

Antwort der Bundesregierung

auf die Kleine Anfrage der Fraktion der CDU/CSU – Drucksache 20/7182 –

Handlungskonzept Quantentechnologien

1. Wer baut entsprechend dem von der Bundesregierung festgelegten Ziel bis zum Jahr 2026 den ersten Quantencomputer in Deutschland, und wann beginnen die Baumaßnahmen?

Eines der Ziele des „Handlungskonzepts Quantentechnologien“ ist die Entwicklung eines universellen Quantencomputers auf Augenhöhe mit internationalen Entwicklungen und mindestens 100 individuell ansteuerbaren Qubits, mittelfristig skalierbar auf 500 Qubits. Dieses Ziel wird auf Basis der Empfehlungen unabhängiger Expertinnen und Experten in der „Roadmap Quantencomputing“ sowie der „Agenda Quantensysteme 2030“ technologieoffen verfolgt. Dabei setzen die ausführenden Ressorts auf die bewährte Vergabe von Fördermitteln im Wettbewerb, die je nach Förderweg unterschiedlich ausfällt: durch Ausschreibungen von öffentlichen Aufträgen, bei Projektförderung durch Bekanntmachungen von Förderrichtlinien mit Projektauswahl im Wettbewerb oder auch über Pitches bei Wagniskapitalförderung (u. a. High-Tech Gründerfonds, DeepTech & Climate Fonds). Technologieoffenheit wird u. a. durch für alle technischen Umsetzungen offene Förderrichtlinien oder im Falle der Quantencomputing Initiative des Deutschen Zentrums für Luft- und Raumfahrt (DLR QCI) durch eine Reihe von Ausschreibungen für jeweils verschiedene Technologiepfade abgebildet. Konkrete Ergebnisse der wettbewerblichen Verfahren werden auf den einschlägigen Internet-Präsenzen veröffentlicht. Eine Übersicht der in diesem Rahmen geförderten oder beauftragten Akteure ist auf der Website Quantentechnologien (Projektförderung des Bundesministeriums für Bildung und Forschung) bzw. auf der Website des DLR QCI (Industrieaufträge und interne Projekte der DLR QCI) abrufbar.

Das erste Projekt „Q-Exa“ aus der Förderbekanntmachung des Bundesministeriums für Bildung und Forschung (BMBF) „Quantencomputing-Demonstrationsaufbauten“ ist im November 2021 gestartet. Der erste Zuschlag im Rahmen der DLR QCI erfolgte im Februar 2022.

2. Welches Bundesministerium ist für den Bau des ersten Quantencomputers zuständig?

Die Umsetzung der Ziele im Bereich Quantencomputing des „Handlungskonzepts Quantentechnologien“ obliegen schwerpunktmäßig dem BMBF und dem Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz (BMWK). Das BMBF und das BMWK stimmen ihre Maßnahmen in engem Austausch miteinander ab. Das BMBF nutzt die wettbewerbliche Vergabe von Mitteln in der Verbundforschung. Das Deutsche Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR) koordiniert komplementär dazu die industrielle Auftragsforschung für das BMWK.

In den Konsortien der BMBF-Projekte arbeiten Partner aus Forschung und Industrie zusammen. Neben dem Aufbau der Technologie ist dabei der Aufbau eines umfassenden Ökosystems ein wichtiges Ziel. Insbesondere wird damit der Technologietransfer von der Wissenschaft in die Industrie unterstützt.

Das BMWK setzt schwerpunktmäßig auf die institutionelle Förderung der Quantencomputing Initiative des DLR, welche auf dem vorhandenen unternehmerischen Ökosystem für Quantencomputing in Deutschland aufbaut und die Zielerreichung über Entwicklungsaufträge an Unternehmen anstrebt. Hierfür werden 80 Prozent der Budgets eingesetzt.

3. Plant die Bundesregierung eine Ausschreibung zum Bau eines ersten Quantencomputers?

Falls ja, wer erstellt das Ausschreibungsdesign, wann soll die Ausschreibung veröffentlicht werden, und wie sieht der weitere Zeitplan aus, und falls nein, warum nicht?

4. Wie lange soll nach den aktuellen Plänen der Bundesregierung der Bau dieses Quantencomputers dauern?

Die Fragen 3 und 4 werden im Zusammenhang beantwortet.

Ein Ziel des „Handlungskonzepts Quantentechnologien“ ist die Entwicklung eines universellen Quantencomputers auf Augenhöhe mit internationalen Entwicklungen und mindestens 100 individuell ansteuerbaren Qubits, mittelfristig skalierbar auf 500 Qubits. Mit dem Ausdruck „eines“ universellen Quantencomputers wird unterstrichen, dass es technisch differenzierte Umsetzungspfade für Quantencomputing-Hardware gibt. Zu den aus heutiger Sicht vielversprechenden Technologiepfaden gehören supraleitende Schaltkreise, photonische Systeme, Qubits basierend auf Ionenfallen, Neutralatomen sowie Stickstofffehlstellen in Diamanten. Welche Technologie aus technoökonomischer Sicht sich am Markt letztlich durchsetzen wird, kann heute nicht verlässlich prognostiziert werden. Es werden daher parallel verschiedene Entwicklungspfade technologieoffen unterstützt. Dies deckt sich mit den in der „Roadmap Quantencomputing“ sowie der „Agenda Quantensysteme 2030“ ausgesprochenen Empfehlungen von Expertinnen und Experten für ein technologieoffenes Vorgehen.

Es sind bereits erste Zuschläge aus Ausschreibungen für Forschung und Entwicklung an Quantencomputing-Hardware in der DLR QCI erteilt und auch sämtliche Bewilligungen der Quantencomputer-Demonstrationsaufbauten des BMBF abgeschlossen.

Neben bereits erteilten Aufträgen in den Bereichen Ionenfallen, photonische Systeme, Neutralatome und Stickstofffehlstellenzentren in Diamanten ist noch eine Ausschreibung des DLR zu Quantencomputern mit mindestens 50 Qubits, die auf Festkörperspins jenseits der Stickstofffehlstellenzentren basieren, derzeit offen und wird mit den Bietern verhandelt. Weitere Ausschreibungen des

DLR im Bereich Software und Anwendungen laufen bereits oder sind in Vorbereitung. Die Forschungs- und Entwicklungsaktivitäten haben projekt- bzw. auftragspezifische Zeitpläne, regelmäßig enden die Vorhaben spätestens mit dem Auslaufen des Konjunktur- und Zukunftspakets im Jahr 2026.

Die Laufzeit der vom BMBF geförderten Projekte beträgt im Regelfall zwischen drei und fünf Jahren. Erste Quantencomputer, welche die im „Handlungskonzept Quantentechnologien“ benannten Zielspezifikationen erfüllen, werden im Rahmen der Fördermaßnahme „Quantencomputer-Demonstrationsaufbauten“ gefördert, deren Ergebnisse im Jahr 2026 erwartet werden.

Das Ausschreibungsdesign haben das DLR für die DLR QCI und das BMBF für die Förderbekanntmachung „Quantencomputer-Demonstrationsaufbauten“ vorgenommen. Der weitere Zeitplan beinhaltet die Erreichung von Meilensteinen in den einzelnen Projekten bis zu deren Abschluss.

5. Warum vertritt die Bundesregierung entsprechend dem Handlungskonzept den Ansatz, den ganzen Stack bauen zu können?

Ausgangspunkt der Überlegungen waren Analysen und Empfehlungen des an der „Roadmap Quantencomputing“ beteiligten Expertenrats, die Demonstration eines Quantenvorteils für praxisrelevante Anwendungen als Ziel zu setzen und dabei gemeinsam mit den europäischen Partnern den für die strategische Unabhängigkeit relevanten Teil der Wertschöpfungskette abzudecken. Dabei gelte es, eine – bislang fehlende – solide Basis bei geistigem Eigentum (Intellectual Property, IP) im Bereich Quantencomputing für die Sicherung des sogenannten „Freedom to Operate“ aufzubauen (d. h. es dürfen keine technischen Schutzrechte bestehen, die der Entwicklung, Herstellung und Markteinführung eines bestimmten neuen Produktes in einem bestimmten territorialen Gebiet im Wege stehen). Die „Roadmap Quantencomputing“ unterscheidet zwischen systemkritischen, neutralen und trivialen Komponenten von Quantencomputern. Bei kritischen Komponenten dürfte allenfalls bei technischer Unmöglichkeit ein übergangsweiser Zukauf bei außereuropäischen Zulieferern erfolgen. Neutrale Komponenten sollten aus Europa kommen, können aber außerhalb Europas zugekauft werden, idealerweise über den Weg der Kooperationen. Zum Beginn der Maßnahmen im Konjunktur- und Zukunftspaket bestand der Befund des Expertenrats, dass in Deutschland die Systemintegration im Sinne eines ganzheitlichen Ansatzes („full quantum computing stack“) vorangetrieben werden sollte. In der Anfangsphase Quantencomputing sprechen die geringere, noch handhabbare Komplexität des gesamten des Stacks, die wegen geringer Entwicklungsreife und fehlender Standardisierung stärkere Notwendigkeit zum Hardware-Software-Codesign sowie bestehende exportrechtliche Einschränkungen von außereuropäischen Anbietern für einen ganzheitlichen Ansatz. Im Übrigen sind konkrete, auf Leistungsfähigkeit geprüfte Angebote von Marktakteuren in den europaweiten Ausschreibungen der DLR-Quantencomputing-Initiative sowie die erfolgreichen Bewerbungen auf die Demonstrator-Projekte des BMBF eine starke technoökonomische Indikation dafür, dass man den gesamten Stack tatsächlich in der Europäischen Union (EU) bauen kann.

6. Wie werden die 3 Mrd. Euro des von der Bundesregierung beschlossenen Handlungskonzeptes zwischen dem Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) und dem Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz (BMWK) aufgeteilt?

Die in der geltenden Finanzplanung vorgesehenen Mittel in Höhe von 3 Mrd. Euro setzen sich zusammen aus den Haushaltsmitteln der beteiligten Ressorts

in Höhe von ca. 2,18 Mrd. Euro, ergänzt durch die Aktivitäten der institutionell durch die Bundesregierung mitfinanzierten außeruniversitären Wissenschaftsorganisationen mit einem geplanten Mitteleinsatz von ca. 850 Mio. Euro. Es ergibt sich folgende Verteilung der Haushaltsmittel zwischen BMBF und BMWK:

- BMBF: ca. 1,37 Mrd. Euro,
- BMWK: ca. 0,77 Mrd. Euro.

Hierbei gilt ein genereller Finanzierungsvorbehalt: Diese Angaben stehen unter dem Vorbehalt verfügbarer Haushaltsmittel bzw. Planstellen/Stellen und präjudizieren keine laufenden oder künftigen Haushaltsverhandlungen.

7. Geht der Mittelaufwuchs im BMBF über die Fortschreibung der Mittel durch die damalige Bundesministerin für Bildung und Forschung Anja Karliczek in der 19. Legislaturperiode hinaus, wenn ja, bitte bereits vorhandene Projekte und separat die neuen Projekte auflisten, und falls nein, warum nicht?

Ein zusätzlicher Mittelaufwuchs des BMBF-Gesamtbudgets zur Förderung der Quantentechnologien ist aktuell nicht zu verzeichnen. Die Bundesregierung fördert bewusst den umfassenden und nachhaltigen Aufbau der Quantentechnologie-Ökosysteme. Sie hat dazu die Aktivitäten der zurückliegenden 19. Legislaturperiode entlang des neu aufgestellten BMBF-Fachprogramms „Quantensysteme“ bzw. des „Handlungskonzepts Quantentechnologien“ erweitert und weiterentwickelt und die erforderlichen Schwerpunkte innerhalb der geltenden Finanzplanung gesetzt.

8. Was folgt für das Deutsche Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR) – auf die Fördermittel in Höhe von 600 Mio. Euro des DLR aus den vergangenen zwei Jahren – nun im neuen Handlungskonzept, wird die Förderung weiterentwickelt, und falls nein, warum nicht?

Derzeit sind keine Finanzplanungen über die bisherigen insgesamt ca. 740 Mio. Euro für die Quantencomputing-Initiative des DLR getroffen worden.

Von den genannten Mitteln fließen 80 Prozent, also rund 600 Mio. Euro in Industriaufträge. Der verbleibende Teil wird für ingenieurwissenschaftliche Entwicklungsprojekte im DLR eingesetzt. Diese Entwicklungen erfolgen stellenweise in Kooperation mit interessierten Unternehmen und betreffen z. B. Materialforschung für Werkstoffe in den Bereichen Luftfahrt, Raumfahrt, Energie und Verkehr. Es handelt sich um angewandte Forschung oder experimentelle Entwicklung an einem integralen Bestandteil des Quantencomputing-Stacks. In diesen 140 Mio. Euro sind mit rund 22 Mio. Euro veranschlagte Projektmanagement-Kosten (knapp drei Prozent der bewirtschafteten Summe) sowie 9 Mio. Euro für das DLR Quantum Fellowship Graduiertenprogramm enthalten, welches einen Beitrag zur Linderung des allgegenwärtigen Spezialistenmangels leistet und auch Promotionen am DLR in Zusammenarbeit mit Unternehmen ermöglicht.

Die bisherige Gesamtfinanzierung der Quantencomputing-Initiative verteilt sich auf mehrere Tranchen bis in das Jahr 2026, d. h. ein Teil der Mittel stand dem DLR bislang noch gar nicht für das Eingehen von Verpflichtungen zur Verfügung. Eine fachliche Weiterentwicklung der DLR QCI über das Jahr 2026 hinaus setzt die Erreichung der definierten Meilensteine und belastbare Eckwerte einer Finanzplanung des Bundes für das Quantencomputing voraus.

9. Was unternimmt die Bundesregierung, um den erfolgreichen Start-ups aus dem 600 Mio. Euro schweren Programm beim Aufbau von Fabriken und weiteren operativen Einheiten zu helfen?

Bei den Auftragnehmern des DLR handelt es sich teils um Start-ups, aber auch um finanzkräftige Großunternehmen. Die in der DLR QCI avisierten Ergebnisse sind ein erster Schritt in der voraussichtlich über mehr als eine Dekade gehenden Frühphase des Quantencomputing. Statt des „Aufbaus von Fabriken“ ist eher die Vorstellung von spezialisiertem Manufakturbetrieb in überschaubarer Stückzahl und Größe zutreffend.

Die Finanzierung bei den beauftragten Start-ups ist für die Umsetzung des Projekts sichergestellt, da der Weg über öffentliche Aufträge es grundsätzlich möglich macht, in den Angeboten die Vollkosten zu decken und sogar eine Gewinnmarge vorzusehen. Ferner erfolgt eine gewisse Unterstützung durch:

- Bereitstellung von Büroräumen, Laboren und Reinräumen an den Innovationszentren Hamburg und Ulm,
- Vernetzung im nationalen und internationalen Ökosystem und zu Investoren (Venture Capital),
- Schaffen von Sichtbarkeit für die Firmen,
- Weiterentwicklung der Anwendungsfälle von Quantencomputern und Rückkopplung der Anwendungsergebnisse in die industrielle Hardwareentwicklung,
- Technologiesupport und -transfer durch DLR-Projekte (z. B. „TeufIQ“),
- Unterstützung bei Anmeldung und Verteidigung von Patenten/IP,
- Förderung von Enabling Technologies (z. B. Entwicklung von Diamantmaterialien und Messsystemen).

Der künftige Kapitalbedarf der Start-ups hängt nicht unwesentlich vom technischen Erfolg der eigenen Entwicklungen in der DLR QCI ab. Die Unternehmen werden im eigenen Interesse zur gegebenen Zeit sämtliche Finanzierungsmöglichkeiten sondieren und sich dabei auch bei Wagniskapitalgebern aus öffentlichen Mitteln bewerben. Die Ausstattung und dessen Zweckbindung ist abhängig von künftigen haushaltspolitischen Entscheidungen.

Weiterhin werden im Rahmen der vom BMBF geförderten Forschungsfabrik Mikroelektronik mit dem Modul für Quanten- und Neuromorphes Computing Fertigungskapazitäten insbesondere auch für Start-ups zur Verfügung gestellt. Entsprechende Arbeiten sind im Dezember 2022 gestartet und werden vom BMBF mit einem Gesamtvolumen i. H. v. ca. 130 Mio. Euro gefördert.

10. Wie hoch ist der Anteil „Software“ bei den BMBF-Projekten und bei den Ausschreibungen des DLR?
11. Wie viele Mittel werden für die Software-Entwicklung jeweils insgesamt bereitgestellt?

Die Fragen 10 und 11 werden im Zusammenhang beantwortet.

Aktuell werden 16 BMBF-Projekte, die sich schwerpunktmäßig mit Software beschäftigen, mit einem Gesamtfördervolumen i. H. v. 41 Mio. Euro gefördert. Insgesamt fördert das BMBF Quantencomputing mit einem Gesamtfördervolumen i. H. v. ca. 490 Mio. Euro. Der Anteil der Förderung für Softwareentwicklung beträgt entsprechend ca. 8,4 Prozent.

Der Anteil von Quantencomputing-Software und Anwendungen beträgt in der DLR QCI nach aktuellem Stand 109 Mio. Euro und damit rund 22 Prozent der bisher ausgeschöpften Gelder. An dem Gesamtansatz der DLR QCI von 740 Mio. Euro beträgt der Anteil ca. 14,7 Prozent. Weitere Projekte und Plattformen werden im Laufe des Jahres 2023 und in Abhängigkeit von der Mittelverfügbarkeit verplant.

Der im Vergleich zur Quantencomputing-Hardware jeweils geringere relative Mittel-Anteil in der Förderung der Quantencomputing-Software ist darin begründet, dass Hardwareentwicklung wesentlich kapitalintensiver ist (u. a. wegen der Beschaffung und Bedienung spezieller Anlagentechnik). Die Arbeiten zu Software und Algorithmik stellen insbesondere vor dem Hintergrund des enormen wirtschaftlichen Potenzials einen wichtigen Baustein für die Entwicklung des Ökosystems dar.

12. Wie viele Investitionen im Bereich Quantencomputing hat der DeepTech & Climate Fonds (DTCF) bereits getätigt?

Der DeepTech & Climate Fonds (DTCF) hat bisher insgesamt zwei Investitionen getätigt, davon keine im Bereich Quantencomputing.

13. Sind Investitionen von DTCF grundsätzlich möglich bei Quanten-Start-ups, die noch kein Produkt im Markt haben, falls ja, in welcher Höhe, und falls nein, warum nicht?

Investitionen erfolgen insbesondere in Start-ups, die eine Validierung ihres Geschäftsmodells nachweisen können. Der DTCF ist technologie- und branchenoffen aufgestellt, sodass auch Investitionen in Quanten-Start-ups möglich sind. Es sind grundsätzlich auch Investitionen in Start-ups möglich, die noch kein Produkt am Markt haben. Die Finanzierungshöhe pro Unternehmen ist im DTCF über alle Finanzierungsrunden auf 30 Mio. Euro begrenzt. In der ersten Finanzierungsrunde investiert der DTCF mindestens 1 Mio. Euro.

14. Welche Key Performance Indicators (KPIs) hat die Bundesförderung, und welchen Beitrag leistet sie für die Ziele der Digitalstrategie (bis 2025 ersten quantenbeschleunigten Computer, in Quantensensorik zur Weltspitze) und der Zukunftsstrategie („bei besonders sicherheitsrelevanten Bereichen wie dem Quantencomputing den technologischen Abstand verringern“)?

Für die Key-Performance-Indicators (KPI) der Bundesförderung wird auf das Kapitel 5 des Handlungskonzepts Quantentechnologien verwiesen. Die darin genannten Meilensteine stehen dabei im Einklang mit den Zielen der Digitalstrategie sowie der Zukunftsstrategie Forschung und Innovation. Das Handlungskonzept Quantentechnologien der Bundesregierung stellt die Konkretisierung der auf Quantencomputing bezogenen Ziele der Digitalstrategie und der Zukunftsstrategie Forschung und Innovation dar.

15. Welche Rolle spielt hierfür der Begleitkreis Quantencomputing im BMWK?

Nach welchen Kriterien wurden dessen Mitglieder aus Industrie und Wissenschaft ausgewählt, und welchen Impact hat der Begleitkreis?

Der Begleitkreis Quantencomputing soll die ressortübergreifende Runde der Staatssekretäre zu Quantentechnologien mit Blick auf die Umsetzung der Maßnahmen zur Ziffer 44 des Konjunkturpakets beraten, welche aus Vertreterinnen und Vertretern des BMWK, des BMBF, des Bundesministeriums der Finanzen und des Bundeskanzleramtes besteht. Der Begleitkreis wird abwechselnd vom BMBF und BMWK ausgerichtet.

Im Begleitkreis sind überwiegend einschlägige Verbände der Hersteller bzw. Anwender von Quantencomputing durch Managementpersönlichkeiten sowie die Finanzierungsseite durch einen öffentlichen Wagniskapitalgeber vertreten. Dazu kommen eine Hochschulprofessorin und ein Hochschulprofessor sowie eine Persönlichkeit des Innovationssystems in Deutschland. Diese Auswahl wurde getroffen, um die drei großen Dimensionen Wirtschaft, Wissenschaft und Finanzierung des Quantencomputing abzudecken und möglichst hohe Multiplikator-Effekte zu erzielen.

Der Begleitkreis hat keine operativen Eingriffsmöglichkeiten und keine Steuerungsfunktion. Seine fachliche Rückmeldung soll die Auswirkungen der Umsetzung bisheriger Quantencomputing-Maßnahmen für die Anwender adressieren. Gleichzeitig sollen Hinweise aus der unternehmerischen Praxis mit Blick auf die künftige Weiterentwicklung des Quantencomputing gegeben werden.

16. Wie gewährleistet die Bundesregierung die Technologieoffenheit, Transparenz und einen anwendungsförderlichen Umgang mit Intellectual Property (IP; Patentierung)?

Die ausführenden Ressorts setzen auf die bewährte Vergabe von Fördermitteln im Wettbewerb, die je nach Förderweg unterschiedlich ausfällt: durch Ausschreibungen von öffentlichen Aufträgen, bei Projektförderung durch Bekanntmachungen von Förderrichtlinien mit Projektauswahl im Wettbewerb oder auch über Pitches bei Wagniskapitalförderung (u. a. High-Tech Gründerfonds, DTCF). Technologieoffenheit wird u. a. durch für alle technischen Umsetzungen offene Förderrichtlinien oder im Falle der DLR QCI durch eine Reihe von Ausschreibungen für jeweils verschiedene Technologiepfade abgebildet. Die auch vergabe- bzw. beihilferechtlich notwendige Transparenz wird durch Einhaltung rechtlicher Vorschriften bei öffentlichen Vergaben bzw. von Verwaltungsvorschriften in der Projektförderung sichergestellt.

In der Forschungs- und Entwicklungsprojektförderung des Bundes hat der Zuwendungsempfänger sämtliche Rechte am Ergebnis als maximal anwendungsförderliche Lösung. Zugleich sehen die Förderregularien aber eine Verwertungspflicht vor, die u. a. einen Zuwendungsempfänger verpflichtet, patentwürdige Projektergebnisse auch zu patentieren.

In der DLR QCI findet keine Zuwendung, sondern ein Leistungsaustausch statt. Dabei liegen die Rechte am Ergebnis der Entwicklungsprojekte zwingend beim DLR als Auftraggeber. Zur Förderung der wirtschaftlichen Verwertung und Anwendung bietet das DLR dem Auftragnehmer eine Rücklizenzierung des geistigen Eigentums an den Ergebnissen des Auftrags an. Die Modalitäten der Rücklizenz sind noch nicht final festgelegt und wurden noch nicht angewandt, denn Patente sind erst nach einer Bearbeitungszeit in den Projekten zu erwarten. Im Grundsatz jedoch soll eine Lizenzierung für wirtschaftliche Nutzung exklusiv (wissenschaftlich soll eine Mitbenutzung durch das DLR stets möglich sein)

und ohne zusätzliche Kosten (Option ist bei der Preissetzung des Angebots einkalkuliert) erfolgen. Zum Schutz der technologischen Souveränität werden aber auflösende Bedingungen vorgesehen. Für europäische Unternehmen, die sich in der EU finanzieren, keine Beschäftigten aus kritischen Staaten haben und den Binnenmarkt bedienen, werden die Auflagen keine Einschränkung darstellen. Die Rücklizenzierung läuft dann wirtschaftlich auf eine eigentumsähnliche Konstellation an der IP hinaus

17. Welche Maßnahmen sieht die Bundesregierung, um die Integration von Quanten- und klassischen Hochleistungsrechnern voranzubringen, und neue, industrielle Anwendungen des Quantencomputings (Energie, Klima, Biomedizin, Nachhaltigkeit usw.) zu fördern?

Die Bundesregierung unterstützt über das BMBF im Rahmen des Gemeinsamen Unternehmens (Joint Undertaking) „EuroHPC“ die Integration von Quantencomputern in Hochleistungsrechenzentren und fördert die Untersuchung neuer Anwendungen (Projekt „Euro-Q-Exa“). Das BMBF-Projekt „Q-Exa“ adressiert bereits vorgelagerte Fragestellungen.

Weiterhin unterstützt die Bundesregierung durch das BMBF den Aufbau der Jülich Unified Infrastructure for Quantumcomputing (JUNIQ) am Jülich Supercomputing Centre (JSC) des Forschungszentrums Jülich.

Im Rahmen der DLR QCI gibt es bisher zwei Projekte, welche direkt die Zusammenarbeit zwischen HPC und Quantencomputern beinhalten. Im Projekt „CLIQUE“ wird die Einbindung der DLR-HPC (CARA und CARO) als Simulatoren und zum hybriden Rechnen gefördert. Das Projekt „QCoKaIn“ adressiert das hybride Quantum-High-Performance-Computing

Auch jenseits der Integration in HPC-Umgebung werden industrielle Anwendungen mit Energie- und Nachhaltigkeitsbezug gefördert. Insbesondere befassen sich unterschiedliche Projekte mit Optimierungsaufgaben, z. B. für eine verbesserte Produktionslogistik (BMBF-Projekt „TAQO-PAM“) oder effizientere Energienetze (BMBF-Projekt „Q-Grid“).

Im Bereich Klimaforschung hat das DLR das Projekt „KLIM-QML“ zur Verbesserung von Klimamodellen durch Quantum-Machine-Learning gestartet. Im Bereich des Themas Energie hat das DLR das Projekt „BASIQ“ zur Batteriematerial-Simulation mit Quantencomputern aufgesetzt. Auch die Use Cases von „PlanQK“, einer vom BMWK geförderten Plattform und Ökosystem für Quantenapplikationen, adressieren konkrete industrielle Anwendungen des Quantencomputing.

18. Wie setzt sich die Bundesregierung auf europäischer und auf internationaler Ebene, beispielsweise im Rahmen des EU-US Trade and Technology Council (TTC), für eine Förderung des Quantencomputings ein?

Die Bundesregierung fördert über das BMBF im Rahmen der Initiative „QuantERA“ als ERA-NET Cofund unter Horizont 2020 bereits seit dem Jahr 2017 auf europäischer Ebene Verbundprojekte zu den Quantentechnologien mit Partnern aus mindestens drei verschiedenen Staaten. In insgesamt über 30 Verbundprojekten stellt das Quantencomputing dabei einen thematischen Schwerpunkt dar.

Die Bundesregierung engagiert sich für die deutschen Belange im Zusammenhang mit dem EU Rahmenprogramm für Forschung und Innovation – Horizont Europa (2021 bis 2027). Außerdem bietet das BMBF über seine Projektträger Unterstützungsangebote für Antragstellende an, um die deutsche Beteiligung

möglichst erfolgreich zu gestalten. Aktuell laufen in Horizont Europa 82 Projekte zum Thema Quantencomputing (EU Quantum Flagship) mit einem Gesamtbudget von 179,1 Mio. Euro. In 32 dieser Projekte sind insgesamt 59 deutsche Partner beteiligt.

Weiterhin hat das BMBF im Dezember 2022 ein trilaterales Statement gemeinsam mit Frankreich und den Niederlanden zu Kooperationen in der Förderung von Quantentechnologien unterzeichnet. Mit der BMBF-Förderbekanntmachung „Quantum International – Internationale Kooperationen in den Quantentechnologien“ aus Mai 2023 wurde ein Förderrahmen für internationale Kooperation geschaffen.

Mögliche Kooperationen im Bereich Quantentechnologien werden im Rahmen einer Arbeitsgruppe des EU-US TTC diskutiert. Die Bundesregierung setzt sich dabei dafür ein, dass Lösungen zu wichtigen Fragen wie z. B. fairer Zugang zu Kooperationen im Bereich Forschung und Entwicklung, Umgang mit geistigem Eigentum, Standardisierung und Benchmarking oder Exportkontrollen im Sinne der technologischen Souveränität von Deutschland und Europa gefunden werden.

19. Welche Schritte unternimmt die Bundesregierung in Abstimmung mit den Ländern, um Quantenphysikerinnen sowie Quantenphysiker und IT-Kenntnisse in den Anwendungsfeldern zu fördern?
20. Welche Maßnahmen unternimmt das BMBF, um anwendungsnahe Aus- und Weiterbildung zu fördern?

Die Fragen 19 und 20 werden im Zusammenhang beantwortet.

Die konkrete Ausgestaltung der Curricula für Studiengänge obliegt gemäß der verfassungsrechtlichen Kompetenzverteilung den Ländern. In den letzten Jahren haben diese bereits mehr als zehn Quantentechnologie-spezifische Bachelor- und Masterstudiengänge eingeführt. Ein regelmäßiger Austausch mit den Ländern findet zweimal jährlich im Rahmen einer Bund-Länder-Arbeitsgemeinschaft zur Förderung der Quantentechnologien statt.

Darüber hinaus stärkt die Bundesregierung im Rahmen der föderalen Kompetenzordnung gezielt die Bildung in für Quantentechnologien besonders relevanten Themengebieten, insbesondere im Bereich Mathematik, Informatik, Naturwissenschaften und Technik (MINT). So schafft beispielsweise der MINT-Aktionsplan 2.0 des BMBF niedrigschwellige Zugänge durch außerschulische MINT-Bildungsangebote und stärkt die Akteurinnen und Akteure außerschulischer MINT-Bildung. In vielen MINT-Clustern bringen sich Vertreterinnen und Vertreter der Wirtschaft als Kooperationspartner ein, zudem vernetzt und unterstützt die bundesweite Service- und Anlaufstelle MINTvernetzt neben Bildungsakteurinnen und -akteure auch Unternehmen. In diesem Zusammenhang verantwortet die MINT-Vernetzungsstelle auch das Bündnis für Frauen in MINT-Berufen mit über 200 Mitgliedern aus Wirtschaft, Bildung, Wissenschaft, Medien und Politik.

Spezifisch im Bereich Quantentechnologien fördert das BMBF im Rahmen der Fördermaßnahme „Quantum Futur Education“ die Entwicklung neuartiger, interdisziplinärer Konzepte und Programme zur Aus- und Weiterbildung in den Quantentechnologien. Im Zeitraum 2021 bis 2024 werden neun Projekte gefördert mit einem Gesamtvolumen in Höhe von 14 Mio. Euro. Die Anwendungsnähe wird durch die Einbindung eines industriellen Beratungsgremiums bei jedem der Projekte sichergestellt. Im Mai 2023 wurde darüber hinaus die Fördermaßnahme „Quantum international – internationale Kooperationen in den Quantentechnologien“ veröffentlicht. Innerhalb eines der zwei Module ist vor-

gesehen Fachkräfte und Talente in einem internationalen Umfeld weiter- und auszubilden.

21. Welche Projekte zur Gewinnung von Fachkräften für Quantentechnologien haben das BMBF und BMWK seit Anfang 2022 neu angestoßen, und wie wird dabei die Wirtschaft integriert?

Die Verbundforschung des BMBF trägt neben der Technologieentwicklung explizit zur Gewinnung von Fachkräften bei. Im Rahmen der Projekte werden viele Stellen an Forschungseinrichtungen sowie Universitäten geschaffen, die auch direkt mit der Wirtschaft zusammenarbeiten.

Abseits davon hat das BMBF im Jahr 2022 die „Quantum Future Academy“ gemeinsam mit Israel angestoßen. Dabei erhalten exzellente Studierende der MINT-Fächer Einblicke in den Bereich der Quantentechnologien. Die Aktivitäten werden im Jahr 2023 durchgeführt: zwei Wochen lang werden dabei insbesondere Exkursionen zu führenden Unternehmen und Instituten angeboten.

Weiterhin fördert das BMBF seit 2022 insgesamt acht weitere Nachwuchswissenschaftler im Rahmen der Fördermaßnahme „Nachwuchswettbewerb Quantum Futur – Runde 2“. Exzellente Nachwuchsforschende erhalten im Rahmen der Förderung die Möglichkeit, in ihren Arbeitsgruppen den Übergang von Erkenntnissen der Grundlagenforschung in neuartige Anwendungen in der Industrie zu unterstützen und fungieren gleichzeitig durch die akademische Lehre als Multiplikatoren.

Außerdem wurde durch das BMWK über die DLR QCI das Quantum Fellowship Programm zur Ausbildung von Fachkräften in Kooperation zwischen Industrie, Hochschulen und dem DLR gestartet. Damit können Mitarbeiter aus der Wirtschaft ihre Promotion am DLR anfertigen. Zur Erhöhung der Sichtbarkeit und direkter Ansprache von Unternehmen dienen auch Messeauftritte wie auf der „World of Quantum“ oder die Organisation des Austauschforums Quantencomputing.

