Menschen geschaffenen unterirdischen Strukturen und die Überwachung kritischer Infrastrukturen.

Im Rahmen der Leitinitiative zur Quantentechnik wird in den nächsten drei bis fünf Jahren in ganz Europa ein Netz bodengestützter Gravimeter eingerichtet, das durch Gravimeter auf Höhenplattformen ergänzt wird. Parallel dazu plant die EU, nach 2030 einen ersten **Pathfinder-Flug für weltraumgestützte Quanten-Gravimetrie**⁵² in die Wege zu leiten. Die Integration der Quanten-Gravimetrie im Rahmen von IRIS²-Folgemissionen wird ebenfalls geprüft. Diese Bemühungen könnten den Weg für ein groß angelegtes Netz boden-, luft- und weltraumgestützter Gravimeter für Erdbeobachtungszwecke ebnen, das sowohl die wissenschaftliche Forschung als auch strategische Anwendungen, einschließlich solcher mit Potenzial für einen doppelten Verwendungszweck, unterstützt.

Quantengestützte Magnetresonanztomographie (Q-MRT)

Im Bereich der medizinischen Diagnostik hat die EU-Forschung den Weg für eine durch Quantentechnik optimierte Bildgebung geebnet, bei der Quantensensoren zur Messung magnetischer Signale auf Molekularebene eingesetzt werden. Diese Systeme bergen viel Potenzial für die Präzisionsmedizin und die personalisierte Gesundheitsversorgung, indem sie die Erkennung von Krebs und neurodegenerativen Krankheiten beschleunigen und die Diagnoseinfrastruktur Europas modernisieren.

Im Jahr 2025 wird die EU im Rahmen der Leitinitiative zur Quantentechnik die Einrichtung der europäischen **Q-MRT-Pilotinfrastruktur**⁵³ in einer Reihe von Mitgliedstaaten unterstützen. Diese Infrastruktur wird die klinische Validierung durch Quantentechnologie optimierter MRT-Systeme⁵⁴ ermöglichen und akkreditierten Forschungszentren, Krankenhäusern und Industriepartnern offenen Zugang zur Erprobung genehmigter Prototypen für Quantenbildgebung bieten. Durch die Integration KI-gestützter Analyseinstrumente wird die Infrastruktur die Diagnosegenauigkeit erhöhen, frühere Interventionen unterstützen und

⁵¹ Taking atom interferometric quantum sensors from the laboratory to real-world applications, Nature Reviews Physics, 1, 731–739. <https://doi.org/10.1038/s42254-019-0117-4>.

⁵² <https://carioqa-quantumpathfinder.eu/> unter der Leitung von CNES, DLR und Airbus.

⁵³ [Quantum-enhanced and AI-powered metabolic MRI Diagnostics](#).

⁵⁴ Sie werden im Rahmen kontrollierter klinischer Prüfungen gemäß der EU-Verordnung über Medizinprodukte eingesetzt.

dazu beitragen, die Gesamtkosten der Gesundheitsversorgung zu senken. Im Laufe der Zeit wird dieses Netz schrittweise auf weitere Mitgliedstaaten ausgeweitet werden.

Die Initiative für Quantenforschung und -innovation in Europa wird auch zukünftig die weitere Forschung und Entwicklung im Bereich der Q-MRT-Sensoren und deren Integration in Forschungsinfrastrukturen im Bereich der öffentlichen Gesundheit finanzieren und so den Weg für ihre weitere Industrialisierung ebnen.

Darüber hinaus wird die EU weiterhin Forschungsarbeiten zu **höheren Empfindlichkeiten und neuen Bildkontrasten** unterstützen, die neuartige Diagnosefähigkeiten eröffnen, z. B. in der Neurologie (z. B. Störungen der zerebralen Konnektivität in der frühen Phase von Alzheimer) oder in der Onkologie (z. B. Krebserkennung durch metabolische Bildgebung).

Um ihre strategische Positionierung und Planung in Bezug auf Quantensensorik-Technologien sowie Metrologie- und Prüfinfrastrukturen weiter voranzubringen, **wird die EU einen koordinierten europäischen Fahrplan für Quantensensorik, -messung und -versuche entwickeln** und in Zusammenarbeit mit Metrologieinstituten und den Mitgliedstaaten einschlägige Normungsbemühungen unterstützen. Ein wichtiges Ziel wird auch darin bestehen, die strategische Autonomie Europas durch sichere und konforme Lieferketten für kritische Sensorikkomponenten und -systeme zu gewährleisten.

- Einführung eines europaweit verteilten Gravimetersystems [ab 2026]
- Veröffentlichung eines Fahrplans für die Quantensensorik [2026]
- Aufbau einer europäischen Q-MRT-Pilotinfrastruktur und deren Ausbau in ganz Europa [ab 2025]

2.3 Bereich 3: Quantenökosystem in Europa

Ein dynamisches, vernetztes und robustes Quantenökosystem ist von entscheidender Bedeutung für die langfristige Fähigkeit Europas, Quantentechnik in großem Maßstab zu entwickeln und einzusetzen. Heute umfasst das europäische Quantenökosystem rund 70 Start-up- und Scale-up-Unternehmen, Deep-Tech-Investoren, Forschungs- und Innovationseinrichtungen, nationale Kompetenzcluster und industrielle Lieferketten. **Dieses Ökosystem ist jedoch nach wie vor sehr anfällig.** Es wird von **kleinen Start-up- und Scale-up-Unternehmen dominiert, die mit erheblichen Wachstumshemmnissen konfrontiert sind: instabile Einnahmequellen, begrenzter Zugang zu Scale-up-Kapital und begrenzte Nachfrage in der Industrie** in nächster Zeit. Darüber hinaus fehlt es der EU an großen Quantenhardware-Anbietern und Anker-Endnutzern, die in der Lage sind, die Nachfrage zu katalysieren und die Übernahme in der Industrie zu beschleunigen. Diese strukturelle Schwäche hemmt sowohl private Investitionen als auch das Entstehen kritischer Lieferketten.

Ohne koordinierte Maßnahmen und Zugang zu echten Marktchancen besteht die Gefahr, dass viele dieser Start-up-Unternehmen verschwinden oder sich in stärker unterstützende Ökosysteme außerhalb Europas verlagern.

Zur Unterstützung dieses Ökosystems muss Europa entschlossene Schritte unternehmen, um die Industrialisierung zu fördern, vielversprechende Akteure zu skalieren, strategische Lieferketten zu sichern, Leitmärkte zu entwickeln, strategische Vermögenswerte zu schützen und die nächste Generation von Fachkräften im Bereich der Quantentechnik auszubilden.

2.3.1 Vom Labor in die Fabrik und weiter zur Industrialisierung

Der Weltmarkt für Quantentechnik ist noch im Entstehen begriffen. Sein heutiger Wert beträgt 2 bis 3 Mrd. EUR. Bis 2040 dürften 155 Mrd. EUR erreicht werden⁵⁵. Dieses voraussichtliche

⁵⁵ [McKinsey Quantum Technology Monitor 2024](#).

Wachstum erfordert eine koordinierte, einheitliche EU-Strategie für die Industrialisierung, die es europäischen Unternehmen ermöglicht, diese neue Chance zu nutzen.

Quantenchips sind die wichtigste Grundlage für die Quantenindustrialisierung und die Marktentwicklung. Heute befindet sich ihre Entwicklung jedoch in einem Stadium, das mit der von Halbleitern vor 30 bis 40 Jahren vergleichbar ist, wobei die meisten derzeitigen Quantengeräte hauptsächlich proprietäre Designs und weitgehend handgefertigte Geräte sind.

Europa muss rasch auf die erste großmaßstäbliche Herstellung kostengünstiger Quantenchips hinarbeiten und dabei so weit wie möglich Verfahren verwenden, die mit jenen für Mikroelektronik und Photonik kompatibel sind, oder erforderlichenfalls neue Verfahren entwickeln. Dieser Ansatz würde es ermöglichen, die bestehende Halbleiterinfrastruktur zu nutzen, die Kosten zu senken und die Markteinführungszeit für Quantenchips und -geräte zu verkürzen.

In dieser Richtung wird die EU **bald ihre ersten sechs Quanten-Pilotanlagen über das Gemeinsame Unternehmen für Chips** im Einklang mit dem Chip-Gesetz⁵⁶ einrichten. Diese Pilotanlagen, die durch eine gemeinsame Finanzierung der EU und der Mitgliedstaaten in Höhe von 40 bis 50 Mio. EUR pro Anlage ermöglicht werden, werden die frühzeitige Entwicklung von Prototypen, die Validierung von Entwürfen und die Entwicklung von Prozessen unterstützen. Gleichzeitig werden durch enge Zusammenarbeit mit der Industrie praktische Anwendungsfälle gefördert. Mit diesen sechs Pilotanlagen werden die Grundlagen der experimentellen Pilotanlagen⁵⁷ der Leitinitiative zur Quantentechnik auf industrielle Pilotanlagen ausgeweitet.

In den nächsten drei bis fünf Jahren werden diese Bemühungen Europa in die Lage versetzen, die Quantentechnik und andere grundlegende Technologien und Prozesse weiter auszureifen und zu konsolidieren, bevor um das Jahr 2030 die ersten Quanten-Fertigungsbetriebe aufgebaut werden. Zur Unterstützung der Planung für die vollständige Industrialisierung und deren Umsetzung und im Einklang mit dem Kompass für Wettbewerbsfähigkeit der EU wird **die Kommission im Jahr 2026 einen umfassenden Fahrplan für die Industrialisierung von Quantenchips veröffentlichen.**

Da Entwurfsanlagen und Bibliotheken für jedes Quantenchip-Ökosystem von grundlegender Bedeutung sind, wird die EU im Rahmen des Gemeinsamen Unternehmens für Chips **eine Quantenentwurfsanlage** einrichten. Die Anlage wird neben der cloudbasierten Entwurfsplattform der Halbleiterindustrie betrieben und mit den Quanten-Pilotanlagen verbunden.

Zudem werden technische Interoperabilität und neue Normen erforderlich sein, um die Quantenindustrialisierung zu erleichtern. 2026 wird die EU daher **einen europäischen Fahrplan für Quantennormen** veröffentlichen und gemeinsam mit den Mitgliedstaaten eine aktive Beteiligung von Interessenträgern aus der Industrie an europäischen und internationalen Normungsgremien unterstützen.

2.3.2 Stärkung und Ausbau des entstehenden europäischen Quantenökosystems

Damit das europäische Quantenökosystem wirklich expandieren kann, werden die folgenden Maßnahmen ergriffen.

Erstens die **Einrichtung eines europaweiten, zentralisierten Netzes frei zugänglicher Quantenversuchseinrichtungen.** Quantentechnik beruht auf hochsensiblen Systemen und Laboratorien⁵⁸, die technisch komplex und äußerst kostspielig sind. Daher ist es für die meisten

⁵⁶ Richtlinie (EU) 2023/1781: [Europäisches Chip-Gesetz | Gestaltung der digitalen Zukunft Europas](#).

⁵⁷ [QU-PILOT](#) und [QU-TEST](#).

⁵⁸ Dazu gehören u. a. ultrareine Umgebungen, kryogene Kühlung, Vakuumsysteme und Präzisionssteuerungselektronik.

Akteure, insbesondere KMU und Start-up-Unternehmen, nicht zweckmäßig, solche Einrichtungen unabhängig zu errichten oder zu betreiben. Um den Zugang zu Testanlagen, speziellen Geräten und Versuchsmöglichkeiten zu erweitern, werden die bestehenden Pilotanlagen der Leitinitiative zur Quantentechnik in ein europaweites, zentralisiertes Netz frei zugänglicher Quantenversuchseinrichtungen umgewandelt. Diese Einrichtungen werden Entwicklern, Start-up-Unternehmen, KMU und Forschenden Dienstleistungen und Zugang zu Erprobung, Validierung und Benchmarking ihrer Quantengeräte bieten⁵⁹. Dies wird den Übergang vom Prototyp zum Markt beschleunigen und die Zertifizierungsanstrengungen unterstützen, die für das Entstehen zuverlässiger Lieferketten und den Aufbau des Vertrauens der Kunden in allen Sektoren von entscheidender Bedeutung sind.

Zweitens die **Ausweitung der Quantenkompetenzcluster (Quantum Competence Clusters, QCCs)**. Diese Cluster sind in mehreren Mitgliedstaaten bereits in nationale und regionale Innovationsökosysteme eingebettet. Dabei handelt es sich um regionale Knotenpunkte, die gemeinsame Infrastrukturen und Dienste anbieten und gleichzeitig eine Verbindung zwischen Akteuren aus Forschung und Industrie herstellen. Die Initiative für Quantenforschung und -innovation in Europa wird den Ausbau und die Vernetzung dieser Cluster unterstützen, um die gesamte EU abzudecken, auch in Mitgliedstaaten, in denen es solche Cluster bisher nicht gibt. Die QCCs werden als verteilte Kompetenzzentren fungieren, die Start-up-Unternehmen, Forschende und industrielle Partner mit Infrastrukturen, Pilotanlagen und Entwurfseinrichtungen in der gesamten Union verbinden. Sie werden die Zusammenarbeit⁶⁰ und Kohärenz in allen strategischen Quantenbereichen – von der Forschung bis zur Industrialisierung – sowie die Kompetenzentwicklung fördern. Ebenso wie die europäischen Zentren für digitale Innovation (European Digital Innovation Hubs, EDIHs) werden die QCCs Dienste anbieten, die auf die regionalen Stärken zugeschnitten, aber in die europaweite Zusammenarbeit eingebettet sind und diese fördern.

Drittens die **Förderung von Mechanismen zum Schutz des geistigen Eigentums**, damit Quantenunternehmen diese nutzen können, um die strategische Kontrolle über wichtige Innovationen sicherzustellen und den Abfluss kritischer Vermögenswerte zu verhindern.

Viertens die **Beschleunigung der industriellen Einführung von Quantentechnologien**. Die EU wird einen koordinierten Ansatz verfolgen, um Pioniernutzer sowohl im öffentlichen als auch im privaten Sektor zu fördern. In dieser Hinsicht wird die **Vergabe öffentlicher Aufträge ein wichtiges Instrument sein, um eine frühzeitige Einführung zu fördern und erste Marktchancen zu schaffen**. Das GU EuroHPC unterstützt bereits den Erwerb der ersten Quantencomputer durch die Vergabe öffentlicher Aufträge. Darüber hinaus wird die Kommission innovationsorientierte Beschaffungsprogramme unterstützen, die es Krankenhäusern, Infrastrukturbetreibern, kritischen öffentlichen Diensten und staatlichen Stellen ermöglichen, als Erstkunden für Quantenlösungen zu fungieren. Dies wird durch maßgeschneiderte finanzielle Anreize und Einführungsrahmen für öffentliche Einrichtungen unterstützt, die bereit sind, als Vorreiter aufzutreten. Durch die Positionierung der **Mitgliedstaaten als erste institutionelle Käufer europäischer Quantentechnologien** wird ein starkes Signal an Märkte und Investoren gesendet, wodurch die Entwicklung von Ökosystemen und die wirtschaftliche Tragfähigkeit unterstützt werden.

Fünftens die **Verbindung von Quanten-Start-up-Unternehmen mit europäischen Unternehmen**. Dies wird für die Marktexpansion der Start-up-Unternehmen von entscheidender Bedeutung sein. Die Kommission wird in Zusammenarbeit mit dem Quantenökosystem⁶¹ sektorspezifische Herausforderungen auf den Weg bringen, insbesondere in den Bereichen Luft- und Raumfahrt, Automobilindustrie, Energie, Fertigung, Logistik und

⁵⁹ Im Einklang mit der künftigen [europäischen Strategie für Forschungs- und Technologieinfrastrukturen](#).

⁶⁰ Im Einklang mit den einschlägigen EU-Kartellvorschriften wie den Leitlinien von 2023 zur Anwendbarkeit von Artikel 101 AEUV auf Vereinbarungen über horizontale Zusammenarbeit, soweit anwendbar.

⁶¹ European Quantum Industry Consortium [Homepage – QuIC](#).

Arzneimittel, um große industrielle Akteure zu ermutigen, strategische Partnerschaften zur gemeinsamen Entwicklung einzugehen und Pioniernutzer zu werden.

Schließlich wird ein wachsendes Quantenökosystem einen Zustrom kompetenter Fachkräfte erfordern. Dies wird in Abschnitt 2.5 weiter ausgeführt.

2.3.3 Investitionen in Quanten-Start-up- und -Scale-up-Unternehmen

Während weiterhin Finanzierungen in der Gründungs- und Frühphase aus öffentlichen Quellen verfügbar sind, zieht Europa nur 5 % der weltweiten privaten Quantenfinanzierung an, während die USA über 50 % erhalten. Diese Finanzierungslücke ist in späteren Entwicklungsstadien besonders ausgeprägt⁶². Dies birgt das Risiko, dass Start-up-Unternehmen aus der EU von außereuropäischen Investoren erworben werden könnten, was potenzielle Verluste in den Bereichen geistiges Eigentum, kritische Technologien, technologische Souveränität und Fachkräfte mit sich bringen könnte.

Daher werden Investmentfonds, einschließlich öffentlich geförderter privater Fonds, ermutigt, erhebliche Kapitalinvestitionen für die Entwicklung von Quantentechnik zu mobilisieren. Dazu gehören die Unterstützung durch den Fonds des Europäischen Innovationsrats (EIC)⁶³, die Initiative „European Tech Champions“⁶⁴ der Europäischen Investitionsbank-Gruppe (EIB-Gruppe) oder durch Erstaussfallgarantien und maßgeschneiderte Koinvestitionsprogramme über InvestEU.

In der im Mai 2025 angenommenen EU-Start-up- und Scale-up-Strategie⁶⁵ wurde die Einrichtung des **europäischen Scale-up-Fonds** als Teil des EIC-Fonds angekündigt, um erhebliche private Mittel zu mobilisieren und direkte Beteiligungsinvestitionen in strategischen Sektoren wie der Quantentechnik zu tätigen. Die EU-Start-up- und Scale-up-Strategie bietet auch spezielle Lösungen zur Erleichterung des Zugangs zu Finanzmitteln, öffentlichen Aufträgen, Märkten, Dienstleistungen und Fachkräften für innovative Start-up- und Scale-up-Unternehmen.

Darüber hinaus könnten die Verwaltungsbehörden, wie in der Halbzeitüberprüfung der Kohäsionspolitik⁶⁶ vorgeschlagen, unterstützt durch Anreize und Flexibilitäten die Möglichkeit nutzen, um Mittel für Investitionen neben anderen Prioritäten zugunsten von Zielen der Plattform für strategische Technologien für Europa (STEP) umzuschichten. Die Kommission fordert die Mitgliedstaaten und Regionen nachdrücklich auf, sich bei der Neuprogrammierung im Rahmen der Halbzeitüberprüfung auf bahnbrechende, innovative Unternehmen zu konzentrieren und den Unternehmen zu helfen, die zu den strategischen Sektoren und Wertschöpfungsketten Europas (z. B. Quantentechnik) beitragen.

Schließlich wird die Kommission im Rahmen der Spar- und Investitionsunion⁶⁷ Maßnahmen vorschlagen, mit denen die Fragmentierung des Binnenmarkts für Finanzdienstleistungen angegangen und Hindernisse für nahtlose grenzüberschreitende Investitionen in der EU

⁶² [The Future of European Competitiveness – A Competitiveness Strategy for Europe.](#)

⁶³ Zwischen 2021 und 2024 hat der EIC bereits rund 350 Mio. EUR für die Förderung des Wachstums von Start-up-Unternehmen im Bereich der Quantentechnik bereitgestellt. Zusätzliche EIC-Investitionen in Quanten-Scale-up-Unternehmen von bis zu 30 Mio. EUR pro Unternehmen werden im Anschluss an die Aufforderung zur Einreichung von Vorschlägen im Zuge des EIC-STEP-Scale-up-Programms als Teil der Plattform für strategische Technologien für Europa vorbereitet.

⁶⁴ [Startschuss zu neuem Dachfonds für europäische Tech-Champions.](#)

⁶⁵ https://research-and-innovation.ec.europa.eu/strategy/strategy-research-and-innovation/jobs-and-economy/eu-startup-and-scaleup-strategy_en.

⁶⁶ „Eine modernisierte Kohäsionspolitik: Die Halbzeitüberprüfung“, COM(2025) 163.

⁶⁷ [Savings and investments union – Europäische Kommission.](#)

beseitigt werden sollen, auch in Risikokapital, das für die Entwicklung von Quantentechnologien von entscheidender Bedeutung ist. Die EU wird unter anderem Beteiligungsinvestitionen institutioneller Anleger fördern, die Kotierungsvorschriften im Rahmen der Umsetzung des Rechtsakts über die Notierung vereinfachen, Maßnahmen zur Unterstützung von Ausstiegen von Investoren in Privatunternehmen vorschlagen, gemeinsam mit der EIB mögliche Initiativen ausloten, die darauf abzielen, private Investitionen in Risikokapital und Wachstumskapital zu mobilisieren und Hindernisse für nationale Besteuerungsverfahren zu beseitigen⁶⁸.

2.3.4 Stärkung der Sicherheit der Lieferkette

Ein dynamisches Quantenökosystem, das durch resiliente Lieferketten unterstützt wird, ist für die Stärkung der wirtschaftlichen Sicherheit Europas von entscheidender Bedeutung. Auch wenn die seit Langem bestehende Offenheit der EU für Handel, Investitionen und Forschung für die Entwicklung des europäischen Quantenökosystems von entscheidender Bedeutung ist und bleiben wird, bringt sie auch gewisse Herausforderungen mit sich. Einerseits stützen sich europäische Quantenunternehmen und -forschende auf einen kontinuierlichen Versorgungsstrom aus vertrauenswürdigen Quellen und profitieren in hohem Maße davon. Andererseits besteht die Gefahr, dass diese Lieferketten als Waffe eingesetzt werden. Daher ist es unerlässlich, kritische Schwachstellen in der europäischen Quantenlieferkette zu ermitteln und zu beseitigen, um die Risiken zu mindern, die sich aus der übermäßigen Abhängigkeit der EU von außereuropäischen Quellen ergeben. Die Kartierung von Risiken und die genaue Überwachung der Entwicklung des neu entstehenden Quantenökosystems sind daher ein wesentlicher Bestandteil des europäischen Ansatzes für den Aufbau einer gesunden, sicheren und wettbewerbsfähigen technologieintensiven Quantenlandschaft in Europa.

Im Rahmen der Europäischen Strategie für wirtschaftliche Sicherheit⁶⁹ und der Beobachtungsstelle für kritische Technologien⁷⁰ **führt die Kommission in enger Zusammenarbeit mit Interessenträgern und Mitgliedstaaten eine EU-weite Risikobewertung der Quantentechnik durch, um Schwachstellen in der Lieferkette zu erfassen.** Dabei werden insbesondere Materialien, Komponenten und Schlüsseltechnologien berücksichtigt. Ziel dieser Bewertungen ist es, strategische Abhängigkeiten, potenzielle Engpässe und systemische Schwachstellen in der Quantentechnik-Lieferkette zu ermitteln, die von seltenen Materialien bis hin zu Präzisionskomponenten, Steuerelektronik und Software-Stacks reichen. Die Ergebnisse werden in gezielte Minderungsmaßnahmen einfließen, darunter Diversifizierung der Lieferanten, verbesserte europäische Produktionskapazitäten, Partnerschaften mit Lieferantenländern im Rahmen von Global Gateway und Risikoteilungsmechanismen. Die ersten Ergebnisse werden für 2026 erwartet. Darüber hinaus spiegelt sich die Rolle, die Quantentechnik bei der Gewährleistung der Sicherheit und der öffentlichen Ordnung der EU spielt, in Diskussionen über laufende und künftige Initiativen, die sich auf sowohl eingehende als auch ausgehende Investitionen beziehen, sowie im Zusammenhang mit Ausfuhrkontrollen wider.

Aufbauend auf den vorstehenden Erkenntnissen wird der bevorstehende **Quantenrechtsakt** die Stärkung des Quantenökosystems und generell die oben genannten Industrialisierungsanstrengungen weiter unterstützen, indem Anreize für Mitgliedstaaten und Unternehmen, Investoren und Forschende geschaffen werden, in (Pilot-)Produktionsanlagen zu investieren, und diese Tätigkeiten im Rahmen groß angelegter EU-weiter Initiativen oder nationaler oder regionaler Bemühungen unterstützt werden.

⁶⁸ Gegebenenfalls unter Einhaltung der einschlägigen Vorschriften über staatliche Beihilfen.

⁶⁹ JOIN(2023) 20 final; <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/PDF/?uri=CELEX:52023JC0020>. Diese Strategie umfasst auch Risikobewertungen im Zusammenhang mit der Technologiesicherheit und dem Abfluss von Technologie, für die Quantentechnologien bisher einer von vier Schwerpunktbereichen sind.

⁷⁰ https://defence-industry-space.ec.europa.eu/eu-space/eu-observatory-critical-technologies_en.

- Einrichtung von sechs neuen Quanten-Pilotproduktionsanlagen im Rahmen des Gemeinsamen Unternehmens für Chips, um Technologien vom Labor bis zum Markt zu skalieren [2025]
- Veröffentlichung eines Fahrplans für die Industrialisierung von Quantenchips [2026]
- Einrichtung einer Quantenentwurfsanlage [2026]
- Veröffentlichung eines europäischen Fahrplans für Quantennormen [2026]
- Erweiterung des Netzes von Quantenkompetenzclustern [2026]
- Durchführung und Fertigstellung EU-weiter Bewertungen von Schwachstellen in der Lieferkette [2025-2026]

2.4 Bereich 4: Quantentechnik im Weltraum und Quantentechnik mit doppeltem Verwendungszweck (Sicherheit und Verteidigung)

Quantentechnik birgt das Potenzial für einen doppelten Verwendungszweck. Sie ist daher von entscheidender Bedeutung, um sowohl die Wettbewerbsfähigkeit Europas als auch seine strategische Autonomie in den Bereichen Weltraum, Sicherheit und Verteidigung zu stärken. Die jüngsten Fortschritte im Bereich der Quantentechnik bringen große Vorteile für Verteidigung und Sicherheit mit sich, einschließlich ultrasicherer Kommunikation, verbesserter Gefechtsfeldsensorik und optimierter Logistik. Sie können jedoch auch Risiken bergen, wenn Gegner einen technologischen Vorsprung erlangen. Um ihr Potenzial voll auszuschöpfen und gleichzeitig diese Risiken zu mindern, werden proaktive politische Maßnahmen und Aufsichtsmaßnahmen sowie eine enge Koordinierung mit wichtigen Partnern wie der Europäischen Verteidigungsagentur von entscheidender Bedeutung sein.

Quantentechnik im Weltraum

Quantentechnik bietet strategisch bedeutsame Chancen für europäische Weltraummissionen. Sichere Quantenkommunikationstechnologien sind bereits in wichtige Weltrauminitiativen der EU eingebettet, darunter EuroQCI/IRIS² und die Pathfinder-Mission im Bereich der weltraumgestützten Quanten-Gravimetrie. Die Weltraumaktivitäten der EU umfassen auch die Förderung von Quanten-Trägheitsnavigationssystemen, einschließlich Prototypen auf der Grundlage von optischen Quantensensoren im Rahmen des Galileo-Programms, für die autonome Positionsbestimmung in Umgebungen, in denen globale Navigationssatellitensysteme (GNSS) absichtlich deaktiviert oder manipuliert wurden. Diese Prototypen sollen in den kommenden Jahren in Galileo-Satelliten erprobt werden, um ihr Potenzial für den operativen Einsatz zu bewerten. Parallel dazu werden auch Quantenuhren für künftige Galileo-Aufrüstungen bewertet. Die Quanteninformatik dürfte auch die Weltraumtechnik durch fortgeschrittene Rechenkapazitäten optimieren, unter anderem zur Verbesserung des menschlichen Verständnisses des Universums. Zahlreiche quantenbasierte Weltraumanwendungen haben auch ein großes Potenzial für militärische und Aufklärungszwecke.

Zusammen versprechen diese Quantentechnologien erhebliche Fortschritte in Bezug auf die zeitliche Stabilität, Präzision und Resilienz und stärken die strategische Autonomie Europas im Hinblick auf die Satellitennavigation. Um das Potenzial der Quantentechnik im Weltraum weiter auszuloten, wird die Kommission den derzeitigen Rahmen für die Zusammenarbeit mit der Europäischen Weltraumorganisation (ESA) ausweiten, um gemeinsam einen **Fahrplan für Quantentechnik im Weltraum** zu entwickeln und die Komplementarität und Synchronisierung von weltraumbezogenen Quantentätigkeiten sicherzustellen.

Quantentechnik für Sicherheit und Verteidigung

Das Potenzial von Quantentechnik für einen doppelten Verwendungszweck bedeutet, dass ihre Durchbrüche auch erhebliche Vorteile für strategische Sicherheits- und Verteidigungsanwendungen mit sich bringen können. Beispielsweise könnte die

Quanteninformatik Verteidigungsstrategien radikal verändern, indem sie eine schnellere Entscheidungsfindung ermöglicht und zur Bewältigung komplexer operativer und logistischer Herausforderungen beiträgt. Sie kann auch dazu beitragen, neue militärische Materialien zu entwerfen oder sensible Informationen vor Cyberbedrohungen zu schützen.

Quanteninformatik dient der Umwandlung wichtiger Sicherheits- und Verteidigungsanwendungen wie Simulationen von Flüssigkeitsströmen bei extremer Temperatur, Verbrennungsdynamik oder Entdeckung hitzebeständiger Materialien. Quantensensoriktechnologien bieten kritische Fähigkeiten für die Verteidigung, einschließlich hochpräziser Gravimetrie, Magnetometrie und Trägheitsnavigation. Diese Sensoren ermöglichen die Erkennung unterirdischer Strukturen, die Verfolgung von U-Booten und eine fortgeschrittene Bedrohungserkennung. Gleichzeitig gewährleistet die Quantenkommunikation, insbesondere die Verteilung von Quantenschlüsseln, einen ultrasicheren Informationsaustausch zwischen terrestrischen und satellitengestützten Netzen und schützt militärische und Aufklärungsdaten vor Spionage oder künftigen quantenfähigen Cyberbedrohungen. Sowohl Sensor- als auch Kommunikationstechnologien sind daher wichtige Voraussetzungen für die strategische Autonomie und operative Überlegenheit Europas im Verteidigungs- und Sicherheitskontext.

Globale Akteure wie die USA⁷¹ und China investieren massiv in weltraumgestützte und militärische Quantenanwendungen, darunter die vom Globalen Navigationssatellitensystem (GNSS) unabhängige Navigation, sichere satellitengestützte und terrestrische Kommunikation, Quanten-LiDAR⁷² und Quantenradar. Quantentechnik hat auch begonnen, umfassendere Allianzen und kooperative Rahmenbedingungen zu beeinflussen⁷³.

In der EU sehen mehrere Mitgliedstaaten⁷⁴ bereits Investitionen in ihre Verteidigungsprogramme für die Entwicklung von für die Verteidigung geeigneter Quantentechnik wie Kaltatom-Sensoren, Diamanten-Sensoren oder Quantencomputer vor und untersuchen Anwendungsfälle wie fortgeschrittene Zeitgebung, GNSS-freie Positionsbestimmung und Meeresbodenkartografie.

Um die Investitionsmöglichkeiten in Technologien mit doppeltem Verwendungszweck und kritische Verteidigungstechnologien im Rahmen der EU-Programme zu stärken, hat die Kommission kürzlich einen Vorschlag⁷⁵ zur Änderung des Anwendungsbereichs der einschlägigen bestehenden Instrumente vorgelegt. Die Kommission hat auch Maßnahmen ergriffen, um Technologien mit doppeltem Verwendungszweck, einschließlich Quantentechnologie, für die Verteidigung zu nutzen, beispielsweise durch Maßnahmen im Rahmen des Europäischen Verteidigungsfonds und seines EU-Innovationsprogramms im Verteidigungsbereich (EUDIS).

All diese Tätigkeiten beruhen auf der Prämisse, dass Europa sicherstellen muss, dass Quantenentwicklungen zugänglich und sicher und von den Ausfuhrvorschriften von

⁷¹ Quantum Benchmarking Initiative: <https://www.darpa.mil/research/programs/quantum-benchmarking-initiative>.

⁷² Ein Quanten-LiDAR ist ein Lichterkennungs- und Entfernungssystem, bei dem Quanteneigenschaften wie die Verschränkung verwendet werden, um die Empfindlichkeit und Genauigkeit der Zielerfassung und der Entfernungsschätzung über die klassischen Grenzen hinaus zu erhöhen.

⁷³ Z. B. [BRICS And Quantum Computing](#).

⁷⁴ Z. B. Frankreich (PROQCIMA-Programm für Quantensensoren für die Verteidigung – <https://quantique.france2030.gouv.fr/acces-aux-marches/programme-proqcima>), Deutschland (Quantenkommunikation und -sensorik im Rahmen des BMBF), Italien (Kaltatom-Sensoren für GNSS-freie Navigation), Österreich (Quantenuhren und Trägheitssensoren), Finnland (tragbare Quantensensoriksysteme für die Verwendung im Verteidigungsbereich).

⁷⁵ [COM\(2025\) 188 vom 22.4.2025](#): Vorschlag für eine Verordnung zur Änderung der Verordnungen (EU) 2021/694, (EU) 2021/695, (EU) 2021/697, (EU) 2021/1153, (EU) 2023/1525 und (EU) 2024/795 im Hinblick auf Anreize für verteidigungsbezogene Investitionen im EU-Haushalt zur Umsetzung des Plans „ReArm Europe“.

Drittländern unberührt bleiben und gleichzeitig mit den europäischen Verteidigungs- und Sicherheitszielen im Einklang stehen.

Die EU und die NATO erkennen Quantentechnik auch als missionskritische Voraussetzung für Aufklärung, Überwachung, Navigation und sichere Infrastruktur an. Im Jahr 2024 gründete die NATO die Transatlantic Quantum Community mit dem Ziel, zu einer „quantenfähigen Allianz“ zu werden. Die Kommission und die NATO diskutieren im Rahmen des strukturierten Dialogs zwischen der EU und der NATO über neu entstehende und disruptive Technologien (EDT) im Bereich der Quantentechnik.

In der **Europäischen Strategie für die innere Sicherheit** und dem Europäischen Verteidigungsfonds wird die Quantentechnik als Schlüsselbereich für die Gewährleistung der langfristigen Sicherheit und des technologischen Vorsprungs der EU genannt. Laut dem **Weißbuch zur europäischen Verteidigung – Bereitschaft 2030** verfügt Quantentechnik auch über die Fähigkeit, traditionelle Ansätze für die Kriegsführung zu sprengen und völlig neu zu gestalten. In dem Weißbuch wird angekündigt, dass die Kommission mit relevanten Quantenfortschritten, -initiativen und -programmen zum **Europäischen Rüstungstechnologiefahrplan** beitragen wird. Dies wird die Transformation der Verteidigung beschleunigen und Investitionen in fortgeschrittene technologische Fähigkeiten mit doppeltem Verwendungszweck auf EU-, nationaler und privater Ebene mobilisieren.

Um diese Bemühungen zu steuern, wird die **Kommission bis 2026 einen speziellen Fahrplan für Quantensensorik in der Weltraum- und Verteidigungstechnik ausarbeiten**, in dem die Prioritäten auf die zivilen, sicherheits- und verteidigungspolitischen Gemeinschaften abgestimmt werden. Dies wird dazu beitragen, Investitionen in Quantensensoren der nächsten Generation, auch für Gravimetrie, Navigation und fortgeschrittene Bedrohungserkennung, zu koordinieren.

Parallel dazu wird die EU ab 2026 Spin-in-Initiativen auf den Weg bringen, um die Einführung ziviler Quanteninnovationen in Sicherheits- und Verteidigungsanwendungen zu beschleunigen. Diese Initiativen werden Spitzenunternehmen und Forschungsgruppen mit Akteuren im Verteidigungsbereich verbinden, was dazu beitragen wird, die Entwicklungszyklen zu verkürzen und den technologischen Vorsprung Europas bei **Fähigkeiten mit Potenzial für einen doppelten Verwendungszweck** zu stärken.

- Unterzeichnung einer Kooperationsvereinbarung mit der ESA zur Entwicklung eines Fahrplans für Quantentechnik im Weltraum [2. Quartal 2025]
- Entwicklung eines Fahrplans für Quantensensorik in der Weltraum- und Verteidigungstechnik [2026]
- Beitrag zum Europäischen Rüstungstechnologiefahrplan [4. Quartal 2025]
- Start von Spin-in-Initiativen zur Einbindung ziviler Unternehmen und der Wissenschaft für Verteidigungsanwendungen [ab 2026]

2.5 Bereich 5: Quantenkompetenzen

Europa hat eine starke Basis akademischer Quantenfachkräfte aufgebaut. Die Europäische Union hat im Vergleich zur Bevölkerung weltweit die höchste Zahl von Absolventinnen und Absolventen in für die Quantentechnik relevanten Fächern mit jährlich über 110 000 Absolventinnen und Absolventen⁷⁶ in Physik, IKT, Ingenieurwesen und verwandten Fächern. Gemäß der strategischen Forschungs- und Industrieagenda 2030 der Leitinitiative zur Quantentechnik⁷⁷ verfügt Europa über mehr als 40 spezialisierte Masterprogramme in den Bereichen Quantentechnik und Quanteningenieurwesen. Dies reicht jedoch nach wie vor nicht

⁷⁶ [Global Comparison of STEM Education | SpringerLink](#).

⁷⁷ Strategic Research and Industry Agenda 2030 (Quantum Flagship): <https://qt.eu/media/pdf/Strategic-Research-and-Industry-Agenda-2030.pdf>.

aus, um die prognostizierte Nachfrage bei Start-up-Unternehmen und Industrie in der EU zu decken, die mit einem erheblichen Fachkräftemangel zu kämpfen haben. Am kritischsten sind die Engpässe in angewandten Bereichen⁷⁸, einschließlich Quantensoftwaretechnik, -systemintegration und -cybersicherheit, wodurch die Vermarktung für in der EU ansässige Start-up- und Scale-up-Unternehmen verlangsamt wird.

Im Rahmen der Union der Kompetenzen⁷⁹ ergreift die Kommission mehrere Initiativen, um den Fachkräftemangel zu beheben, auch im Zusammenhang mit Quantentechnik. Die Kommission wird 2026 eine virtuelle **Europäische Akademie für Quantenkompetenzen** einrichten, die als zentrale Anlaufstelle dienen soll, die die bestehenden Ausbildungsangebote und praktischen Anwendungsmöglichkeiten im Bereich der Quantentechnik auf allen Bildungsebenen sichtbar macht. Im Rahmen dieser Initiative wird die Kommission die Zusammenarbeit mit Hochschulen, Ausbildungseinrichtungen, der Forschungsgemeinschaft und Partnern aus der Industrie bei der Konzeption und Durchführung von Bildungsprogrammen und eigenständigen Schulungsmodulen durch einen interdisziplinären Ansatz fördern. Die Programme umfassen gemeinsame Lehrpläne auf den ISCED-Stufen 7 (Master- oder gleichwertiges Studium) oder 8 (Doktoranden- oder gleichwertiges Studium), die unter Verwendung des Europäischen Systems zur Übertragung und Akkumulierung von Studienleistungen (ECTS) zu einem Abschluss führen. Virtuelle Studienmessen und Stipendienprogramme werden derartige Programme fördern.

Um zukunftsorientierte Kompetenzen zu fördern, wird die Kommission darüber hinaus die Entwicklung innovativer gemeinsamer europäischer Studienprogramme erleichtern, auch in strategischen Sektoren und wichtigen technologischen Bereichen wie Quantentechnik. Dies wird möglicherweise durch ein europäisches Gütesiegel auf der Grundlage gemeinsam vereinbarter Kriterien erfolgen.

Darüber hinaus wird die Akademie im Einklang mit dem Ziel, globale Fachkräfte der Union der Kompetenzen anzuziehen und zu halten, quantenbezogene Stipendienprogramme unterstützen, die es hoch qualifizierten Doktoranden aus der EU und Drittländern sowie jungen Fachkräften, die außerhalb der EU leben, ermöglichen, in der EU zu arbeiten.

Um ihre Aktivitäten auszuweiten und zu verbreiten, wird die Akademie Kommunikations- und Sensibilisierungsmaßnahmen entwickeln. Dazu gehören unter anderem eine spezielle Landing-Page, die als **Quanten-Talentportal** fungiert und in die Plattform für digitale Kompetenzen und Arbeitsplätze integriert ist, Module zur Lehrerfortbildung für Lehrkräfte im Hochschul- und Sekundarbereich, um die Aneignung von Quantenkompetenz in die frühe Bildung zu integrieren, sowie der Austausch bewährter Verfahren mit den Mitgliedstaaten und berechtigten Drittländern.

Die Öffentlichkeitsarbeit der virtuellen Akademie wird darauf abzielen, das Bewusstsein der Öffentlichkeit zu schärfen und das gesellschaftliche Verständnis, das Vertrauen und das informierte politische Engagement im Bereich der Quantentechnik zu verbessern. Wichtig ist, dass ihre Kommunikations- und Sensibilisierungsmaßnahmen auch dazu beitragen werden, die Vielfalt zu stärken und das erhebliche geschlechtsspezifische Gefälle, das bei Quantenfachkräften in Europa nach wie vor besteht, zu beseitigen⁸⁰.

Während die virtuelle Akademie einen ersten wichtigen Schritt darstellt, besteht die langfristige Vision darin, mehrere vernetzte Akademien einzurichten, die in der gesamten EU verteilt sind und mit Quantenkompetenzclustern sowie Halbleiter-Kompetenzzentren verknüpft sind, um ihre Wirksamkeit zu vervielfachen.

⁷⁸ [IQM-State-of-Quantum-2025.pdf](#), [RAND Europe: Quantum's Future Workforce Needs More Than Physicists](#).
⁷⁹ [COM/2025/90 final](#).

⁸⁰ In der Hochschulausbildung und in Berufen im MINT-Bereich bestehen erhebliche geschlechtsspezifische Ungleichgewichte. Siehe [2024 She Figures report](#).

Darüber hinaus wird die Kommission im Rahmen des Programms Digitales Europa⁸¹ ein Pilotprojekt für ein **Quantenausbildungsprogramm** unterstützen, um eine Pipeline von Quantenspezialisten vorzubereiten, die an praxisnahen Projekten ausgebildet wurden und für den (Wieder-)Einstieg in den EU-Arbeitsmarkt bereit sind, und Rückkehrprogramme für Fachkräfte einzuführen. Um für weitere positive Wechselwirkungen zwischen Wissenschaft und Industrie zu sorgen, wird die Kommission außerdem ab 2026 **europäische Wettbewerbe für fortgeschrittene digitale Kompetenzen** entwickeln, bei denen junge Menschen in die gemeinsame Erarbeitung von quantengestützten Lösungen für zentrale gesellschaftliche und industrielle Herausforderungen einbezogen werden und die kreatives und innovatives Denken fördern.

Da sich die Technik rasch weiterentwickelt, entwickelt und verändert sich auch der Qualifikationsbedarf von Berufsprofilen im Quantenbereich. Daher müssten Anbieter allgemeiner und beruflicher Bildung sowie die Erfordernisse der Industrie und der Arbeitskräftebedarf kontinuierlich überwacht werden. Im Rahmen der Union der Kompetenzen wird die Europäische Beobachtungsstelle für Kompetenzen die Entwicklungen beim Qualifikationsbedarf in strategischen Sektoren in Europa zeitnah überwachen.

Der Europäische Innovationsrat wird 2025 auch ein Pilotprogramm für **Gastforschende in Quantentechnik-Start-ups** auf den Weg bringen. Diese Maßnahme wird die gezielte Vermittlung von Forschenden im Einklang mit den besonderen Bedürfnissen wachstumsstarker Unternehmen erleichtern. Dies wird durch eine spezielle Plattform zur Vernetzung von Forschenden und innovativen Start-up- und Scale-up-Unternehmen ermöglicht.

Schließlich wird die Kommission ein **europäisches Programm zur Mobilität von Quantenfachkräften** auf den Weg bringen, um die internationale Arbeitskräftemobilität und die Kompetenzentwicklung zwischen der EU, den Mitgliedstaaten und den Partnerländern zu fördern, einschließlich Stipendien für Doktoranden aus Nicht-EU-Ländern und Berufseinsteiger im Quantenbereich, wobei bestehende Arbeitskräfte gehalten und unterstützt werden sollen, um die Abwanderung hoch qualifizierter Kräfte zu vermeiden. Um herausragende internationale Quantenforschende anzuziehen, zu entwickeln und zu halten, wird die Kommission auch die Marie-Sklódowska-Curie-Aktion „**MSCA Choose Europe**“ erproben, die sich unter anderem auch an Quantenforschende richtet.

- Einrichtung der Europäischen Akademie für Quantenkompetenzen [2026]
- Start der europäischen Wettbewerbe für fortgeschrittene digitale Kompetenzen im Quantenbereich [ab 2026]
- Start eines Pilotprogramms für Gastforschende in Quantentechnik-Start-ups [2025]
- Start des europäischen Programms zur Mobilität von Quantenfachkräften [ab 2026]

3 Strategischer Umsetzungsrahmen für ein Quanten-Europa

3.1 Die wichtigsten Umsetzungskomponenten der Strategie für ein Quanten-Europa

Das europäische Quantenfeld weist einzigartige Merkmale auf: Die Quantentechnik ist nach wie vor im Entstehen begriffen und viele ihrer Kernkomponenten – sowohl Hardware als auch Software – befinden sich noch in einem frühen Reifestadium. Ihre traditionelle, lineare Weiterentwicklung von der Grundlagenwissenschaft bis zur Marktreife würde 10 bis 15 Jahre dauern. Um den Prozess zu beschleunigen, wird die folgende **maßgeschneiderte Umsetzungslogik für den Technologielebenszyklus** eingeführt, wobei Forschung,

⁸¹ <https://digital-skills-jobs.europa.eu/en/opportunities/funding/digital-2025-skills-08-quantum-academy-step-sectoral-digital-skills-academies>.

Innovation, Infrastruktur und frühzeitige Markterschließung in einem kontinuierlichen Kreislauf eng integriert werden.

Ein Lebenszyklusansatz ist im europäischen Ökosystem besonders wichtig, da es in allen Quantenbereichen nach wie vor große wissenschaftliche und technische Hindernisse⁸² gibt, die angegangen und in konkrete Technologien umgewandelt werden müssen. Europa muss nicht nur diese Probleme lösen, sondern zudem die sich ergebenden Lösungen zügig in marktreife Anwendungen überführen, bevor globale Wettbewerber eine strategische Dominanz erzielen.

Um die wissenschaftlichen und technischen Hindernisse anzugehen, wird die Initiative für Quantenforschung und -innovation in Europa (siehe Abschnitt 2.1 oben) Folgendes unterstützen:

- **Gezielte Anstrengungen im Bereich Wissenschaft und Technologie (W&T)** mit Schwerpunkt auf der Bewältigung der derzeitigen zentralen Herausforderungen im Bereich W&T, die den Fortschritt in allen Quantenbereichen begrenzen. Diese werden hauptsächlich durch Aufforderungen zur Einreichung von Vorschlägen nach dem Top-Down-Prinzip angegangen, welche die üblichen Aufforderungen nach dem Bottom-Up-Prinzip ergänzen.
- **Marktstörende Forschungs- und Innovationstätigkeiten und gezielte Maßnahmen zur Reifung spezifischer Quanten- und grundlegenden Technologien.** Ziel ist es, das Risiko von Quanteninnovationen zu verringern und den Transfer wichtiger Forschungsergebnisse für die industrielle Nutzung zu beschleunigen.

Darüber hinaus wird zur Stärkung der vorstehenden Ausführungen folgender Ansatz verfolgt:

Ein „Grand Challenge“-Mechanismus

Die großen Herausforderungen oder „Grand Challenges“ in der Quantentechnik werden als strategische Instrumente zur Bewältigung genau definierter quantentechnischer Probleme, die eine große Wirkung haben, dienen. Mit diesen Grand Challenges sollen Wissenschaftler, industrielle Nutzer, Hersteller, Integratoren und Akteure aus den Bereichen Quantentechnik und grundlegende Technologien koordiniert zusammengebracht werden. Dies soll auf ähnlich ambitionierte und strukturierte Weise erfolgen wie bei früheren auftragsorientierten Initiativen.

Sie werden sich auf einzelne Start-up-/Scale-up-Unternehmen konzentrieren und sie durch einen wettbewerbsorientierten und kooperativen Entwicklungsprozess bei der Umsetzung ihres bahnbrechenden Technologiefahrplans unterstützen. Eine Grand Challenge wird sie mit führenden industriellen Nutzern und Forschenden zusammenbringen, um gemeinsam kritische, skalierbare Quantenlösungen zu entwickeln. Die Beteiligung führender industrieller Nutzer ist von entscheidender Bedeutung, damit Start-up-Unternehmen die industriellen Anforderungen erfüllen und ihre Technologien im industriellen Umfeld validieren können. Gegebenenfalls können Akteure aus dem Verteidigungsbereich, einschließlich Verteidigungsministerien und Verteidigungsunternehmen, als Endnutzer an bestimmten Grand Challenges teilnehmen.

Die für die Grand Challenge ausgewählten Start-up-/Scale-up-Unternehmen werden von einer Kombination von Instrumenten (Finanzhilfen, Beteiligungskapital, Darlehen oder anderen Mischfinanzierungsinstrumenten) profitieren. Von Anfang an werden sowohl öffentliche als

⁸² Beispiele für solche Hindernisse sind skalierbare Quantenfehlerkorrektursysteme, Quantenverbundsysteme für modulare Architekturen und kryogene Steuerungselektronik in der Quanteninformatik, Langstrecken-Quantenrepeater, geräteunabhängige Verschränkungsverteilung und sichere Netze ohne vertrauenswürdige Knoten in der Quantenkommunikation sowie miniaturisierte mobile Gravimeter, hochauflösende Q-MRT-Systeme und Trägheitssensoren für die GNSS-unabhängige Navigation in der Quantensensorik.

auch private Finanzakteure einbezogen, um die Ausrichtung auf die strategischen Investitionsziele sicherzustellen und maximale Wirkung zu erzielen.

Zwischen 2025 und 2027 wird die Kommission gemeinsam mit der Europäischen Investitionsbank und den Mitgliedstaaten mindestens zwei dieser Grand Challenges testen. Die erste Grand Challenge wird sich auf fehlertolerante Quanteninformatiksysteme konzentrieren, die komplexe industrielle Probleme lösen können; die zweite zielt auf quantengestützte Ortungs-, Navigations- und Zeitgebungssysteme für Umgebungen ab, in denen die globalen Navigationssatellitensysteme nicht funktionieren. Vorbehaltlich verfügbarer Finanzmittel können weitere Grand Challenges folgen, beispielsweise bei der durch Quantentechnik optimierten medizinischen Bildgebung (Q-MRT), um die Früherkennung von Krankheiten und die personalisierte Medizin zu unterstützen.

Ein Technologie-Lebenszyklusansatz

All diese Bemühungen werden durch einen **Technologie-Lebenszyklusansatz untermauert, bei dem die fünf strategischen Bereiche der Strategie für ein Quanten-Europa** in einen koordinierten und iterativen Entwicklungsprozess integriert werden, der eine kontinuierliche Iteration zwischen Entdeckung, Entwicklung, Testung und Einführung ermöglicht.

Die in Abschnitt 2.2 beschriebenen öffentlichen Quanteninfrastrukturen und Pilotanlagen Europas sind für dieses Modell von zentraler Bedeutung. Diese Einrichtungen schaffen eine Brücke zwischen Forschung und Industrialisierung. Ihr Aufbau, ihre Pflege und ihre Skalierung bilden die wesentlichen physischen und organisatorischen Grundlagen für die weitere Stärkung und Förderung des gesamten Quantenökosystems. Sie können dazu beitragen, Forschung in praktische Anwendungen umzusetzen, indem sie die Versuchsumgebungen, Einrichtungen und Netze bereitstellen, die erforderlich sind, um Forschungsdurchbrüche zu testen, zu validieren und zu skalieren. Sie eignen sich auch ausgezeichnet, um Fachkräfte anzuziehen sowie praktische Anwendungen und Anwendungsfälle zu entwickeln. Schließlich helfen sie Start-ups und KMU im Bereich der Quantentechnik, Zugang zu den neuesten Technologieplattformen und Laboreinrichtungen zu erhalten, wo sie ihre Prototypen weiterentwickeln und auf die industrielle Einführung vorbereiten können. Das föderierte Netz von Quantenkompetenzclustern wird darüber hinaus als Katalysator für diesen förderlichen Lebenszyklusansatz fungieren, indem es Forschungseinrichtungen, Start-up-Unternehmen, Scale-up-Unternehmen, große Industrieunternehmen und Infrastrukturanbieter miteinander verbindet und so Brücken zwischen wissenschaftlichen und industriellen Akteuren schafft.

Um sicherzustellen, dass der Lebenszyklus sowohl robust als auch zweckmäßig ist, werden zentrale Leistungsindikatoren (KPI), die Verfolgung von Meilensteinen und ein Benchmarking anhand bestehender Technologien eingerichtet.

Schließlich führt dieses integrierte Modell zu einer Angleichung der Strategien der EU und der Mitgliedstaaten, indem Investitionen auf gemeinsame Ziele konzentriert und koordinierte Feedback-Schleifen geschaffen werden. Dadurch wird Doppelarbeit vermieden, eine kritische Masse aufgebaut und der globale Einfluss Europas bei der Gestaltung der Entwicklung und Einführung von Quantentechnik gestärkt.

4 Internationale Zusammenarbeit

Vor dem Hintergrund zunehmender geopolitischer Unsicherheit und ihrer direkten Auswirkungen auf die globale Investitions- und Handelslandschaft muss Europa seine Interessen schützen und gleichzeitig seine Offenheit wahren und proaktiv mit vertrauenswürdigen Partnern zusammenarbeiten. Dies spiegelt sich in einer Reihe neuer politischer Maßnahmen der EU wider, darunter ihre internationale Digitalstrategie und ihre Strategie für wirtschaftliche Sicherheit.

Zu den vorrangigen Partnern zählen gleich gesinnte Länder, insbesondere diejenigen, mit denen die EU bereits technologische und handelspolitische Fragen im Rahmen von Freihandelsabkommen, Handels- und Technologieräten⁸³ oder Digitalpartnerschaften⁸⁴ koordiniert. Die Kommission beabsichtigt, diese Zusammenarbeit durch Initiativen auszuweiten, die gemeinsame Forschungsprogramme, koordinierte Aufforderungen zur Einreichung von Vorschlägen, den Austausch von Fachwissen, den gegenseitigen Zugang zu Infrastrukturen, abgestimmte Rahmen für geistiges Eigentum und die Ausarbeitung globaler Quantennormen umfassen. Sie wird auch ihre Kräfte für konkrete Quantenanwendungen in sektorbezogenen Politiken bündeln, z. B. zur Entwicklung neuer Werkstoffe. In diesem Zusammenhang hat die EU bereits mit der Umsetzung gemeinsamer Forschungs- und Innovationsprojekte im Bereich Quantentechnik mit Japan, der Republik Korea und Kanada begonnen.

Die EU wird auch mit den rasch wachsenden Quantenökosystemen zusammenarbeiten, die wirtschaftliche Chancen für EU-Unternehmen bieten, der Quantenindustrie der EU auf globaler Ebene Wettbewerbsimpulse geben und für europäische Quantenunternehmen einen Weg zur Diversifizierung von Partnerschaften und zur Verringerung von Abhängigkeiten bereitstellen. Dieser Ansatz wird als Richtschnur für bilaterale und multilaterale Partnerschaften dienen, die auf gemeinsamen Werten, gegenseitigem Vertrauen und der Komplementarität von Fähigkeiten und Märkten beruhen, und gleichzeitig ein angemessenes Schutzniveau für die Interessen der EU in strategischen Bereichen gewährleisten.

Darüber hinaus wird die EU ihre quantenbezogene Präsenz in internationalen Normungsgremien, Handelsdialogen und multilateralen Quantenallianzen stärken.⁸⁵

Bei allen vorstehend genannten Maßnahmen wird die Kommission eng mit den Mitgliedstaaten zusammenarbeiten, um einen kohärenten europäischen Rahmen für die internationale Zusammenarbeit im Quantenbereich zu schaffen, in dem vorrangige Länder und Bereiche für eine strukturierte Zusammenarbeit festgelegt werden. Sie wird auch gemeinsame diplomatische Initiativen und die Entwicklung gemeinsamer europäischer Standpunkte zu Quantentechnik unterstützen, um sicherzustellen, dass die Stimme Europas bei der Gestaltung der globalen Governance und der Ethik bei Quanteninnovationen verstärkt wird.

- Ausweitung und Einleitung neuer bilateraler und multilateraler Kooperationsinitiativen mit gleich gesinnten Ländern [ab 2025]
- Zusammenarbeit mit den Mitgliedstaaten an einem europäischen Rahmen für die internationale Zusammenarbeit im Quantenbereich [ab 2025]

5 Governance

Eine starke und inklusive Governance auf EU-Ebene ist von entscheidender Bedeutung, um die Umsetzung der Strategie für ein Quanten-Europa zu steuern, zu koordinieren und zu überwachen und die Beteiligung der gesamten Union zu fördern, und zwar sowohl im Hinblick auf die Einbeziehung aller Mitgliedstaaten und Vertreter aller Arten von Interessenträgern aus dem Quantenbereich als auch auf die Gewährleistung eines ausgewogenen Geschlechterverhältnisses.

⁸³ Mit den USA und Indien.

⁸⁴ Mit Kanada, Japan, Singapur und Südkorea.

⁸⁵ Auf dem G7-Gipfel im Juni 2025 erkannten die Staats- und Regierungschefs das transformative Potenzial der Quantentechnik an und sagten zu, durch eine gemeinsame G7-Arbeitsgruppe Investitionen zu erhöhen, eine vertrauenswürdige globale Zusammenarbeit zu fördern und die Verbindungen zwischen den nationalen Messinstituten zu stärken. Siehe: [Kananaskis Common Vision for the Future of Quantum Technologies](#).

Erstens wird ein **hochrangiger Beirat**, der sich aus führenden europäischen Quantenwissenschaftlern und Technologieexperten zusammensetzt, unabhängige strategische Beratung zur Umsetzung der Strategie für ein Quanten-Europa anbieten.

Zweitens wird ein **strukturierter Rahmen für die Zusammenarbeit mit den Mitgliedstaaten** für eine kohärente Umsetzung in allen EU-Programmen und nationalen Programmen, die Koordinierung jährlicher Fortschritte in den fünf strategischen Bereichen und die Überwachung der Entwicklung von Sicherheit und Resilienz der Quantenlieferketten und ihrer Schlüsselkomponenten sorgen. Eine **spezielle Expertengruppe**, die alle Mitgliedstaaten⁸⁶ zusammenbringt, arbeitet bereits aktiv und wird nach der Änderung der Verordnung zur Gründung des Gemeinsamen Unternehmens EuroHPC eng in die künftige Arbeit des Verwaltungsrats des GU EuroHPC einbezogen werden.

Schließlich wird die Kommission ihre enge Interaktion mit der gesamten europäischen Quantengemeinschaft, einschließlich Hochschulen, Start-up-Unternehmen, Akteuren aus der Industrie sowie Interessenträgern im Bereich Innovation und deren Vertretern, fortsetzen.

6 Schlussfolgerungen

Die Quantentechnik befindet sich an einem Wendepunkt. Die EU hat sich als weltweit führend in der Quantenforschung etabliert und den Grundstein für eine wettbewerbsfähige industrielle Basis gelegt. Der weltweite Wettlauf um die Nutzung von Quantentechnologien spitzt sich jedoch zu. Führende Nationen erhöhen die öffentlichen Investitionen, koordinieren nationale Strategien und konsolidieren Forschungs- und Industriepipelines, um technologische Souveränität und wirtschaftliche Vorteile zu erreichen. Das Potenzial von Quantentechnologien für einen doppelten Verwendungszweck kann auch ihre Sicherheits- und Verteidigungsfähigkeiten verbessern. Gleichzeitig werden private Investitionen zum Hauptunterscheidungsmerkmal zwischen Erfolg und Misserfolg. Um wettbewerbsfähig zu bleiben, die Werte zu gestalten, die der Quanteninnovation zugrunde liegen, und die wirtschaftlichen, sicherheitspolitischen und sonstigen Vorteile seiner eigenen intellektuellen Führung voll auszuschöpfen, muss Europa umgehend, klar und geschlossen handeln.

Jetzt ist der Zeitpunkt, an dem Europa eine Führungsrolle übernehmen muss. Diese Strategie ist nicht endgültig, sondern ein sich weiterentwickelnder Rahmen für die Quantenzukunft Europas. Sie erfordert das gemeinsame Engagement der EU, der Mitgliedstaaten, der Industrie, der Wissenschaft und der Zivilgesellschaft insgesamt. Wenn dieses Unternehmen erfolgreich ist, wird die Quantentechnik die nächste technologische Revolution ankurbeln und die Wettbewerbsfähigkeit der EU untermauern, und Europa wird eine Vorreiterrolle einnehmen und sie zu seinen eigenen Bedingungen gestalten.

⁸⁶ [European Quantum Technology Coordination Group of Member States Representatives](#).

ANLAGE

Strategie für ein Quanten-Europa – Zusammenfassung der Maßnahmen

Bereich 1: Initiative für Quantenforschung und -innovation
• Änderung der Verordnung über das GU EuroHPC, um seinen Zuständigkeitsbereich auf alle Quantentechnologien auszuweiten und in einem ersten Schritt die vorhandenen FuI-Aktivitäten im Quantenbereich von Horizont Europa auf das GU zu übertragen [3. Quartal 2025] • Vorlage des Vorschlags für einen Quantenrechtsakt [2026] • Durchführung von zwei Grand Challenges im Quantenbereich (fehlertolerante Quanteninformatik und Quantensysteme für Ortung, Navigation und Zeitgebung) [2025-2027]
Bereich 2: Quanteninfrastrukturen in Europa
• Veröffentlichung des EU-Fahrplans für Quanteninformatik und -simulation [2026] • Erhöhung der Anzahl und Kapazität von EuroHPC-basierten Quanteninformatiksystemen [ab 2026] • Einrichtung eines Überwachungsrahmens für Quanteninformatik [2026] • Aufbau des ersten innerhalb der EU vernetzten, experimentellen terrestrischen und weltraumgestützten sicheren Quantenkommunikationsnetzes [bis 2030] • Veröffentlichung eines Fahrplans für die Quantenkommunikation [2026] • Einführung einer Pilotanlage für das europäische Quanten-Internet [2026] • Einführung eines europaweit verteilten Gravimetersystems [ab 2026] • Veröffentlichung eines Fahrplans für die Quantensensorik [2026] • Aufbau einer europäischen Q-MRT-Pilotinfrastruktur und deren Ausbau in ganz Europa [ab 2025]
Bereich 3: Quantenökosystem in Europa
• Einrichtung von sechs neuen Quanten-Pilotproduktionsanlagen im Rahmen des Gemeinsamen Unternehmens für Chips [2025] • Einrichtung einer Quantenentwurfsanlage [2026] • Veröffentlichung eines Fahrplans für die Industrialisierung von Quantenchips [2026] • Veröffentlichung eines europäischen Fahrplans für Quantennormen [2026] • Erweiterung des Netzes von Quantenkompetenzclustern [2026] • Durchführung und Fertigstellung EU-weiter Bewertungen von Schwachstellen in der Lieferkette [2025-2026]
Bereich 4: Quantentechnik im Weltraum und Quantentechnik mit Potenzial für einen doppelten Verwendungszweck (Sicherheit und Verteidigung)
• Unterzeichnung einer Kooperationsvereinbarung mit der ESA zur Entwicklung eines Fahrplans für Quantentechnik im Weltraum [2. Quartal 2025] • Entwicklung eines Fahrplans für Quantensensorik in der Weltraum- und Verteidigungstechnik [2026] • Beitrag zum Europäischen Rüstungstechnologiefahrplan [4. Quartal 2025] • Start von Spin-in-Initiativen zur Einbindung ziviler Unternehmen und der Wissenschaft für Verteidigungsanwendungen [ab 2026]
Bereich 5: Quantenkompetenzen
• Einrichtung der Europäischen Akademie für Quantenkompetenzen [2026] • Start der europäischen Wettbewerbe für fortgeschrittene digitale Kompetenzen im Quantenbereich [ab 2026] • Start eines Pilotprogramms für Gastforschende in Quantentechnik-Start-ups [2025] • Start des europäischen Programms zur Mobilität von Quantenfachkräften [ab 2026]

Internationale Zusammenarbeit
• Einleitung bilateraler und multilateraler Kooperationsinitiativen [ab 2025] • Zusammenarbeit mit den Mitgliedstaaten an einem europäischen Rahmen für die internationale Zusammenarbeit im Quantenbereich [ab 2025]