

## **Antwort**

### **der Bundesregierung**

**auf die Kleine Anfrage der Abgeordneten Mario Brandenburg, Dr. h. c. Thomas Sattelberger, Katja Suding, weiterer Abgeordneter und der Fraktion der FDP  
– Drucksache 19/26407 –**

### **Quantentechnologie – Förderung der Bundesregierung und aktuelle Herausforderungen im Wettbewerb um die Quantenüberlegenheit**

#### Vorbemerkung der Fragesteller

Deutschland debattiert derzeit viel darüber, was es für Staat und Gesellschaft bedeutet, wenn eine ganze Ebene des Miteinanders in der Hand weniger Firmen liegt, die einer anderen Rechts- und in Teilen auch Werteordnung unterliegen. Bekannt als Soziale Medien stellen sie einen wesentlichen Teil der Infrastruktur für die Kommunikation von Menschen und Firmen unter- und miteinander. Schon die rein softwarebezogene Dominanz bringt uns in die Situation, abgehängt und digital nicht souverän zu sein. Eine Abhängigkeit auf der Ebene der Hardware wird in Zukunft noch weit gravierende Auswirkungen auf unser Land haben. Auch wenn eine Infrastruktur auf der Grundlage von Quantentechnologie noch entfernt scheint, entscheidet sich bereits heute, welchen Einfluss wir auf die Entwicklung nehmen können. Denn ähnlich wie die Entwicklungen in der Rechen- und Speicherleistung klassischer Computer-Hardware ist bei der Hardware für Quantencomputer in wesentlichen Teilen eine exponentielle Entwicklung bei gleichzeitig sinkenden Kosten für die erforderliche Hardware prognostiziert worden (vgl. <https://www.nature.com/articles/s41586-019-1666-5>). Die Fragesteller sehen die möglichen positiven wie negativen Folgen von Quantentechnologien (vgl. Bundestagsdrucksache 19/4845) und begrüßen entsprechend, dass die Bundesregierung einer drohenden Abhängigkeit jetzt mit weiteren signifikanten Mitteln entgegenwirkt. Als wesentlich erachten die Fragesteller dabei aber eine enge Zusammenarbeit mit Partnern in der Europäischen Union und ihren Mitgliedstaaten sowie mit der Wirtschaft.

Bereits im September 2018 wurde unter der Verantwortung des Bundesministeriums für Bildung und Forschung (BMBF) das Rahmenprogramm „Quantentechnologien – von den Grundlagen zum Markt“ aufgelegt, das sich mit 650 Mio. Euro dem Ziel widmet, Quantentechnologien der zweiten Generation für Anwendungen frühzeitig nutzbar zu machen (vgl. [https://www.bmbf.de/upload\\_filestore/pub/Quantentechnologien.pdf](https://www.bmbf.de/upload_filestore/pub/Quantentechnologien.pdf)). Um das zu erreichen, soll die Forschungslandschaft ausgebaut und eng mit der Wirtschaft vernetzt werden. Verschiedene Förderprogramme richten sich speziell an Start-ups und kleine und mittlere Unternehmen (KMU) (beispielsweise „Enabling Start-up – Unternehmensgründungen in den Quantentechnologien und der Photonik“,

„KMU-innovativ: Photonik und Quantentechnologien“). Die Bundesministerin für Bildung und Forschung Anja Karliczek hat das Ziel, Deutschland technologisch an der Weltspitze zu halten, zu Beginn des Jahres mit einer sog. strategischen Initiative zum Quantencomputing (vgl. <https://www.bmbf.de/de/karliczek-wir-starten-strategische-initiative-zum-quantencomputing-10748.html>) bestärkt, die Entwicklungen sowohl im Bereich Soft- als auch Hardware für Quantencomputer vorantreiben soll. Ergänzend finden sich Fördermöglichkeiten für Quantentechnologien etwa in Programmen zur Förderung des Leichtbau und der Förderung der Photonik-Forschung.

Im Rahmen der Zukunftsinvestitionen des Corona-Konjunkturpakets vom Juni 2020 kamen weitere 2 Mrd. Euro für die Förderung von „Entwicklung und Produktion von Quantentechnologien in Deutschland“ hinzu (vgl. [https://www.bundesfinanzministerium.de/Content/DE/Standardartikel/Themen/Schlaglichter/Konjunkturpaket/2020-06-03-eckpunktepapier.pdf?\\_\\_blob=publicationFile&v=12](https://www.bundesfinanzministerium.de/Content/DE/Standardartikel/Themen/Schlaglichter/Konjunkturpaket/2020-06-03-eckpunktepapier.pdf?__blob=publicationFile&v=12), S. 11). Davon sollen unter anderem auch Aufträge für den Bau von mindestens zwei Quantencomputern an geeignete Konsortien vergeben werden. Die Umsetzung eines Programmes dieser Größe im Rahmen der Corona-Konjunkturmaßnahmen wirft Fragen auf. Denn ein sehr kurzer, krisenbestimmter Planungshorizont kontrastiert mit einem langen Zeithorizont für Entwicklung und Bau von Quantencomputern. Nach Ansicht der Fragesteller sollte der Bau nicht nur mit Blick auf die Forschung erfolgen. Die Potenziale für den Wirtschaftsstandort müssen nach Meinung der Fragesteller ebenfalls im Blick behalten werden, damit hier gewonnene Forschungsergebnisse auch hier zu Produkten werden können.

Auch Fragen zur Einbettung der neuen Maßnahmen in die auf Ebene der Europäischen Union laufenden Initiativen werden nach Ansicht der Fragesteller bislang nicht zufriedenstellend adressiert, obwohl die Ausübung der EU-Ratspräsidentschaft eine Abstimmung nahegelegt hätte. Immerhin gibt es auf europäischer Ebene bereits bedeutende Initiativen zur Erforschung und Entwicklung von Quantentechnologien, beispielsweise das „Quantum Flagship“ mit einer Laufzeit von zehn Jahren und einem Budget von 1 Mrd. Euro (vgl. <https://qt.eu/>), für das bereits im Jahr 2017 der Grundstein gelegt wurde (vgl. <https://ec.europa.eu/transparency/regexpert/index.cfm?do=groupDetail.groupDetailDoc&id=34809&no=1>). Eine enge wissenschaftliche wie politische Abstimmung liegt nach Ansicht der Fragesteller schon wegen der starken Vernetzung der europäischen Forschungslandschaft näher als ein nationaler Alleingang. Zusätzliches Potenzial kann darüber hinaus in der Abstimmung mit anderen länderübergreifenden Initiativen wie Gaia-X liegen. Auch in der Koordination nationaler Maßnahmen sehen die Fragesteller Möglichkeiten für Synergien.

1. Welche Erwägungen führten zu der Ankündigung der Bundesregierung, die Summe von 2 Mrd. Euro zusätzlich in den Bereich Quantentechnologie zu investieren (vgl. <https://www.bundesfinanzministerium.de/Web/DE/Themen/Schlaglichter/Konjunkturpaket/Konjunkturprogramm-fuer-alle/zusammen-durch-starten.html>)?
  - a) Wie verteilt sich die Summe auf welche Ressorts?
  - b) Welches Ressort war federführend bei der Entscheidung über die konkrete Summe?
  - c) Zwischen welchen Ressorts werden die weiteren Schritte nach der Veröffentlichung der Roadmap abgestimmt (vgl. <https://www.bmbf.de/de/karliczek-mit-quantentechnologien-zu-mehr-technologischer-souveraenitaet-13489.html>)?

Welches Ressort hat die Federführung?

Wie verteilen sich die Mittel?

- d) Über wie viele Jahre erstreckt sich die Förderung von Quantentechnologien aus diesem Konjunkturpaket?
- e) Welchen Mehrwert über die bisherigen Investitionen in die Förderung von Quantentechnologien erhofft sich die Bundesregierung aus den zusätzlichen Mitteln?
- f) Teilen sich die 2 Mrd. Euro auf Forschungsförderung für die Wissenschaft und wettbewerbliche Verfahren für die Industrie auf, und wenn ja, in welchem Verhältnis?

Die Fragen 1 bis 1f werden im Zusammenhang beantwortet.

Die Quantentechnologien besitzen enormes Potenzial für Wirtschaft und Gesellschaft. Quantencomputing, -sensorik und -kommunikation eröffnen etwa bei der Entwicklung medizinischer Wirkstoffe, bei der Klimaforschung oder beim Schutz der Privatsphäre neue technische Möglichkeiten. Um dieses Potenzial zu erschließen und im internationalen Innovationswettbewerb bestehen zu können, hat die Bundesregierung unter Federführung des Bundesministeriums für Bildung und Forschung (BMBF) das Rahmenprogramm „Quantentechnologien – von den Grundlagen zum Markt“ entwickelt und im September 2018 beschlossen. Um dem besonderen Handlungsbedarf beim Quantencomputing Rechnung zu tragen, hat das BMBF im Januar 2020 zudem eine strategische Initiative zum Quantencomputing gestartet. Die im Rahmen des Konjunktur- und Zukunftspakets für die Quantentechnologien vorgesehenen Mittel in Höhe von zwei Milliarden Euro ermöglichen es, die Anstrengungen zu verstärken, mit der Entwicklung von industriell nutzbaren Quantencomputern und Software zu starten sowie ein leistungsfähiges Innovationsökosystem aufzubauen.

Ein gemeinsames Konzept der Bundesregierung zur Förderung der Quantentechnologien wird derzeit zwischen den federführenden Ressorts, dem BMBF, dem Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi) und dem Bundesministerium der Finanzen (BMF), unter Beteiligung des Bundeskanzleramts (BKAm) abgestimmt. Nach der Finalisierung des Konzepts erfolgt die Verteilung der Mittel auf die Ressorts. Die Arbeiten basieren auf der Roadmap des Expertenrats Quantencomputing sowie auf Diskussionen zum Quantencomputing im Innovationsdialog der Bundeskanzlerin. Die Mittel sollen im Rahmen wettbewerblicher Verfahren vergeben werden.

- 2. Auf welche „grundlegenden Schlüsseltechnologien“ bezieht sich das BMBF in seiner angekündigten ersten Förderung in Höhe von 120 Mio. Euro (vgl. <https://www.bmbf.de/de/karliczek-mit-quantentechnologien-zu-mehr-technologischer-souveraenitaet-13489.html>)?

Mit der ersten Tranche in Höhe von 120 Millionen Euro aus dem Konjunktur- und Zukunftspaket wurden im Haushalt 2020 Projekte zu den grundlegenden Schlüsseltechnologien für Quantenkommunikation und Quantencomputing durch das BMBF bewilligt. Dabei handelt es sich um eine Fortschreibung der Initiative QuNET (Pilotinitiative zur sicheren Kommunikation auf der Basis der Quantum Key Distribution) und fünf Konsortien aus der Förderbekanntmachung „Quantenprozessoren und Technologien für Quantencomputer“ (Förderung von Projekten zur Realisierung von Quantenchips wie supraleitende Qubits, Ionenfallen, Halbleiter-Spin-Qubits und Rydbergatome).

3. Warum wurden die Aufträge zum Bau von mindestens zwei Quantencomputern nicht, wie angekündigt, unmittelbar vergeben?
  - a) Gibt es einen Kriterienkatalog, den die Bundesregierung zur Beurteilung der Eignung von Konsortien heranzieht, und wenn ja, wird dieser der Öffentlichkeit zugänglich gemacht werden?
  - b) Welche Kriterien sind darin enthalten?
  - c) Welche Ansprüche stellt die Bundesregierung an die technischen Fähigkeiten (bitte detailliert angeben) von Organisationen, die einen international wettbewerbsfähigen Quantencomputer bauen sollen?
  - d) Mit wie vielen Konsortien laufen bereits Gespräche?
  - e) Wie stellt die Bundesregierung sicher, dass der von ihr zu vergeben geplante Auftrag zum Bau von mindestens zwei Quantencomputern mit Artikel 107 Absatz 1 des Vertrags über die Arbeitsweise der Europäischen Union vereinbar ist?
  - f) Wird die Bundesregierung den Auftrag zum Bau der geplanten Quantencomputer in einem wettbewerblichen Verfahren ähnlich dem in Finnland vergeben (vgl. <https://www.vttresearch.com/en/news-and-ideas/vtt-build-finlands-first-quantum-computer>)?

Die Fragen 3 bis 3f werden im Zusammenhang beantwortet.

Quantencomputer sind zum derzeitigen Stand kein marktgängiges Produkt. Weltweit gibt es noch kein universelles System, mit dem Vorteile für praktische Anwendungen demonstriert werden konnten. Vielmehr wird die Entwicklung universeller Quantencomputer voraussichtlich noch einige Jahre benötigen. Die technologische Basis für einen universellen Quantencomputer ist derzeit offen.

Deutschland und Europa sind in der Grundlagenforschung zu Quantenphänomenen sehr gut aufgestellt, haben jedoch in der Entwicklung erster Quantencomputer Nachholbedarf. In Europa gibt es zurzeit kein etabliertes Unternehmen, das die Zusammenführung von Hard-, Soft- und Middleware adressiert. Darum können Aufträge zur Entwicklung und zum Bau von Quantencomputern nicht unmittelbar vergeben werden. Vielmehr bedarf es leistungsfähiger Konsortien zur Forschung und Weiterentwicklung existierender, rudimentärer Prototypen und zur Entwicklung von hybriden Systemen für einen schnellen Markteinstieg. Neben dem konkreten Aufbau von Quantencomputern wird der geplante Wettbewerb die Entwicklung eines leistungsstarken Innovationsökosystems mit Forschung und Industrie adressieren.

Die Kriterien für die Eignung von Konsortien werden zum Start des wettbewerblichen Verfahrens bekanntgegeben. In Übereinstimmung mit den Handlungsempfehlungen der Roadmap Quantencomputing ist beabsichtigt, dass der Wettbewerb zur Hardware-Entwicklung technologieoffen ausgestaltet wird. Das wettbewerbliche Verfahren wurde noch nicht gestartet, so dass die Bundesregierung keine Angaben zu Konsortien machen kann.

Grundlage des wettbewerblichen Verfahrens zur Entwicklung von Quantencomputern wird eine Förderrichtlinie sein, auf deren Basis staatliche Beihilfen auf der Grundlage von Artikel 25 Absatz 2 Buchstabe a, b und c der Verordnung (EU) Nr. 651/2014 der EU-Kommission vom 17. Juni 2014 zur Feststellung der Vereinbarkeit bestimmter Gruppen von Beihilfen mit dem Binnenmarkt in Anwendung der Artikel 107 und 108 des Vertrags über die Arbeitsweise der Europäischen Union („Allgemeine Gruppenfreistellungsverordnung“ – AGVO) gewährt werden. Ferner sind Forschungsk Kooperationen und Innovationspartnerschaften zwischen Forschungseinrichtungen und Unternehmen vorgesehen.

4. Welche unterschiedlichen Vorstellungen führten dazu, dass sich das Bundesministerium für Bildung und Forschung und das Bundesministerium für Wirtschaft und Energie laut Medienberichten nicht über die Verwendung der Mittel einigen konnten (vgl. <https://background.tagesspiegel.de/digitalisierung/roadmap-quantencomputing-moonshot-oder-mutlos/>)?

Welche Erwägungen haben zur dort erwähnten Intervention des Bundeskanzleramts geführt?

Wann geschah das?

Die Abstimmungen zwischen den Ressorts zum geplanten Konzept zur Förderung der Quantentechnologien basierend auf Ziffer 44 des Konjunktur- und Zukunftspakets laufen derzeit (vgl. Antwort zu Frage 1). Entsprechend befinden sich die beteiligten Ressorts in kontinuierlichem Austausch.

5. Welches Ressort wird die Federführung bei der Verwendung der Mittel innehaben?

Welches Ressort hat die Federführung bei der Erstellung eines Umsetzungsplans zur Strategie oder der Anpassung derselben?

Das Konzept zur Förderung der Quantentechnologien basierend auf Ziffer 44 des Konjunktur- und Zukunftspakets wird gemeinsam von den beteiligten Ressorts erarbeitet. Die Umsetzung der geplanten Maßnahmen wird entlang der Zuständigkeiten im Geschäftsbereich der jeweiligen Ressorts erfolgen. Der kontinuierliche Austausch zum Förderkonzept ist durch Abstimmungen auf Fachebene sichergestellt.

6. Welche „dringend nötigen Strukturen für die Vorbereitung, Aktivierung und Vernetzung der Wirtschaft und der wissenschaftlichen Communities“ (vgl. <https://www.bmbf.de/de/karliczek-mit-quantentechnologien-zu-mehr-technologischer-souveraenitaet-13489.html>) fehlen nach Ansicht der Bundesregierung?

Handlungsbedarf besteht bei der Schaffung technologischer Ökosysteme, d. h. der Vernetzung von Forschung und Unternehmen in Konsortien zur Arbeit an Fragen der anwendungsorientierten Grundlagenforschung. Dabei gilt es, exzellente Forscherinnen und Forscher mit Technologieunternehmen und Unternehmen der anwendenden Industrien zusammenzubringen – interdisziplinär und entlang der Technologie- und der späteren Wertschöpfungsketten.

7. Aus welchen Erwägungen heraus hat die Bundesregierung beschlossen, eine neue Expertenkommission ab Oktober einzusetzen, obwohl auf europäischer Ebene auf Basis von Experten bereits eine Roadmap erstellt wurde (vgl. <https://ec.europa.eu/digital-single-market/en/news/quantum-technologies-and-advent-quantum-internet-european-union-brochure>)?
  - a) Welche Mitglieder der Expertenkommission weisen nach Kenntnis der Bundesregierung praktische Expertise im Bau und der Verwendung von Quantentechnologie auf?
  - b) Wie viele Firmen wurde insgesamt von Mitgliedern dieser Experten gegründet (bitte wenn möglich tabellarisch und mit Jahresumsatz auflisten)?

Die Fragen 7 bis 7b werden im Zusammenhang beantwortet.

Die europäische Roadmap zu den Quantentechnologien ist eine gute Basis für die weitere Entwicklung der Aktivitäten auf EU-Ebene, insbesondere im Forschungsrahmenprogramm Horizont Europa. Akteure aus Deutschland waren an ihrer Erstellung wesentlich beteiligt. Der Expertenrat Quantencomputing hat unter anderem auch die europäische Roadmap als Grundlage für die eigenen Handlungsempfehlungen herangezogen. Im Fokus der Arbeit des Expertenrats stand die Berücksichtigung von nationalen Rahmenbedingungen und die Erarbeitung von inhaltlichen und strukturellen Handlungsempfehlungen für Deutschland zum Quantencomputing.

Die Mitglieder des Expertenrats verfügen über ausgewiesene Expertise in den Bereichen Grundlagenforschung, Schlüsselkomponenten, Hardware-Entwicklung, Software-Entwicklung und Anwendungen in Bezug auf das Quantencomputing. Unternehmerische Erfahrungen wie auch Forschungsexpertise waren gleichermaßen im Expertenrat abgebildet. Die Roadmap inklusive einer vollständigen Liste der Mitglieder und ihrer Zugehörigkeiten ist veröffentlicht unter [www.quantentechnologien.de/roadmap-quantencomputing](http://www.quantentechnologien.de/roadmap-quantencomputing). Informationen zum Jahresumsatz der dort genannten Unternehmen liegen der Bundesregierung nicht vor.

8. Welche unterschiedliche Bewertung der vorgelegten Roadmap nehmen die unterschiedlichen Bundesministerien vor (vgl. <https://background.tagesspiegel.de/digitalisierung/roadmap-quantencomputing-moonshot-oder-mutlos/>)?

Welche weiteren Schritte leitet die Bundesregierung aus den in den Medien genannten Differenzen ab, um eine koordinierte Strategie zu formulieren?

Die beteiligten Ressorts der Bundesregierung haben die vorgelegte Roadmap Quantencomputing gleichermaßen positiv bewertet. Der Förderung der Quantentechnologien basierend auf Ziffer 44 des Konjunktur- und Zukunftspakets wird ein einheitliches Konzept der Bundesregierung zugrunde gelegt.

9. Welche neuen Ideen zur Kommerzialisierung von Quantentechnologien hat die Kommission nach Ansicht der Bundesregierung bereits geliefert?

Wie grenzen sich diese Ideen von den bekannten Konzepten ab, und wie werden diese Ideen jetzt umgesetzt?

Die Handlungsempfehlungen des Expertenrats Quantencomputing machen konkrete Vorschläge zur Schaffung technologischer Ökosysteme, die zur Kommerzialisierung von Quantencomputern führen sollen. Die geplante Kooperation von Unternehmen (inkl. Startups) und Forschungseinrichtungen in wettbewerbsfähig ausgewählten Konsortien wird erstmals das gesamte erforderliche Know-how zusammenführen, das für einen Systemaufbau erforderlich ist. Dies ist die Basis dafür, dass Unternehmen – unabhängig von ihrer Größe – ihre Beiträge in den Wertschöpfungsketten ausbauen. Im Bereich der Software und der Anwendungen sind, neben der Kooperation von Wirtschaft und Wissenschaft, der frühzeitige Zugang zu bereits verfügbaren Quantencomputern und die Möglichkeit der Erprobung für konkrete Anwendungen („Use Cases“) insbesondere für industrielle Anwender wesentlich. Abstimmungen zur Umsetzung dieser Elemente der Roadmap Quantencomputing laufen derzeit ressortübergreifend. Darüber hinaus wird die Umsetzung weiterer Empfehlungen aus der Industrie sicherzustellen sein.

10. Bekennt sich die Bundesregierung zum durch die Expertenkommission in der Roadmap vorgeschlagenen „Meilenstein: ein international wettbewerbsfähiger Quantenrechner mit mindestens 100 individuell ansteuerbaren Qubits“, der auf „mindestens 500 Qubits skalierbar sein soll“ (vgl. <https://www.quantentechnologien.de/fileadmin/public/Redaktion/Dokumente/PDF/Publikationen/Roadmap-Quantencomputing-bf-C1.pdf>, S. 6)?

Wenn ja, hält die Bundesregierung das Ziel für innerhalb von fünf Jahren erreichbar?

Die Bundesregierung wird Rahmenbedingungen zur Erreichung der Meilensteine der Roadmap Quantencomputing schaffen. Die dort aufgeführten Meilensteine wurden auf Grundlage des aktuellen Stands der Quantentechnologie von renommierten Expertinnen und Experten formuliert.

11. Wie trägt die von der Expertenkommission vorgeschlagene Gründung von Forschungshubs (vgl. <https://background.tagesspiegel.de/digitalisierung/roadmap-quantencomputing-neue-organisation-und-strukturen-angedacht>) nach Ansicht der Bundesregierung zu einer unternehmerisch und am Technologietransfer ausgerichteten Forschungspolitik bei?
  - a) Wie stellt die Bundesregierung sicher, dass die vorgeschlagenen Hubs zum Ziel der technologischen Souveränität im Quantencomputersegment beitragen?

Die Fragen 11 und 11a werden im Zusammenhang beantwortet.

Grundlage für die geplanten Hubs und Kompetenznetze bilden Konsortien, in deren Aufbau bereits die Kooperation von Wissenschaft und Industrie angelegt ist. Ein Ergebnistransfer wird durch direkte Beteiligung von Technologieunternehmen und industriellen Anwendern an den o. g. Konsortien sichergestellt. Darüber hinaus adressieren die Hubs die Unterstützung von Unternehmensgründungen.

- b) Schließt sich die Bundesregierung der in der Roadmap vorgeschlagenen Klassifizierung nach „systemkritischen, neutralen oder trivialen Komponenten“ (vgl. <https://www.quantentechnologien.de/fileadmin/public/Redaktion/Dokumente/PDF/Publikationen/Roadmap-Quantencomputing-bf-C1.pdf>, S. 28) an?

Der Bundesregierung erscheint die durch den Expertenrat vorgeschlagene Klassifizierung nachvollziehbar. Ein Ziel der geplanten Maßnahmen ist es, systemkritische Komponenten mittelfristig in Deutschland und Europa verfügbar zu machen, um die technologische Souveränität im Bereich der Quantentechnologien und des Quantencomputing sicherzustellen.

- c) Welche Kontrollmechanismen gibt es, und in welchem Turnus erfolgt die Überprüfung?

Auf programmatischer Ebene bietet ein kontinuierlicher, ressortübergreifender Austausch zur Förderung der Quantentechnologien Raum zur übergreifenden Koordinierung der Fördermaßnahmen. Auf Ebene der Fördermaßnahme unterliegt jedes Projekt zudem der kontinuierlichen Überprüfung durch die im Rahmen der Projektförderung vorgesehenen Instrumente.

12. Wie verhält sich die Bundesregierung zu der in der Presse berichteten Einschätzung, dass die Umsetzung der Roadmap eine „extrem träge und schwerfällige, nahezu handlungsunfähige Struktur“ (vgl. <https://background.tagesspiegel.de/digitalisierung/roadmap-quantencomputing-moonshot-oder-mutlos>), zur Folge habe?

Die Bundesregierung teilt diese Auffassung nicht.

13. Nutzt oder plant die Bundesregierung im Rahmen der bisherigen und kommenden Förderungen Instrumente zur Mobilisierung privaten Kapitals für die Quantentechnologie?
  - a) Inwiefern sieht die Bundesregierung ihre Förderpolitik in Konkurrenz mit Projekten privater Kapitalgeber?
  - b) Inwiefern sieht die Bundesregierung derzeit oder in Zukunft eine Konkurrenz zwischen den von ihr finanzierten oder geförderten Quantentechnologien und bereits oder zukünftig kommerziell angebotenen Quantentechnologien wie etwa des auch in Deutschland ansässigen Unternehmens IQM (vgl. <https://www.handelsblatt.com/technik/forschung-innovation/quantencomputing-millionen-fuer-quantencomputer-aus-europa-darum-weckt-iqm-so-grosse-hoffnungen/26607624.html>)?

Die Fragen 13 bis 13b werden im Zusammenhang beantwortet.

Das Instrument der Verbundforschung ermöglicht es Unternehmen, frühzeitig neue Technologien, zumeist in Kooperation mit Forschungseinrichtungen, zu erforschen und zu entwickeln. Die Eigenbeteiligung der Unternehmen (maximale Beihilfeintensitäten gemäß EU-Rahmen für Forschungs- und Entwicklungsbeihilfen) mobilisiert bereits während der vorwettbewerblichen Förderung privates Kapital. Im Rahmen der Ergebnisverwertung wird weiteres Kapital investiert. Die Förderung steht dabei nicht in Konkurrenz mit Projekten privater Kapitalgeber in Europa. Sie erfolgt komplementär. Die Förderung der Bundesregierung zielt nicht auf eine Konkurrenz geförderter Quantentechnologien zu kommerziellen Anbietern. Sie adressiert gerade auch Unternehmen, die bereits am Markt agieren, und möchte deren FuE-Bestrebungen und Kooperationen mit Forschungseinrichtungen forcieren. So bindet das BMBF u. a. auch das genannte Startup-Unternehmen IQM im Rahmen der Verbundforschung mit ein.

14. Wie bindet die Bundesregierung Start-ups aktiv in die Vergabe von Mitteln ein?

Welche Start-ups haben bereits Mittel aus der Förderung der Bundesregierung für Quantentechnologien erhalten?

Die Beteiligung von Startups im Rahmen von Verbundvorhaben, Forschungs Kooperationen oder Innovationspartnerschaften ist ausdrücklich erwünscht. Über die bestehende BMBF- Förderbekanntmachung „Enabling Start-up – Unternehmensgründungen in den Quantentechnologien und der Photonik“ werden Startups im Bereich der Quantentechnologien besonders gefördert. Zudem besteht die Möglichkeit für Startups, die Entwicklungen aus dem Bereich der Quantenkommunikation für IT-Sicherheitslösungen in die Anwendung bringen wollen, Förderung aus der Gründungsinitiative StartUpSecure zu erhalten.

Die folgenden Startups (Unternehmen, die zum Zeitpunkt des Förderbeginns weniger als fünf Jahre bestanden) haben bereits Mittel aus der Förderung der Bundesregierung für Quantentechnologien erhalten:

– EcoDiamond GmbH,



- HQS Quantum Simulations GmbH,
- IQM Germany GmbH,
- Kiutra GmbH,
- NVision GmbH,
- Swabian Instruments GmbH.

15. Plant die Bundesregierung die gezielte Förderung von Geschäftsmodellen, die sich vom standardmäßig genutzten digitalen Quantencomputing abgrenzen (zum Beispiel applikationsspezifische Prozessoren oder Co-Prozessoren im Sinne eines „Quantum Accelerators“), und falls ja, welche?

Wenn nein, weshalb nicht?

Der geplante Wettbewerb zur Entwicklung und zum Aufbau von Quantencomputern wird neben digitalen Ansätzen auch analoge Aufbauten (Quantensimulatoren) und digital-analoge Ansätze, insbesondere auch für applikationsspezifische Prozessoren, adressieren; zudem auch Co-Prozessoren für hybride High Performance Computing/Quantencomputing (HPC/QC)-Ansätze.

16. Fördert die Bundesregierung aktiv Forschungsk Kooperationen im Bereich der Quantentechnologien mit Forscherinnen und Forschern anderer Staaten, und wenn ja, wie?

Ein übergeordnetes Ziel der Förderung der Entwicklung der Quantentechnologien ist es, die nationale und europäische Souveränität in diesem für Wirtschaft und Gesellschaft wichtigen Zukunftsfeld sicherzustellen. Daher zielt die Bundesregierung bei Kooperationen im Bereich Forschung und Entwicklung vorrangig auf die europäische Zusammenarbeit. Im Fokus stehen hier das Engagement Deutschlands für das EU Quantum Flagship und die wesentliche Mitwirkung deutscher Partner in den Konsortien des Flagships.

Weiterhin fördert die Bundesregierung aktiv die europäische Zusammenarbeit durch die Beteiligung des BMBF an der multinationalen Förderinitiative QuantERA, in der 27 Mitgliedstaaten sowie assoziierte Staaten der EU gemeinsam Kooperationsprojekte zu den Quantentechnologien fördern. Zudem arbeitet die Bundesregierung mit zahlreichen Partnerländern innerhalb der EU bei der Erforschung der Grundlagen für die europäische Quantenkommunikationsinfrastruktur EuroQCI zusammen. Darüber hinaus besteht in der Verbundforschung grundsätzlich die Möglichkeit, Akteure aus der EU im Rahmen von Forschungs- und Entwicklungsaufträgen oder als assoziierte Partner zu beteiligen.

17. Welche Summe plant die Bundesregierung im Rahmen der Förderung oder an anderer Stelle dafür ein, die eigene IT-Infrastruktur resistent gegen die Möglichkeiten quantencomputergestützter Entschlüsselungssoftware zu machen (vgl. Bundestagsdrucksache 19/4845)

Die Bundesregierung führt für den Hochsicherheitsbereich unter der Arbeitshypothese, dass zu Beginn der 2030er Jahre kryptografisch relevante Quantencomputer zur Verfügung stehen, eine Migration zu quantensicherer Kryptografie durch. Konkrete Kosten der damit verbundenen Umstellungen können nicht beziffert werden, insbesondere, da diese Migration in Verbindung mit der regelmäßigen Weiterentwicklung von Produkten stattfindet.

18. Welche Hubs oder Kompetenznetzwerken der Quantentechnologie sollen im Rahmen der Roadmap Quantencomputing in Deutschland aufgebaut oder ausgebaut werden?

Sind auch grenzüberschreitende Hubs oder Kompetenznetzwerke geplant, und wenn ja, wo?

Zum Auf- bzw. Ausbau von Hubs oder Kompetenznetzwerken der Quantentechnologien kann gegenwärtig keine Aussage getroffen werden. Grundsätzlich wird die Möglichkeit bestehen, Akteure aus der EU im Rahmen von Forschungs- und Entwicklungsaufträgen oder als assoziierte Partner zu beteiligen.

19. Welche Synergien sind nach Ansicht der Bundesregierung möglich zwischen den von ihr im Rahmen des Konjunkturpakets zu bauen geplanten Quantencomputern und dem Projekt „OpenSuperQ“, dessen Ziel ebenfalls der Bau eines Quantencomputers ist (vgl. <https://www.fz-juelich.de/SharedDocs/Pressemitteilungen/UK/DE/2018/2018-10-29-gemeinsam-zum-europaeischen-quantencomputer.html;jsessionid=6D1EAF51165B795C4B50CB09BD169BBA?nn=448936>)?

Das Vorhaben „OpenSuperQ“ (Laufzeit Oktober 2018 bis September 2021) ist ein Verbundprojekt des EU Quantum Flagships, das vom Forschungszentrum Jülich (FZJ) koordiniert wird. Das Konsortium zielt mittelfristig darauf ab, einen Quantencomputer mit 50 bis 100 Qubits zu bauen, der auf supraleitenden Schaltkreisen basiert und dessen Betriebssystem eine Open-Source-Software sein soll; geplant ist ein Zugang über die Cloud. Verbundpartner sind VTT und Bluefors aus Finnland, Chalmers und Low Noise Factory aus Schweden, die ETH Zürich und Zurich Instruments aus der Schweiz sowie die Universität des Baskenlandes aus Spanien. Das FZJ verantwortet im „OpenSuperQ“-Projekt den Betrieb des Demonstrators und die Anbindung an ein Rechenzentrum. Die Hardware-Entwicklung findet nicht in Deutschland statt.

Synergien aus Projekten des EU Quantum Flagships, insbesondere auf Basis der Arbeiten deutscher Partner, zu Entwicklungen in Deutschland im Rahmen des Regierungsprogramms „Quantentechnologien – von den Grundlagen zum Markt“ sowie zur Umsetzung des Konjunktur- und Zukunftspakets werden angestrebt. Die bestehende BMBF-Förderrichtlinie „Quantenprozessoren und Technologien für Quantencomputer“ hat etwa die Möglichkeit der Unterstützung laufender Quantum Flagship Projekte explizit adressiert.

- a) Verläuft das genannte Projekt nach Kenntnissen der Bundesregierung nach dem angestrebten Zeitplan, der den fertigen Bau im Jahr 2021 vorsah?

Das Projekt „OpenSuperQ“ hat grundsätzlich bis jetzt seine Zwischenziele erreicht. Nur wenige davon waren verzögert. Allerdings hat die Corona-Pandemie Auswirkungen auf den Entwicklungsfahrplan, insbesondere im Bereich der Chipentwicklung und -herstellung, die Präsenz in Reinräumen erfordert. Aus diesem Grund plant das Projekt, die von der Europäischen Kommission angebotene Möglichkeit einer kostenneutralen Verlängerung zu nutzen und befindet sich in der Abstimmung dieses Schrittes. Das neue Konzept sieht vor, dass die von dieser Verzögerung nicht betroffenen Komponenten im bisherigen Zeitplan bis Herbst 2021 entwickelt werden, zunächst aber auf einem kleineren Prozessor (etwa 20 Qubits), der bis Frühjahr 2022 auf die Endgröße von mehr als 50 Qubits expandiert werden soll. Der Status der Arbeiten (Stand August 2020) ist auf der Web-Präsenz des Projekts veröffentlicht.

- b) Wie viele Personen sind in der Bundesregierung in welchen Ressorts dafür zuständig, Kontakt zu den Verantwortlichen von „OpenSuperQ“ mit dem Ziel des Austauschs von Wissen und Erfahrung zu halten?

Haben die Verantwortlichen einen fachlichen Hintergrund in einem für Quantentechnologien relevanten Bereich?

Im Rahmen des Regierungsprogramms „Quantentechnologien – von den Grundlagen zum Markt“ liegt die Verantwortung für das Quantencomputing insbesondere in der Abteilung „Forschung für technologische Souveränität und Innovationen“ des BMBF. Ein direkter und kontinuierlicher Austausch mit den Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern des FZJ findet insbesondere im Rahmen der Begleitung der laufenden BMBF-Fördermaßnahmen zu Quantenprozessoren statt, an denen das FZJ beteiligt ist. Das BMBF hat zudem den Projektträger VDI Technologiezentrum GmbH zur fachlichen Unterstützung beauftragt. Die Verantwortlichen beim Projektträger verfügen sämtlich über fachliche Hintergründe in für die Quantentechnologien relevanten Bereichen.

- c) Wie plant die Bundesregierung Erkenntnisse aus dem Projekt in die eigene Auftragsvergabe einfließen zu lassen?

Alle Konsortien, die im Rahmen der geplanten wettbewerblichen Verfahren antreten wollen, werden aufgerufen sein, ihre Arbeiten am internationalen Stand der Forschung auszurichten und insbesondere auch eigene Vorarbeiten in den vorgestellten Konzepten zu würdigen. Entsprechende Synergien sind zu erwarten. In jedem Fall werden Erkenntnisse aus den Projekten des EU Quantum Flagships, hier u. a. aus „OpenSuperQ“, in die Evaluation der Konzepte der Konsortien einfließen.

20. Will die Bundesregierung sicherstellen, dass sog. Quantenüberlegenheit auch durch Verwendung ausschließlich europäischer Technologie erreicht wird, und wenn ja, wie?

Auf welche in Deutschland generierten Innovationen setzt die Bundesregierung hierbei, und welche Rolle spielen innovative Ansätze von Start-ups?

Die Bundesregierung beabsichtigt mit ihren Fördermaßnahmen die mittelfristige Demonstration des Quantenvorteils durch die Verwendung europäischer Technologien gemäß den Handlungsempfehlungen der Roadmap Quantencomputing. Entsprechend wird es ein Ziel der Förderung sein, im Rahmen der geplanten Konsortien zum Aufbau von Hubs und Kompetenznetzen kritische Komponenten zu identifizieren und verfügbar zu machen. Eine Basis dafür sind u. a. Arbeiten bereits im Themenfeld aktiver Unternehmen sowohl aus dem Bereich „Enabling Technologies“ wie auch aus dem Bereich Quantenprozessoren. Perspektiven für eine industrielle Umsetzung werden ein wichtiges Kriterium im Rahmen der Evaluation im wettbewerblichen Verfahren sein. Den innovativen Ansätzen von Startups wird hierbei eine wesentliche Bedeutung zukommen; auf die Antwort zu Frage 14 wird verwiesen.

21. Welche Maßnahmen zum Transfer von der Forschung in die Anwendung sind nach Ansicht der Bundesregierung für den Quantentechnologiestandort Deutschland besonders erfolgreich?

An welchen Parametern macht die Bundesregierung diese Einschätzung fest?

Wie haben sich die relevanten Parameter in den letzten fünf Jahren verändert?

Besonders erfolgreich sind Maßnahmen, die stark grundlagenorientierte Forschungsergebnisse im Bereich der Quantentechnologien ganz unmittelbar in die industrielle Anwendung überführen. Dies geschieht u. a. durch interdisziplinäre Verbundforschung (Verbünde aus Unternehmen, Hochschulen sowie außeruniversitären Forschungseinrichtungen), Forschungskooperationen und Innovationspartnerschaften. Ein besonderes Augenmerk liegt auf der Förderung von Startups, die am Markt agieren und den zügigen Transfer von Forschungsergebnissen in die Anwendung sicherstellen. Hierbei unterstützt die Bundesregierung u. a. durch die Fördermaßnahme „Enabling Start-up – Unternehmensgründungen in den Quantentechnologien und der Photonik“. Weiterhin wird im Bereich des Quantencomputing der unmittelbare Transfer in die Anwendung durch die parallele Förderung von Forschungsprojekten zu Hard- und Software durch die Bundesregierung gestärkt. Ein zentrales Erfolgskriterium für den Transfer in die Anwendung ist das finanzielle Engagement von Unternehmen sowie die Mobilisierung von Venture Capital.

22. Hat die Bundesregierung Kenntnis von geheim gehaltenen Forschungs- oder Entwicklungsprojekten anderer Staaten oder privater Akteure im Bereich der Quantentechnologie?

Wie schätzt die Bundesregierung das Bedrohungspotenzial geheim gehaltener F&E im Bereich der Quantentechnologie für Deutschland und Europa etwa in Hinblick auf die technologische Souveränität ein?

Bereits die Angabe zur Kenntnis geheim gehaltener Forschungs- oder Entwicklungsprojekte anderer Staaten bzw. privater Akteure im Bereich der Quantentechnologie lässt Rückschlüsse auf die Leistungsfähigkeit bzw. das Überwachungspotenzial zu. Daher kann die Frage einschließlich der Unterfrage aus nachfolgenden Gründen nicht beantwortet werden:

Die erfragten Informationen zielen im Kern auf die Offenlegung bestimmter nachrichtendienstlicher Arbeitsmethoden und Vorgehensweisen im Bereich der technischen Aufklärung. Solche Arbeitsmethoden sind im Hinblick auf die künftige Erfüllung des gesetzlichen Auftrags der betroffenen Nachrichtendienste jedoch besonders schutzwürdig – der Schutz der technischen Aufklärungsfähigkeiten stellt für die Aufgabenerfüllung der Nachrichtendienste einen überragend wichtigen Grundsatz dar. Er dient der Aufrechterhaltung der Effektivität nachrichtendienstlicher Informationsbeschaffung durch den Einsatz spezifischer Fähigkeiten und damit dem Staatswohl. Das Bekanntwerden der näheren Umstände der technischen Aufklärungsfähigkeiten, -tätigkeiten und Analysemethoden könnte das Wohl des Bundes gefährden.

Eine zur Veröffentlichung bestimmte Antwort der Bundesregierung auf diese Fragen würde spezifische Informationen zur Tätigkeit und zu den konkreten technischen Fähigkeiten der Sicherheitsbehörden einem nicht eingrenzba- ren Personenkreis nicht nur im Inland, sondern auch im Ausland zugänglich machen. Dies könnte einen Nachteil für die wirksame Aufgabenerfüllung der Sicherheitsbehörden und damit für die Interessen der Bundesrepublik Deutschland bedeuten. Die Fragestellungen berühren derart schutzbedürftige Geheim-

haltungsinteressen, dass auch ein geringfügiges Risiko des Bekanntwerdens, wie es auch bei einer Übermittlung an die Geheimschutzstelle des Deutschen Bundestages nicht ausgeschlossen werden kann, aus Staatswohlgründen vermieden werden muss. Die gebotene Abwägung der Informationsrechte der Abgeordneten des Deutschen Bundestags mit den Sicherheitsinteressen der Bundesrepublik Deutschland führt daher zu dem Ergebnis, dass das Auskunftsrecht der Abgeordneten in diesem Falle hinter den Staatswohlinteressen der Bundesrepublik Deutschland zurückstehen muss.

23. Hat die Bundesregierung die Prognose bewertet, nach der die Rechenleistung mit Quantencomputern doppelt exponentiell steigt (vgl. <https://www.nature.com/articles/s41586-019-1666-5>)?

Welche Implikation hat diese prognostizierte Entwicklung auf die Vergabe von öffentlichen Geldern durch die Bundesregierung an Forschungshubs, an etablierte Unternehmen und an Start-ups?

Die Bundesregierung nimmt keine Bewertung einzelner Publikationen von Forschungsgruppen und Wissenschaftlern vor. Grundsätzlich muss und wird die Vergabe öffentlicher Gelder an Forschungseinrichtungen, etablierte Unternehmen und Startups der Dynamik des Themenfeldes Rechnung tragen. Konsortien werden im Wettbewerb aufgefordert werden, ihre Planungen entlang konkreter Systemaufbauten auszurichten; die verschiedenen Technologieansätze sollen insbesondere auch bzgl. ihres Potenzials für eine Skalierung evaluiert werden.

24. Hat die Bundesregierung die Wettbewerbsfähigkeit des Forschungsstandortes Deutschland beim Einreichen von Patenten zur Quantentechnologie im Verhältnis zu anderen Staaten bewertet?

Die Bundesregierung hat keine entsprechende Bewertung vorgenommen. Eine Darstellung der Patent-Aktivitäten findet sich in einer Studie der Deutschen Akademie der Technikwissenschaften e.V. (acatech) zu Innovationspotenzialen der Quantentechnologien der zweiten Generation.

- a) Welche fünf Staaten sind nach Einschätzung der Bundesregierung die fünf relevantesten bei der Patentierung von Quantentechnologien?

An welcher Stelle wäre die Europäische Union (ohne Großbritannien)?

Es wird auf die Studie „Quantentechnologien – Ein internationaler Vergleich bei Zahlen zu Publikationen und Patentanmeldungen“ des Instituts für Innovation und Technik (iit) verwiesen.

- b) Wie bewertet die Bundesregierung analog den Anteil tatsächlich wirtschaftlich genutzter Patente?

Wie wird sich das Verhältnis und die Wettbewerbsfähigkeit Deutschlands und der fünf relevantesten Staaten in den nächsten Jahren entwickeln?

Für eine Bewertung des Anteils der tatsächlich wirtschaftlich genutzten Patente durch die Bundesregierung besteht keine Veranlassung. Die Entwicklung des Verhältnisses und die Wettbewerbsfähigkeit Deutschlands und der fünf relevantesten Staaten kann nicht zuletzt aufgrund der dynamischen Entwicklungen nicht prognostiziert werden. Insgesamt schätzt die Bundesregierung aber die Wettbewerbsfähigkeit Deutschlands als gut ein.

- c) Welche in Deutschland ansässigen Firmen sind nach Wissen der Bundesregierung bei der Patentierung von Quantentechnologien federführend ?

Die Bundesregierung nimmt keine öffentliche Bewertung der „Federführung“ von Firmen bei der Patentierung von Quantentechnologien vor.

- d) Welche Rolle spielen nach Ansicht der Bundesregierung Start-ups dabei, und wie unterstützt die Bundesregierung diese bei der Patentierung von Quantentechnologien?

Hat die Bundesregierung Kenntnis von unterstützenden Programmen anderer Akteure, etwa der Länder oder von Universitäten?

Sind der Bundesregierung private Initiativen zur Unterstützung von Start-ups bei der Patentierung von Quantentechnologien bekannt?

Eine höhere Bedeutung von Startups bei der Patentierung von Quantentechnologien ist aus Sicht der Bundesregierung sehr wünschenswert. Startups kommt bei der Erarbeitung und Sicherung von geistigem Eigentum eine wichtige Rolle zu. Dediziert im Bereich der Quantentechnologien unterstützt das BMBF deshalb mit der Fördermaßnahme „Enabling Start-up – Unternehmensgründungen in den Quantentechnologien und der Photonik“ Unternehmensgründungen und junge Unternehmen. Dedizierte Programme der Länder, von Hochschulen oder privaten Initiativen zur Unterstützung von Startups bei der Patentierung von Quantentechnologien sind der Bundesregierung nicht bekannt.

25. Welche in Deutschland ansässigen Firmen sind nach Kenntnis der Bundesregierung derzeit in der Lage, quantentechnologische Innovationen aus der Wissenschaft in die (industrielle) Anwendung zu transferieren?

Welche Rolle spielen Start-ups hierbei nach Kenntnis der Bundesregierung?

Im Rahmen der Projektförderung zu den Quantentechnologien werden bereits die folgenden Unternehmen in FuE-Verbundprojekten mit Partnern aus Wissenschaft und Wirtschaft unterstützt.

- AKKA DSW GmbH,
- BALLUFF GmbH,
- Carl Zeiss AG,
- Covestro Deutschland AG,
- Dausinger & Giesen GmbH,
- Diamond Materials GmbH,
- Ecodiamond GmbH,
- Entropy GmbH,
- GRINTECH GmbH,
- HighFinesse Laser and Electronic Systems GmbH,
- HQS Quantum Simulations GmbH,
- Hübner GmbH & Co. KG,
- Infineon Technologies AG,
- Infineon Technologies Dresden GmbH & Co. KG,

- IQM Germany GmbH,
- Jena-Optronik GmbH,
- kiutra GmbH,
- LAYERTEC GmbH,
- Menlo Systems GmbH,
- MMT GmbH,
- NANEOPrecision IBS Coatings GmbH,
- nano analytik GmbH,
- Nanoscribe Solutions GmbH & Co. KG,
- NVision Imaging Technologies GmbH,
- PicoQuant GmbH,
- Q.ant GmbH,
- Qioptiq Photonics GmbH & Co. KG,
- Qubig GmbH,
- Robert Bosch GmbH,
- Rohde & Schwarz GmbH & Co. KG,
- Sekels GmbH,
- SpaceTech GmbH,
- supracon AG,
- Swabian Instruments GmbH,
- TOPTICA Photonics AG,
- TransMIT Gesellschaft für Technologietransfer mbH,
- VACOM Vakuum Komponenten & Messtechnik GmbH.

Die Bundesregierung steht darüber hinaus in engem Austausch mit der Industrie, nimmt aber keine öffentliche Bewertung von Kompetenzen und Leistungsfähigkeit einzelner Unternehmen vor. Zu Startups wird auf die Antworten zu den Fragen 14 und 20 verwiesen.

26. Sind der Bundesregierung Organisationen bekannt, die „die Entwicklung von Quantencomputern ganzheitlich angehen und mit den Akteuren aus den USA bzw. China auf Augenhöhe agieren“ können (vgl. <https://backgound.tagesspiegel.de/digitalisierung/roadmap-quantencomputing-neue-organisation-und-strukturen-angedacht>), oder teilt die Bundesregierung die in der Quelle zitierte Sichtweise, dass es diese Fähigkeiten in Europa derzeit nicht gibt?

Die Bundesregierung setzt im Rahmen der Umsetzung des Konjunktur- und Zukunftspakets auf eine Kooperation von Forschungseinrichtungen und Unternehmen, um die Bündelung von Expertise in Konsortien und den Aufbau eines leistungsfähigen Innovationsökosystems zu ermöglichen.

27. Wie sind Deutschland und die Europäische Union nach Einschätzung der Bundesregierung bei der Verfügbarkeit von Venture Capital für Quantentechnologien aufgestellt (vgl. <https://www.handelsblatt.com/meinung/gasbeitraege/gastkommentar-europa-braucht-einen-eigenen-quantencomputer-tut-dafuer-aber-nicht-genug/25219340.html?ticket=ST-8024378-SJ9ER3jdvR3yToj10zoA-ap1>)?

Die Bundesregierung fördert die Finanzierung von Startups mit einer Reihe von Instrumenten und arbeitet dabei eng mit Institutionen der Europäischen Union, wie dem Europäischen Investitionsfonds (EIF), zusammen. Die Instrumente der Bundesregierung zur Förderung der Wagniskapitalinvestitionen in Deutschland sind auch aufgrund EU-beihilferechtlicher Vorgaben branchen- und technologieoffen ausgestaltet. Daher definiert die Bundesregierung bei der Ausgestaltung der Instrumentarien zur Wagniskapitalfinanzierung keine besonders förderwürdigen Bereiche. Die Förderung erfolgt u. a. mittelbar über Dachfonds wie den ERP/EIF-Dachfonds oder das ERP-Venture Capital Fondsinvestmentprogramm der KfW Capital, die sich an privaten Wagniskapitalfonds beteiligen, sowie unmittelbar über öffentliche Fonds wie den High-Tech Gründerfonds oder coparion, die direkt in Startups investieren. Grundsätzlich adressieren diese Instrumente sämtliche Zukunftstechnologien, so auch die Quantentechnologie. Ferner wurden 10 Milliarden Euro für einen Beteiligungsfonds für Zukunftstechnologien (Zukunftsfonds) bei der Kreditanstalt für Wiederaufbau (KfW) ab dem Haushaltsjahr 2021 bereitgestellt. Das Gesamtvolumen des Zukunftsfonds wird zusammen mit den Beiträgen privater und öffentlicher Partner voraussichtlich mindestens 30 Milliarden Euro betragen. Der Zukunftsfonds wird Startups verstärkt die Möglichkeit bieten, über alle Phasen ihrer Unternehmensentwicklung in und über Deutschland hinaus zu wachsen sowie neue Investorengruppen, wie institutionelle Investoren (z. B. Versicherungen und Pensionskassen), an den deutschen Venture Capital-Markt heranführen. Ein Modul des Zukunftsfonds wird der sogenannte Deep-Tech-Future-Fonds mit einem Volumen von bis zu 1 Milliarde Euro sein, welcher das Finanzierungsangebot insbesondere für Technologien mit langen Entwicklungs- und Wachstumszeiträumen ergänzt. Hiermit kann ein erheblicher Mehrwert u. a. auch für den Bereich der Quantentechnologie mit oftmals langen Entwicklungszyklen von den Grundlagen bis zur Marktreife geschaffen werden.

28. Wird nach Kenntnis der Bundesregierung der Bereich Quantentechnologie im vom Bundesminister für Wirtschaft und Energie Peter Altmaier mit vorangetriebenen Projekt Gaia-X berücksichtigt?
- a) Strebt die Bundesregierung an, die beiden von ihr zu beauftragen geplanten Quantencomputer über einen im Rahmen von Gaia-X festgelegten Cloud-Standard cloudfähig zu machen?
- b) Welche Akteure und Institutionen sollen nach Meinung der Bundesregierung in dem Fall berechtigten Cloud-Zugriff auf die Quantencomputer haben?
- Wird der Zugriff kostenfrei, kostendeckend oder unter einem anderen Vermarktungsmodell erfolgen?
- c) Wird der im Rahmen einer Kooperation von IBM und dem Fraunhofer IAF betriebene Quantencomputer „System Q“ nach Kenntnis der Bundesregierung „Gaia-X-ready“ sein, oder ist das geplant (vgl. <https://background.tagesspiegel.de/digitalisierung/roadmap-quantencomputing-neue-organisation-und-strukturen-angedacht>)?

Die Fragen 28 bis 28c werden im Zusammenhang beantwortet.



Die Entwicklung von Quantencomputern in klassischen Rechner- und Netzstrukturen ist noch wissenschaftlich, technisch und ökonomisch zu klären.

29. Wie schätzt die Bundesregierung Deutschlands Fähigkeiten bei Ausbildung oder Anwerbung von Fachkräften mit für Quantentechnologien relevanten Fähigkeiten ein?
- a) Ist ein ähnliches Szenario wie beim Mangel an IT-Fachkräften absehbar (vgl. <https://www.bitkom.org/Presse/Presseinformation/Erstmals-mehr-als-100000-unbesetzte-Stellen-fuer-IT-Experten#item-5656--2>)?

Die Fragen 29 und 29a werden im Zusammenhang beantwortet.

Deutschland ist im Bereich der Grundlagenforschung zu den Quantentechnologien hervorragend aufgestellt. Zahlreiche Hochschulen sind im Themenfeld aktiv und bilden Absolventinnen und Absolventen aus. Aufgrund ihrer Forschungsstärke sind entsprechende Arbeitsgruppen auch attraktiv für ausländische Studierende. Die Bundesregierung schätzt die Fähigkeiten bei Ausbildung oder Anwerbung von Fachkräften mit für Quantentechnologien relevanten Fähigkeiten als hoch ein. Insbesondere bei wichtigen Technologien zur Realisierung quantentechnologischer Anwendungen wie Mikroelektronik, Nanotechnologie und Supraleitung sind Forschung und Industrie in Deutschland gut aufgestellt.

- b) Ist der Saldo der Migration von Fachkräften mit für Quantentechnologien relevantem Hintergrund nach Wissen der Bundesregierung für Deutschland positiv oder negativ?

Wie hat sich die Zahl nach Kenntnis der Bundesregierung in den letzten fünf Jahren entwickelt?

Wie wird sich die Zahl nach Einschätzung der Bundesregierung in den kommenden Jahren entwickeln?

Zum Saldo der Migration von Fachkräften mit für Quantentechnologien relevantem Hintergrund liegen der Bundesregierung keine Erkenntnisse vor.

- c) Welche Kenntnis hat die Bundesregierung darüber, wie viele Fachkräfte in welche Staaten bzw. aus welchen Staaten nach Deutschland migrieren?

Der Bundesregierung liegen hierzu keine Erkenntnisse vor.

- d) Welche Firmen bauen nach Kenntnis der Bundesregierung in Deutschland derzeit Arbeitsplätze im Bereich Quantentechnologie auf?

Welche speziell im Bereich Quantencomputing?

Wie viele internationale Talente wurden bereits für die Arbeit in Deutschland geworben?

Welchen Anteil daran haben nach Kenntnis der Bundesregierung Start-ups ?

- e) Welche Firmen und Start-ups sind nach Kenntnis der Bundesregierung aktiv in der Ausbildung von Fachkräften (z. B. auch durch das Anbieten von Promotionsstellen in der Industrie)?

Die Fragen 29d und 29e werden im Zusammenhang beantwortet.

In die interne Personalplanung von Unternehmen hat die Bundesregierung keinen Einblick. Nach Kenntnis der Bundesregierung bauen eine Reihe von Unternehmen (einschließlich Startups) aus den Bereichen Elektrotechnik (einschließlich Mikroelektronik), Maschinen- und Anlagenbau sowie Photonik Arbeitsplätze im Bereich Quantentechnologie auf. Dies gilt auch hinsichtlich der Ausbildung von Fachkräften. Eine statistische Erfassung dieser Arbeitsplätze erfolgt nicht.

- f) Welche Maßnahmen der Bundesregierung zielen darauf ab, dass sich der Mangel an IT-Fachkräften nicht negativ auf die Fähigkeiten Deutschlands im Bereich der Quantentechnologien auswirkt?

Die Bundesregierung bedient sich diverser Förderinstrumente wie Projektförderungen, dem Aufbau von Kompetenzzentren und der Unterstützung durch Einrichtungen der außeruniversitären Forschung. Die wichtigste Maßnahme ist die frühzeitige Kooperation von Hochschulen und Forschungseinrichtungen im Rahmen der Verbundforschung. Komplementär dazu setzt die laufende BMBF-Fördermaßnahme „Quantum aktiv – intuitive Outreachkonzepte für die Quantentechnologien“ darauf, Quantentechnologien möglichst vielen Menschen frühzeitig näherzubringen und begreifbar zu machen. Geförderte Projekte adressieren u. a. die Einführung in die Quantentechnologien in der Schule, in der Berufsqualifikation und in Wissenschaftsmuseen. In der Umsetzung des Konjunktur- und Zukunftspakets plant das BMBF zudem u. a. Ausbildungs- bzw. Studienmodule in Kooperation von Hochschulen mit Unternehmen.

Ein weiteres Instrument der Fachkräftesicherung ist auch die Einwanderung qualifizierter Fachkräfte aus dem europäischen und nicht-europäischen Ausland. Um dieses Element der 2018 von der Bundesregierung beschlossenen Fachkräftestrategie zu stärken, hat der Gesetzgeber das Fachkräfteeinwanderungsgesetz beschlossen, welches am 1. März 2020 in Kraft getreten ist. Durch das Fachkräfteeinwanderungsgesetz können insbesondere qualifizierte Fachkräfte aus Drittstaaten mit beruflicher Ausbildung zu Arbeitszwecken leichter nach Deutschland einwandern. Zudem ist in dem Gesetz berücksichtigt, dass im IT-Bereich die Gewinnung von Quereinsteigern von besonderer Bedeutung sind. Personen mit Arbeitserfahrung im IT-Bereich können eine Aufenthaltserlaubnis auch ohne formale Qualifikation erhalten, sofern in den zurückliegenden sieben Jahren mindestens drei Jahre Berufserfahrung in einer vergleichbaren Qualifikation belegt werden können. Für die gezielte Ansprache von IT-Fachkräften wurde u. a. auf dem zentralen Informationsportal der Bundesregierung für die Fachkräftezuwanderung „Make it in Germany“ ein spezifisches Informationsangebot geschaffen, das durch Online-Werbeschaltungen in geeigneten Zielländern unterstützt wird. Zudem hat das Kompetenzzentrum Fachkräftesicherung (KOFA) im Dezember 2020 eine Studie mit dem Titel „Die Fachkräftesituation in IT-Berufen und Potentiale der Zuwanderung“ veröffentlicht und darin konkrete Handlungsempfehlungen für Unternehmen in Bezug auf die Rekrutierung von IT-Fachkräften aufgezeigt.

30. Welche Möglichkeiten zur Aus- und Weiterbildung von Informatikern und Ingenieuren für eine Arbeit im Bereich der Quantentechnologien fördert die Bundesregierung?

Hat die Bundesregierung Kenntnis von derartigen Projekten der Länder (wenn ja, bitte auflisten)?

Möglichkeiten zur Aus- und Weiterbildung von Informatikern und Ingenieuren für eine Arbeit im Bereich der Quantentechnologien bietet u. a. die interdisziplinäre Zusammenarbeit in der Verbundforschung. Darüber hinaus fördert das

BMBF bereits wissenschaftliche Nachwuchsgruppen in den Quantentechnologien (Nachwuchswettbewerb „Quantum Futur“).

Zu dedizierten Projekten der Länder zur Aus- und Weiterbildung von Informatikern und Ingenieuren für eine Arbeit im Bereich der Quantentechnologien über allgemeine Kooperationen von Forschungseinrichtungen und Unternehmen im Rahmen bestehender Einrichtungen hinaus liegen der Bundesregierung keine Erkenntnisse vor.

31. Mit welchen Maßnahmen fördert die Bundesregierung gezielt Aktivitäten in der Quantentechnologieberatung?
- Wie viele Unternehmen bieten nach Kenntnis der Bundesregierung Quantentechnologieberatung in Deutschland an?
  - Welche Qualifikationen bzw. welchen Bildungshintergrund haben die in Deutschland tätigen Quantentechnologieberater?

Die Fragen 31 bis 31b werden im Zusammenhang beantwortet.

Die Bundesregierung fördert gegenwärtig keine allgemeinen und übergreifenden Aktivitäten in der Quantentechnologieberatung. Erkenntnisse zur Anzahl beratender Unternehmen und Qualifikationen von in Deutschland tätigen Quantentechnologieberatern liegen nicht vor.

Spezielle Beratungen etwa zur Quantenmetrologie, Quantensensorik und Quantenkommunikation geschehen auch durch die Physikalisch-Technische Bundesanstalt (PTB) und das Deutsche Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V. (DLR). Die entsprechenden Mitarbeiter der PTB bzw. des DLR haben in der Regel ein abgeschlossenes Hochschulstudium der Physik oder einer ingenieurwissenschaftlichen Richtung.

32. Mit welchen Maßnahmen fördert die Bundesregierung gezielt die Softwareentwicklung für Quantencomputer in Deutschland?

Neben der Entwicklung von eigener Hardware liegt für den Wirtschaftsstandort Deutschland mit starkem produzierendem Gewerbe in der Nutzung der Quantencomputer ein entscheidender Teil der Wertschöpfung. Vor diesem Hintergrund hat das BMBF bereits eine Fördermaßnahme gestartet, die gezielt die Softwareentwicklung für Quantencomputer in Deutschland adressiert: „Quanteninformatik – Algorithmen, Software, Anwendungen“. Erste Projektstarts sind erfolgt. Im Verantwortungsbereich des BMWi läuft zudem das Projekt „PlanQK – Plattform und Ökosystem für Quantenunterstützte Künstliche Intelligenz“.

- Wie viele Softwareentwickler oder Programmierer für auf Quantencomputern nutzbare Software gibt es nach Kenntnis der Bundesregierung in Deutschland?  
Wie hat sich die Zahl in den letzten fünf Jahren entwickelt?  
Ist das nach Einschätzung der Bundesregierung eine auch im Verhältnis zur Nachfrage ausreichende Anzahl?  
Wenn nein, welche Anzahl wäre nach Einschätzung der Bundesregierung im Verhältnis zur Nachfrage in Deutschland erforderlich?

Der Bundesregierung liegen hierzu keine Erkenntnisse vor.

- b) Welche Maßnahmen zur Erreichung dieser Anzahl plant die Bundesregierung?

Das BMWi trägt im Rahmen des geförderten Plattformprojekts „PlanQK – Plattform und Ökosystem für Quantenunterstützte Künstliche Intelligenz“ zur Identifikation von Quantencomputer-Anwendungen sowie zur Entwicklung und Bereitstellung von Software für die Programmierung von Quantencomputern bei. Nach eigener Aussage ist PlanQK derzeit das größte Community-bildende Vorhaben in Deutschland, das die Software- und die Anwenderseite bei Quantencomputern unter Beteiligung maßgeblicher Partner aus Industrie und Wissenschaft abbildet.

33. Wie viele in Deutschland ansässige Firmen sind nach Kenntnis der Bundesregierung derzeit in der Lage, einen Quantencomputer zu bauen oder als Systemintegrator zu dienen?

Welche sind das nach Kenntnis der Bundesregierung?

In Europa gibt es zurzeit kein etabliertes Unternehmen, das die Systemintegration adressiert. Dies ist nicht allein eine Frage der erforderlichen Expertise, sondern vor allem auch eine unternehmerische Entscheidung. Grundsätzlich verfügen mehrere Firmen in Deutschland über wesentliches Know-how, das – im Rahmen von Kooperationen mit Forschungseinrichtungen und weiteren Unternehmen – eine hinreichende Basis für die Systemintegration bilden könnte. Zu diesen gehören sowohl etablierte Unternehmen als auch Startups.

34. Wie schätzt die Bundesregierung die Zulieferindustrie für Quantentechnologien in Deutschland ein?

Die Quantentechnologien – Sensorik, Kommunikation und Computing – basieren auf der Ausnutzung und Kontrolle einzelner Quantenzustände. Dazu werden Basiskomponenten wie Laser, Materialien oder Kühltechniken benötigt. In Deutschland hat sich hier bereits eine Zuliefererindustrie aufgestellt. Sie nimmt auf dem internationalen Markt eine führende Rolle ein. Diese Zuliefererindustrie ist nach Kenntnis der Bundesregierung sehr gut aufgestellt und verfügt über aussichtsreiche Chancen am künftigen Markt.

- a) Welche Maßnahmen zum Aufbau führt die Bundesregierung aus?

Welche Maßnahmen sind in Planung?

Die Bundesregierung bedient sich diverser Förderinstrumente wie Projektförderungen, dem Aufbau von Kompetenzzentren und der Unterstützung durch Einrichtungen der außeruniversitären Forschung. Beispielsweise hat das BMBF, um die Kooperation zu stärken, bereits 2017 die Fördermaßnahme „Schlüsselkomponenten für die Quantentechnologien“ gestartet.

- b) Welche Standorte sind nach Kenntnis der Bundesregierung aussichtsreich für Quantentechnologie-Cluster aus Wissenschaft und Wirtschaft inklusive Zulieferern und Entwicklern von Software?

Aus Sicht der Bundesregierung weisen mehrere Standorte/Regionen hohe Kompetenzen im Bereich Quantentechnologien auf. Im Vorfeld des wettbewerblichen Verfahrens zur Vergabe der Mittel aus dem Konjunktur- und Zukunftspaket kann die Bundesregierung einzelne Standorte aufgrund ggf. präjudizierender Wirkung nicht benennen.

35. Wie ist Deutschland nach Einschätzung der Bundesregierung bei der Abschätzung von Dual-Use-Potenzialen durch Fortschritte in der Quantentechnologie insgesamt und bei einzelnen Bauteilen aufgestellt?

Wie viele Experten sind damit befasst?

Wie viele hält die Bundesregierung in Zukunft für erforderlich?

Neue Technologien eröffnen unabhängig von den jeweiligen Fachgebieten grundsätzlich immer sog. Dual-Use-Potenziale, auch bei den Quantentechnologien und dem Quantencomputing. So können neue quantentechnologische Verfahren mit zum Teil offenen Standards für die Absicherung der Kommunikation, in der Materialforschung, in der Erdbeobachtung oder im Bereich von Verschlüsselung sowohl zivil als auch militärisch genutzt werden.

Die physikalischen Lösungen, die zurzeit erforscht werden, bieten unabhängig von bereits angedachten Verwendungen (wie Quantum Key Distribution) weitere Potentiale. Die Identifizierung von weiteren Einsatzmöglichkeiten – auch im IT-Sicherheitsbereich – ist ein offenes Forschungsthema.

Die wehrtechnische Forschung im Geschäftsbereich des Bundesministeriums der Verteidigung (BMVg) zielt dabei explizit auf die militärische Verwendbarkeit dieser Technologien, wobei die Erkenntnisse, die bei dieser Forschung gewonnen werden, auch zur Abschätzung der Dual-Use-Potenziale dieser Technologien beitragen. Im Bereich der universitären Forschung im Geschäftsbereich des BMVg betreibt darüber hinaus das Forschungsinstitut CODE an der Universität der Bundeswehr München Grundlagenforschung in den Bereichen Quantencomputing, Quantenkommunikation und Postquantenkryptographie.

Die Bundesregierung ist damit hinsichtlich der Abschätzung der Dual-Use-Potenziale von Quantentechnologien gut aufgestellt.

Im Übrigen führt die Bundesregierung keine statistischen Unterlagen zu Expertinnen und Experten im Bereich der Quantentechnologien.

36. Sollen Quantencomputer in Deutschland in sog. Supercomputing Center integriert werden, und wenn ja, in welche?

Wenn nein, welche Überlegungen sprechen nach Ansicht der Bundesregierung dagegen?

Der geplante Wettbewerb zur Entwicklung und zum Aufbau von Quantencomputern sieht vor, dass Prototypen möglichst schnell für Anwendungsuntersuchungen verfügbar gemacht werden. Dies legt die Integration in ein bestehendes IT-Forschungsumfeld nahe. Insbesondere sollen die Quantencomputer in einer Weise an eine Cloud angebunden sein, die einen umfassenden Zugriff für Anwender sowie die Möglichkeit eines hybriden High Performance Computing/Quantencomputing (HPC/QC)-Betriebs vorsieht. Eine örtliche Anbindung an ein „Supercomputing Center“ ist dabei keine notwendige Voraussetzung. Im Rahmen der europäischen Partnerschaft „Gemeinsames Unternehmen Euro HPC“ wird aktuell die Integration eines Quantensimulators in ein HPC-System am FZJ vorbereitet.

37. Wurde die in der Antwort der Bundesregierung auf die Kleine Anfrage auf Bundestagsdrucksache 19/18355 für Ende 2020 angekündigte quantengesicherte Videokonferenz auf einer Demonstrationsstrecke zwischen dem BMBF und einer weiteren Bundesbehörde realisiert?
- Wenn ja, zwischen welchen Behörden wurde die Konferenz geführt?
  - Wenn nein, was sind die Gründe für die Verzögerung, und wann ist die Konferenz geplant?
  - Welchen weiteren Entwicklungsbedarf sieht die Bundesregierung davon ausgehend für das Projekt QuNET-alpha?  
Welchen Zeitplan verfolgt die Bundesregierung?  
Welche Meilensteine sollen noch in dieser Legislaturperiode erreicht werden?

Die Fragen 37 bis 37c werden im Zusammenhang beantwortet.

Das Projekt hat sämtliche Voraussetzungen geschaffen. Der Aufbau der Demonstrationsstrecke konnte pandemiebedingt noch nicht erfolgen. In einer Pressekonferenz am 2. Dezember 2020 stellten Frau Bundesministerin Karliczek und die an QuNET beteiligten Forschungseinrichtungen den aktuellen Stand der Forschung vor. Die Durchführung der quantengesicherten Videokonferenz zwischen dem BMBF und dem Bundesamt für Sicherheit in der Informationstechnik (BSI) in Bonn ist nun für Mitte des Jahres 2021 vorgesehen.

Mit der Demonstration der quantengesicherten Videokonferenz wird QuNET-alpha seine Projektziele erreichen. QuNET-alpha ist in die Förderinitiative QuNET eingebettet, die darauf abzielt, bis Ende 2026 die Technologien für quantensichere Netzwerke anhand verschiedener Anwendungsszenarien und Schlüsselexperimenten zu entwickeln. Die zweite Projektphase, QuNET-beta, konnte im Rahmen einer ersten, bereits zur Verfügung gestellten Tranche aus Ziffer 44 des Konjunktur- und Zukunftspakets bewilligt werden. Die Bewilligung zusätzlicher Industriebeteiligung und der 3. Projektphase sind aus weiteren Tranchen geplant. Bis zum Ende der Legislaturperiode werden weitere Schlüsselexperimente im Rahmen von QuNET-beta für das Jahr 2022 vorbereitet.

38. Fördert oder betreibt die Bundesregierung selbst derzeit Projekte oder plant sie, Projekte zu fördern oder selbst zu betreiben, die, vergleichbar zu von ihr geforderten sog. back doors in derzeitiger E2EE (vgl. <https://www.tagesschau.de/inland/eu-messenger-sicherheit-101.html>), das Ziel haben, quantenverschlüsselte Kommunikation für staatliche Sicherheitsbehörden (mit-)lesbar oder anders verfügbar zu machen?

Die Bundesregierung hat sich bereits im Jahr 1999 mit dem Kabinettsbeschluss „Eckpunkte der deutschen Kryptopolitik“ gegen jegliche Schwächung, Modifikation oder Verbot von Verschlüsselung oder ein Kompromittieren von Sicherheitsstandards der digitalen Kommunikation bekannt. Dies hat weiterhin Bestand. Aus diesem Grund fördert die Bundesregierung Forschungsvorhaben, um quantencomputerresistente Kryptografie und Quantenkommunikation zur Anwendungsreife zu bringen und langfristig den Schutz von Daten im Sinne von Gemeinwohl und Grundrechtsschutz zu gewährleisten.

Durch die Verbreitung starker Verschlüsselungsverfahren dürfen die gesetzlichen Befugnisse der Strafverfolgungs- und Sicherheitsbehörden nicht ausgehöhlt werden. Diese Behörden müssen unter strengen gesetzlichen Voraussetzungen befugt und in der Lage sein, verschlüsselte Kommunikation in Einzelfällen zu entschlüsseln oder zu umgehen, wenn dies zur Aufklärung schwerster Straf-

taten oder zum Schutz der Bevölkerung vor großen Gefahren notwendig ist. Das steht auch nicht im Widerspruch zum Ziel der Bundesregierung aus der Digitalen Agenda von 2014, Deutschland zum „Verschlüsselungsstandort Nr. 1“ weiter auszubauen.

39. Welche Rolle spielt die Bundesregierung bei der Gründung einer sog. Deutschen Quantengemeinschaft (DQG)?

Wie verteilt sich die Verantwortung zur Zusammenarbeit und zum Kontakthalten über die Ressorts der Bundesregierung?

Wie unterscheidet sich die deutsche Dachorganisation von Aktivitäten auf europäischer Ebene etwa des Strategic Advisory Board (vgl. <https://qt.eu/about-quantum-flagship/introduction-to-the-quantum-flagship/sab-strategic-advisory-board/>) oder dem Quantum Industry Consortium (vgl. <https://qt.eu/about-quantum-flagship/the-quantum-flagship-community/quic/>)?

- a) Schließt sich die Bundesregierung der Prognose des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie an, dass die Gründung einer solchen Gesellschaft konfliktträchtig ist und lange dauern wird (vgl. <https://background.tagesspiegel.de/digitalisierung/roadmap-quantencomputing-moonshot-oder-mutlos/>)?
- b) Wie sehen die nächsten Schritte der Bundesregierung zur Gründung der Dachorganisation aus?  
Wie sieht der Zeitplan der Bundesregierung dazu aus?
- c) Gab oder gibt es in der Bundesregierung Überlegungen, von der Gründung abzusehen?

Die Fragen 39 bis 39c werden im Zusammenhang beantwortet.

Die Abstimmungen zwischen den beteiligten Ressorts bezüglich einer „Governance“ für die Maßnahmen zur Umsetzung des Konjunktur- und Zukunftspakets dauern noch an, Festlegungen sind noch nicht erfolgt.

40. Wie stellt die Bundesregierung sicher, dass ihre Roadmap Quantentechnologie möglichst effizient Synergien mit der „mission to lead on supercomputing“ (vgl. [https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/ip\\_20\\_1592](https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/ip_20_1592)) der Europäischen Union erzielt?

Bei der Roadmap Quantencomputing handelt es sich um Handlungsempfehlungen des Expertenrates Quantencomputing, die derzeit durch die Bundesregierung ausgewertet werden. Die zitierte Pressemitteilung bezieht sich auf die Fortsetzung und den Ausbau der europäischen Partnerschaft „Gemeinsames Unternehmen EuroHPC“ (EuroHPC Joint Undertaking). EuroHPC wurde im Oktober 2018 gegründet. Es bündelt Ressourcen der EU, der teilnehmenden Länder und privater Partner im Bereich des Hoch- und Höchstleistungsrechnens. Im Rahmen der geplanten Fortsetzung ab Mitte 2021 strebt die Europäische Kommission ein Budget von bis zu 8 Milliarden Euro für die nächste Generation von Höchstleistungsrechnern an. Neben sogenannten Exascale-Supercomputern wird EuroHPC auch die Beschaffung von Quantencomputern und Hybridcomputern adressieren. Forschungs- und Entwicklungsarbeiten zu den Basistechnologien für das Quantencomputing werden auf europäischer Ebene unter anderem im FuE-Projekt Quantum-Flagship durchgeführt. Deutschland ist ein führender Partner bei EuroHPC. Eine effiziente Nutzung von Synergien zu den geplanten nationalen Maßnahmen im Bereich des Quantencomputing wird dadurch sichergestellt.

41. Strebt die Bundesregierung im Rahmen ihrer Quantentechnologiepolitik eine enge Abstimmung mit den Programmen europäischer Partnerländer, beispielsweise im Rahmen der oben genannten Initiative Frankreichs, an?

Die Bundesregierung strebt zur Stärkung der technologischen Souveränität eine kontinuierliche Abstimmung von nationalen Maßnahmen mit Initiativen der EU sowie Programmen europäischer Partnerländer an. Auf Ebene der EU erfolgt die Abstimmung durch die Beteiligung Deutschlands an Initiativen zu den Quantentechnologien (EuroHPC: vgl. Antwort zu Frage 40; EuroQCI: vgl. Antworten zu den Fragen 16 und 45; Quantum Flagship: Board of Funders). In entsprechenden Gremien tauschen die Mitgliedsstaaten auch Informationen zu nationalen Programmen aus.

42. Mit welchen politischen Maßnahmen trägt die Bundesregierung bereits zum Erfolg des „Quantum Flagship“ der Europäischen Union bei?

Die Bundesregierung hat sich bei der Europäischen Kommission für die Einrichtung des Quantum Flagships im Forschungsrahmenprogramm Horizont 2020 eingesetzt. Aktuell setzt sie sich in der Ratsarbeitsgruppe Forschung, im Gremium „Shadow Thematic configuration of the Horizon Europe Programme Committee for Cluster Digital Industry and Space“ sowie im Board of Funders des Flagships für die Fortführung der Initiative und die Ausweitung der Aktivitäten zum Themenfeld im neuen Forschungsrahmenprogramm Horizont Europa ein. Politische Unterstützung erhielt die Initiative zudem durch die aktive Teilnahme des BMBF an allen großen Veranstaltungen des Quantum Flagships (2018 „Kickoff“ Wien, 2019 „Exploring and Making Quantum Technology“ Helsinki, 2020 „European Quantum Week“ Hybrid-Event Berlin).

43. Welche Unterstützung bietet die Bundesregierung Antragstellern aus Deutschland bei der Beantragung von EU-Fördermitteln für Quantentechnologien (etwa für Mittel des European Research Council)?
- a) Wie groß war die Nachfrage nach den verschiedenen Arten der Unterstützung, wie viele Antragsteller wurden erreicht, und wie viele Fördermittel konnten in der Folge eingeworben werden (bitte für die letzten Jahre nach Jahr und unterstützender Maßnahme aufschlüsseln)?
- b) Welche weiteren Unterstützungsleistungen plant die Bundesregierung?

Die Fragen 43 bis 43b werden im Zusammenhang beantwortet.

Die Bundesregierung unterstützt Antragsteller, die sich beispielsweise mit Quantentechnologie-Themen um eine EU-Förderung bewerben wollen, durch ihre Nationalen Kontaktstellen zum EU Programm Horizont Europa (ab 2021) bzw. Horizont 2020 (2014 bis 2020). Zum Aufgabenspektrum der Nationalen Kontaktstellen gehören u. a. die Information potentieller Antragsteller durch Informationsveranstaltungen, Newsletter, die Beratung der Antragsteller zur Passgenauigkeit ihrer Vorhaben zu den infrage kommenden Ausschreibungen sowie die intensive Antragsberatung. Nationale Kontaktstellen bieten Beratung zu den Fördermöglichkeiten in den unterschiedlichen Programmbereichen mit Relevanz für Quantentechnologien, vor allem im Cluster 4 „Digital Industry and Space“ sowie für die themenoffenen Ausschreibungen des Europäischen Innovationsrates (EIC Pathfinder, EIC Transition, EIC Accelerator) sowie des Europäischen Forschungsrats.



Das BMBF startet voraussichtlich im Frühjahr 2021 im Rahmen seines im Jahr 2020 in Kraft getretenen Förderprogramms „Die europäische Innovationsunion – Deutsche Impulse für den Europäischen Forschungsraum (EFR)“ eine fachübergreifende Fördermaßnahme für den Auf- und Ausbau europäischer Forschungsnetzwerke, um zukünftige Koordinatoren für den Konsortialaufbau, die Projektentwicklung und die Antragstellung von Verbundvorhaben im zweiten Pfeiler von Horizont Europa zu unterstützen.

Von besonderer Relevanz für die Förderung von Quantentechnologien war der Programmbereich „Future and Emerging Technologies“ (FET) in Horizont 2020 (2014 – 2020). Im Jahr 2018 startete das Flagship zur Quantentechnologie. Im FET-Arbeitsprogramm 2018 standen für die Aufbauphase des Flagships rund 130 Millionen Euro bereit. Rund 65 deutsche Antragsteller waren mit rund 38,5 Millionen Euro an den für eine Förderung ausgewählten Projekten beteiligt. Zusätzlich konnten sich Konsortien mit Quantentechnologie-Projekten in den themenoffenen Ausschreibungen unter FET Open bewerben. Da die meisten FET-Ausschreibungen themenoffen waren, konnte eine Aufschlüsselung der Beratungen nach Technologien nicht vorgenommen werden. Eine Angabe, wie viele dieser Beratungen die Quantentechnologien betrafen, ist daher nicht möglich.

44. Wie bereitet die Bundesregierung ihre eigene Kommunikation und die Kommunikation anderer staatlicher Akteure, etwa des Militärs, auf ein Szenario vor, in dem klassische Methoden der Verschlüsselung durch spezialisierte Quantencomputer wirkungslos werden?

Im Rahmen des Projekts Krypto-Modernisierung der Bundeswehr ist das BMVg bestrebt, sukzessive quantensichere Systeme oder Produkte zu beschaffen oder entwickeln zu lassen. Darüber hinaus werden bei Verfügbarkeit nur entsprechend kryptographisch konfigurierbare Produkte beschafft, die mit geringem Aufwand zu gegebener Zeit quantensicher gemacht werden können.

- a) Stellt die Speicherung von derzeit noch nicht dechiffrierbaren Nachrichten für eine spätere Entschlüsselung nach Ansicht der Bundesregierung eine aktuelle Bedrohung für Deutschland dar?

Aus Sicht der Bundesregierung kann zu keiner Zeit ausgeschlossen werden, dass Verschlüsselungsverfahren gebrochen werden können. Es handelt sich um eine fortwährende, latente Bedrohung. Insoweit ist es für die Bundesregierung unerlässlich, sich kontinuierlich mit neuen Verfahren im Bereich der Postquantum-Kryptographie zu beschäftigen.

- b) Wie wirkt die Bundesregierung derzeit einem derartigen Szenario entgegen?

Im Hochsicherheitsbereich sind algorithmische Mitigationsmaßnahmen möglich. Zudem führt das BSI eine Migration zu quantencomputerresistenter Kryptografie durch. Im April 2020 wurden vom BSI Handlungsempfehlungen zur „Migration zu Post-Quanten-Kryptografie“ veröffentlicht. Für 2021 ist die Veröffentlichung eines ausführlichen Leitfadens zum gleichen Thema vorgesehen.

- c) Welche Kenntnis hat die Bundesregierung darüber, welche Akteure derzeit verschlüsselte Nachrichten mit dem Ziel einer späteren Entschlüsselung speichern?

Wenn nein, plant die Bundesregierung Fähigkeiten einzusetzen oder zu entwickeln, um darüber Kenntnis zu erlangen?

Der Bundesregierung liegen hierüber keine Kenntnisse vor.

45. Verfolgt die Bundesregierung (ggf. zusammen mit Partnern aus der EU oder anderen Ländern) Projekte, die mit dem chinesischen Quantenkommunikations-Satellitensystem vergleichbar sind, mit dem China bis 2030 rund um den Planeten kommunizieren können möchte (vgl. <https://science.orf.at/v2/stories/2791284>)?
- a) Wenn ja, welche Meilensteine sind für ein solches Projekt bis wann vorgesehen?
- b) Wenn nein, welche Auswirkungen hat nach Einschätzung der Bundesregierung ein von China erfolgreich installiertes Satellitensystem für globale quantengesicherte Kommunikation auf Deutschland und die EU?

Die Europäische Union und die Europäische Weltraumagentur (ESA) betreiben in Kooperation die Initiativen bzw. Programme „European Quantum Communication Infrastructure“ (EuroQCI) und „Secure And cryptoGrAphic“ (SAGA), in denen eine Quantenkommunikationsinfrastruktur für Europa aufgebaut werden soll. Die Weltraumkomponente wird dabei von der ESA in SAGA entwickelt. Deutschland beteiligt sich an diesem Programm. Darüber hinaus tragen von der Bundesregierung geförderte vorgelagerte Technologieentwicklungen, insbesondere des DLR, zu diesem Vorhaben bei. Mit der QuNET-Initiative, dem deutschen Forschungsbeitrag zur EuroQCI, werden vom DLR unter anderem auch Komponenten und Technologien entwickelt, die für Quantenkommunikation über lange Distanzen via Satellitensystemen geeignet sind.

Als nächster Meilenstein für EuroQCI und SAGA ist eine Flugdemonstration mit prinzipiellem Machbarkeitsnachweis erforderlich. Eine Realisierung wird in den nächsten zwei bis vier Jahren geplant (innerhalb der EU und ESA). Innerhalb von SAGA ist die erste In-Orbit-Validierung eines, technisch über das von China 2016 gezeigte hinausgehenden, Technologiedemonstrators nach aktueller Planung im Jahr 2024 anvisiert. Bis Ende 2026 wird die QuNET-Initiative anhand von Schlüsselexperimenten die entwickelten Kerntechnologien und Gesamtarchitekturen im Rahmen konkreter Anwendungsfälle demonstrieren. Die Einbindung von Satellitenverbindungen ist elementarer Bestandteil dieser Kerntechnologien und wird je nach Anwendungsfall integriert werden.

- c) Verfolgen andere Staaten oder private Akteure nach Kenntnis der Bundesregierung vergleichbare Ziele?

Wie realistisch ist es nach Einschätzung der Bundesregierung, dass ein Staat über einen relevanten Zeitraum eine derartige Infrastruktur quasi-monopolistisch betreibt?

- d) Wirkt die Bundesregierung ggf. darauf hin, dass China, die USA – oder ein anderer erfolgreicher Akteur – ein solches System analog zur Internetinfrastruktur diskriminierungsfrei und politischer wie wirtschaftlicher Neutralität verpflichtet als globales Allgemeingut bereitstellt?

Wenn ja, welche Mittel der internationalen Politik sind nach Einschätzung der Bundesregierung denkbar?

Wenn nein, warum nicht?

Die Fragen 45c und 45d werden im Zusammenhang beantwortet.

Nach Kenntnis der Bundesregierung sind am Thema Quantenschlüsselverteilung viele Staaten interessiert, darunter die USA, Kanada, Japan, China und die meisten EU Staaten. Zum Bereich Infrastruktur, darunter auch Internet-Infrastruktur, tauscht sich die Bundesregierung mit ihren Partnern aus. Darüber hinaus äußert sich die Bundesregierung nicht zu hypothetischen Fragestellungen. Grundsätzlich setzt sich die Bundesregierung für eine diskriminierungsfreie und wirtschaftliche und politisch neutrale Internet-Infrastruktur ein. Dies ist unabhängig davon, auf welcher Technologie diese Infrastruktur beruht.

- e) Wirkt die Bundesregierung aktiv am Aufbau von internationalen Institutionen hin, die vergleichbar mit dem Internet Governance Forum eine Plattform zum Multi-Stakeholder-Dialog für eine derartige Quantenkommunikationsinfrastruktur bzw. ein zukünftiges „Quanteninternet“ bieten können?

Wenn nein, warum nicht?

Mit der europaweiten Initiative „EuroQCI“ werden die wissenschaftlichen, wirtschaftlichen und strukturellen Kräfte in der EU gebündelt, um eine europaweite Quantenkommunikationsinfrastruktur aufzubauen. Deutschland beteiligt sich aktiv an dieser Initiative. Der entsprechende deutsche Forschungsbeitrag wurde mit QuNET bereits im Oktober 2019 gestartet.

46. Wie wahrscheinlich und wie bedrohlich ist nach Einschätzung der Bundesregierung ein Szenario, in dem der Zugang zu relevanten Quantentechnologien auf bestimmte Nutzerkreise oder Nationen beschränkt ist oder Schlüssel-Technologien für Quantentechnologien nur in den Händen einzelner Firmen oder Nationen liegen?

Zu der Wahrscheinlichkeit dieses Szenarios kann die Bundesregierung keine Aussage tätigen.

*Vorabfassung - wird durch die lektorierte Version ersetzt.*