

## **Kleine Anfrage**

**der Abgeordneten Dr. Anna Christmann, Kai Gehring, Margit Stumpp, Beate Walter-Rosenheimer, Dr. Janosch Dahmen, Erhard Grundl, Dr. Kirsten Kappert-Gonther, Maria Klein-Schmeink, Ulle Schauws, Charlotte Schneidewind-Hartnagel, Kordula Schulz-Asche, Dr. Danyal Bayaz, Dieter Janecek, Tabea Rößner, Dr. Konstantin von Notz und der Fraktion BÜNDNIS 90/ DIE GRÜNEN**

### **Förderung von Quantentechnologien**

Die zweite Quantenrevolution, einzelne quantenmechanische Zustände zu kontrollieren, ist nicht mehr nur das abstrakte Versprechen einzelner Physiker wie Richard P. Feynman. Vielmehr sind bereits heute mögliche erste Anwendungen absehbar. So operieren hochgenaue Messtechniken auf Grundlage einzelner Quantenzustände mit denen z. B. kleinste Änderungen im Erdschwerefeld aus dem Weltall sichtbar gemacht werden könnten. Auch werden bereits erste Prototypen vollständig abhörsicherer Quantennetzwerke aufgebaut und – wie im letzten Jahr geschehen – die potentielle Überlegenheit des Quantencomputers über den klassischen Computer experimentell bewiesen. Aus Letzterem ergeben sich eine Vielzahl an Anwendungsmöglichkeiten in der Optimierung von Prozessen, im Durchsuchen extrem großer Datenbanken oder in der Simulation von komplexen Materialien, woraus sich enorme disruptive Veränderungen für die Gesellschaft ergeben. All dies geht einher mit einem international stark gestiegenen Interesse an Quantentechnologien, das sich in enormen Investitionssummen in den USA und Chinas niederschlägt und welche sich in Größenordnungen von Hunderten Millionen Euro pro Jahr bewegen.

Die Europäische Union hat im Jahr 2018 das Quantum Flagship gestartet, um diverse Quantentechnologien mit einer Gesamtsumme von 1 Mrd. Euro zu fördern. Die Bundesregierung veröffentlichte im gleichen Jahr das Forschungsprogramm „Quantentechnologien – von den Grundlagen zum Markt“. Auf Grundlage der Empfehlungen aus Wissenschaft (QUTEGA: „Quantentechnologien Grundlagen und Anwendungen“, vgl. <https://www.quantentechnologien.de/fileadmin/public/Redaktion/Dokumente/PDF/Publikationen/Qutega-QT-Grundlagen-und-Anwendungen-01-2017-C1.pdf>) und Wirtschaft („Förderung von Quantentechnologien, Positionspapier der Deutschen Industrie“, vgl. [https://www.photonikforschung.de/media/quantentechnologien/pdf/Quantentechnologie\\_bf.pdf](https://www.photonikforschung.de/media/quantentechnologien/pdf/Quantentechnologie_bf.pdf)) wurden unter Federführung des Bundesministeriums für Bildung und Forschung (BMBF) Maßnahmen beschlossen, um (1) die Forschungslandschaft zu stärken, (2) Forschungsnetzwerke für neue Anwendungen zu schaffen, (3) Leuchtturmprojekte zu etablieren, (4) die Sicherheit und technologische Souveränität zu gewährleisten, (5) die internationale Zusammenarbeit zu gestalten und (6) die Menschen im Land mitzunehmen. Aufgeteilt auf die Themenbereiche Quantenkommunikation, Quantencomputing, Quantenmetrologie und

Basistechnologien sollen so von 2018 bis 2022 insgesamt über 650 Mio. Euro investiert werden.

Gleichzeitig werden seit 2012 über das BMBF-Programm „Photonik Forschung Deutschland“ (vgl. [https://www.photonikforschung.de/media/branche/pdf/BMBF\\_Photonik\\_Forschung\\_Deutschland\\_final\\_1.pdf](https://www.photonikforschung.de/media/branche/pdf/BMBF_Photonik_Forschung_Deutschland_final_1.pdf)) aus der „Agenda Photonik 2020“ (vgl. [https://www.photonikforschung.de/media/branche/pdf/2016\\_Agenda\\_Photonik\\_2020\\_Update\\_bf\\_C1.pdf](https://www.photonikforschung.de/media/branche/pdf/2016_Agenda_Photonik_2020_Update_bf_C1.pdf)) lichtbasierte Grundlagenforschung und Schlüsseltechnologien, die in enger Beziehung zu vielen der genannten Quantentechnologien stehen, mit jährlich rund 100 Mio. Euro gefördert. Ziel ist es hier die gute Ausgangslage Deutschlands in der Photonikforschung zu nutzen, um Produkte und Lösungen für verschiedene Themenkomplexe wachsender Märkte wie z. B. auch Komponenten von Quantennetzwerken zu entwickeln.

Hinsichtlich der bisher bewilligten und abgerufenen Mittel wurde seitens der Bundesregierung auf die Kleine Anfrage der Fraktion BÜNDNIS 90/DIE GRÜNEN auf Bundestagsdrucksache 19/21858 geantwortet, dass in den Jahren von 2015 bis 2023 Quantentechnologien mit 345,3 Mio. Euro gefördert werden.

Zusätzlich zu diesen Summen hat die Bundesministerin für Bildung und Forschung Anja Karliczek am 31. Januar 2020 angekündigt, für Quantencomputing weitere 300 Mio. Euro zur Verfügung stellen zu wollen (vgl. <https://www.bmbf.de/de/karliczek-wir-starten-strategische-initiative-zum-quantencomputing-10748.html>). Zudem hat der Koalitionsausschuss am 3. Juni 2020 beschlossen, weitere 2 Mrd. Euro in Quantentechnologien zu investieren, um insbesondere „ein industrielles Standbein in Hard- und Software aufzubauen“ und „mindestens zwei Quantencomputer zu bauen“ (vgl. Nummer 44. in [https://www.bundesfinanzministerium.de/Content/DE/Standardartikel/Themen/Schlaglichter/Konjunkturpaket/2020-06-03-eckpunktepapier.pdf?\\_\\_blob=publicationFile](https://www.bundesfinanzministerium.de/Content/DE/Standardartikel/Themen/Schlaglichter/Konjunkturpaket/2020-06-03-eckpunktepapier.pdf?__blob=publicationFile)).

Nach Ansicht der Fragestellenden handelt es sich bei diesen hohen Summen um Zukunftsinvestitionen in eine wichtige Schlüsseltechnologie, da sowohl sicherheitsrelevante Aspekte berührt werden als auch enorme positive Potentiale durch die Anwendung von Quantentechnologien möglich sind. Die zur Verfügung gestellten Mittel müssen allerdings strategisch sinnvoll und im Sinne des Allgemeinwohls eingesetzt werden. Im Wettbewerb mit den USA und China gilt es, in einer wichtigen Zukunftstechnologie den Anschluss nicht zu verlieren. Dafür müssen die für Quantentechnologien vorgesehenen Gelder zügig in die Forschung und Entwicklung gelangen.

Angesichts der enormen Investitionssummen und der großen innovationspolitischen Bedeutung bestehen viele Unklarheiten über die Förderstrategien der Bundesregierung.

Wir fragen die Bundesregierung:

1. Hat die Bundesregierung die potentiellen Auswirkungen von Quantentechnologien auf die Gesellschaft bewertet, und wenn ja, wie (bitte auf die Bereiche Quantenkommunikation, Quantencomputing, Quantenmetrologie und Basistechnologien für Quantentechnologien aufteilen), welche zentralen Anwendungsfelder von Quantentechnologien sieht die Bundesregierung als besonders erfolgsversprechend oder wichtig, und wie sieht die Bundesregierung den künftig möglich werdenden Nutzen von Quantentechnologien für die Umwelt und zum Erreichen der Klimaziele?

2. Wie sieht die Bundesregierung den Entwicklungsstand der Quantentechnologien in Deutschland, insbesondere vor dem Hintergrund der nun zehnjährigen Förderprogramme „Photonik Forschung Deutschland“ und „Quantentechnologien – von den Grundlagen zum Markt“?
  - a) Wie sieht sie den Fortschritt im Bereich der Quantenkommunikation, insbesondere in Bezug auf Übertragungslänge und Übertragungsraten (Schlüsselraten) von Quantennetzwerken, wie ist der Entwicklungsstand bei Quantenrepeatern, und wann rechnet die Bundesregierung mit dem ersten praktisch einsetzbaren Quantennetzwerk in Deutschland?
  - b) Wie sieht sie den Fortschritt in der Entwicklung von Quantencomputern, insbesondere die verschiedenen Ansätze für Qubit-Plattformen des gatterbasierten Quantencomputers, das topologischen Quantencomputing und das adiabatische Quantencomputing (bitte die unterschiedlichen Ansätze bewerten)?
  - c) Wie sieht sie die Entwicklung von kompletten Systemarchitekturen für Quantencomputer, wie sie beispielsweise am Forschungsinstitut QuTech in Delft, Niederlande, entwickelt werden, und wie bewertet sie den Entwicklungsstand von Algorithmen und Anwendungen für Quantencomputer in Deutschland?
  - d) Wie sieht sie den Entwicklungsstand der Quantenmetrologie in Deutschland?
  - e) Wie sieht sie den Entwicklungsstand der Basistechnologien für Quantentechnologien in Deutschland?
3. Inwiefern erfolgt seitens der Bundesregierung ein kontinuierliches Monitoring der technologischen Fortschritte der von ihnen im Förderprogramm „Quantentechnologien – von den Grundlagen zum Markt“ definierten Teilbereiche (Quantenkommunikation, Quantencomputing, Quantenmetrologie und Basistechnologien für Quantentechnologien)?
  - a) Wenn ja, in welchen Zeitabschnitten erfolgt dieses, welche Parameter werden für das Monitoring herangezogen, welche Personengruppen sind im Evaluationsprozess involviert, und wo werden diese Erkenntnisse veröffentlicht (bitte nach den vier Teilbereichen aufteilen)?
  - b) Wenn nein, warum nicht, und soll ein solches Monitoring zeitnah durchgeführt werden?
4. Welche technischen Erwartungen hat die Bundesregierung bezüglich der Entwicklung von Quantencomputern in den nächsten Jahren?
  - a) Strebt die Bundesregierung den Bau eines deutschen und Unterstützung eines Baus eines europäischen Quantencomputers mit 100 funktionierenden physischen Qubits in den nächsten zwei Jahren an?
  - b) Welche technischen Erwartungen hat die Bundesregierung in der Entwicklung von Quantencomputern der nächsten zehn Jahre in Bezug auf Anzahl an zusammen funktionierenden Qubits und Fehlerraten dieser?
5. Welche Ziele möchte die Bundesregierung mit ihrer Förderung von Quantentechnologien erreichen?
  - a) Welche weiteren messbaren Ziele setzt sich die Bundesregierung im Bereich Quantentechnologien, insbesondere bei Quantencomputern, für die Jahre 2022, 2025, 2030 und 2040?

- b) Werden die ökologischen Chancen und Risiken des Einsatzes von Quantencomputing und ein vertretbares Verhältnis zwischen Energieaufwand und erbrachter Rechenleistung erforscht – gerade vor dem Hintergrund, dass die beiden dominierenden Systeme (supraleitende Qubits und Ionen-Qubits) teilweise nahe des absoluten Nullpunkts ( $-273\text{ °C}$ ) betrieben werden müssen und damit teilweise extrem energieintensiv sind?
  - c) Bis wann sollte in Deutschland ein breites Quantennetzwerk zur abhörsicheren Kommunikation aufgebaut werden?
  - d) Wie soll die IT-Sicherheit und Kryptografie weiterentwickelt werden angesichts dessen, dass heutige Verschlüsselungsstandards (wie asynchrone RSA-Verschlüsselung) mit Rechenleistungen von Quantencomputern gebrochen werden können?
  - e) Ab wann soll in Deutschland sensible Kommunikation so verschlüsselt werden, dass sie nicht mit Quantencomputern nachträglich entschlüsselt werden kann?
6. Wie sieht die Bundesregierung den technischen Entwicklungsstand der Quantentechnologien in Deutschland und in Europa im Vergleich zu anderen Nationen und Regionen weltweit, insbesondere den USA, China, Japan, Großbritannien, Kanada und Australien,
- a) im Bereich der Quantenkommunikation,
  - b) im Bereich des Quantencomputings,
  - c) im Bereich der Quantenmetrologie,
  - d) im Bereich der Basistechnologien für Quantentechnologien?
7. Liegen der Bundesregierung Informationen zu den Investitionssummen, den Investitionsprogrammen von Staat und Wirtschaft der USA, Chinas, Japans, Großbritanniens, Kanadas, Australiens und weiterer EU-Nationen im Bereich der Quantentechnologien vor, und wenn ja, wie lauten diese Zahlen (bitte die Investitionssummen nach Nation, Jahr und Investitionsbereich (Quantencomputing, Quantennetzwerke, Quantenmetrologie und weitere unterstützende Technologien) auflisten)?
8. Welche Standorte in Deutschland sind nach Kenntnis der Bundesregierung – insbesondere vor dem Hintergrund der anstehenden Aufstockungen der Haushaltsmittel für Quantentechnologien in Höhe von 400 Mio. Euro – aktuell führend in der Erforschung und Nutzung von Quantentechnologien (bitte pro nachfolgendem Indikator die jeweils zehn besten Standorte pro Teilbereich (Quantenkommunikation, Quantencomputing, Quantenmetrologie, Basistechnologien) nennen; Standorte können dabei sowohl Hochschulen und Forschungseinrichtungen als auch Unternehmen und einzelne Unternehmensstandorte sein):
- a) Publikationen in wissenschaftlichen Peer-Review-Zeitschriften,
  - b) Patente,
  - c) Anzahl an Forschungspersonal (in Vollzeitäquivalenten),
  - d) Anzahl an Professuren mit Bezug zu Quantentechnologien in der Denomination,
  - e) Anzahl Kooperationen national und international?

9. Mit welchen Förderprogrammen, Fördermaßnahmen und Projekten fördert die Bundesregierung von 2015 bis 2023 die Erforschung und Entwicklung von Quantentechnologien, und wie hängen diese verschiedenen Förderprogrammen untereinander zusammen (bitte die Fördermaßnahmen pro Förderprogramm, die Gesamtfördersumme pro Förderprogramm, die Laufzeiten der Förderprogramme und deren Ressortzugehörigkeit sowie die Gesamtfördersummen nach Ressorts und Haushaltsjahren auflisten)?
10. Wie verteilen sich die Fördersummen aller von der Bundesregierung bewilligten Förderprojekte seit 2015 auf die Bereiche Quantenkommunikation, Quantencomputer, Quantenmetrologie und Basistechnologien (bitte die Gesamtfördersummen pro Bereich der Jahre 2015 bis 2023 sowie die Gesamtfördersumme aller Förderprogramme nennen; wenn mit einzelnen Förderprojekten mehrere Bereiche abgedeckt werden, diese bitte gesondert ausweisen)?
11. Wie verteilen sich die Fördersummen der Bundesregierung für Forschung und Entwicklung von Quantentechnologien auf Hochschulen, außeruniversitäre Forschungseinrichtungen (pro Forschungseinrichtung und pro Forschungsorganisation) und Unternehmen (bitte für alle Kategorien für 2015 bis 2020 angeben)?
12. Liegen der Bundesregierung Zahlen darüber vor, in welcher Höhe die Forschungsgemeinschaften aus der durch den Bund bereitgestellten Grundfinanzierung die Forschung und Entwicklung von Quantentechnologien fördern, insbesondere vor dem Hintergrund teils eigener Quantentechnologie-Strategien (vgl. [https://www.helmholtz.de/fileadmin/user\\_upload/01\\_forschung/QT\\_in\\_the\\_Helmholtz\\_Association.pdf](https://www.helmholtz.de/fileadmin/user_upload/01_forschung/QT_in_the_Helmholtz_Association.pdf); bitte nach Max-Planck-Gesellschaft, Fraunhofer-Gesellschaft, Helmholtz-Gemeinschaft, Leibniz-Gemeinschaft, Physikalisch-Technische Bundesanstalt, Bundesamt für Sicherheit in der Informationstechnik, Agentur für Innovation in der Cybersicherheit und jeweils für die Jahre 2015 bis 2020 aufteilen)?
13. Mit welchen Projekten förderte bzw. fördert die Deutsche Forschungsgesellschaft (DFG) die Forschung und Entwicklung von Quantentechnologien in den Jahren 2015 bis 2020 (bitte nach Jahr und den Bereichen Quantenkommunikation, Quantencomputer, Quantenmetrologie, Basistechnologien für Quantentechnologien aufschlüsseln)?  
  
Mit welchen Projekten förderte bzw. fördert, nach Kenntnis der Bundesregierung, die Europäische Union über das EU-Quantum-Flagship oder andere Programme die Forschung und Entwicklung von Quantentechnologien in Deutschland in den Jahren 2015 bis 2020 (bitte alle Projekte mit Angaben zum Projekttitel, Mittelempfänger, Budget und Laufzeit auflisten)?
14. Wurden und werden internationale Gutachterinnen und Gutachter in Vergabeverfahren der Fördergelder der Programme des Bundes zur Förderung von Quantentechnologien, insbesondere „Quantentechnologien – von den Grundlagen zum Markt“, „Photonik Forschung Deutschland“ und „Selbstbestimmt und sicher in der digitalen Welt 2015–2020“, einbezogen?
  - a) Wenn ja, in welchem Maße (bitte Vergabeverfahren mit internationalen Gutachterinnen und Gutachtern benennen und den Anteil der internationalen Gutachterinnen und Gutachter an allen Vergabeverfahren angeben)?
  - b) Wenn nein, warum nicht?

15. In welcher Höhe wurden die in den Programmen „Quantentechnologien – von den Grundlagen zum Markt“, „Photonik Forschung Deutschland“ und „Selbstbestimmt und sicher in der digitalen Welt 2015–2020“ ausgeschrieben Fördersummen in den Jahren 2015 bis Oktober 2020 abgerufen (bitte nach Programm und Jahr differenziert angeben), und, sofern Fördermittel unvollständig abgerufen wurden, was sind aus Sicht der Bundesregierung die Gründe dafür, und auf welche Höhe beliefen sich die nicht abgerufenen Fördermittel pro Programm und Jahr?
16. Wie verteilen sich die Gesamtfördersummen der verschiedenen Förderprogramme aus den Jahren 2015 bis 2023 zur Förderung des Quantencomputings auf die verschiedenen Hardwareplattformen (supraleitende Qubits, Halbleiter-Qubits, ionische Qubits und photonische Qubits (für atterbasiertes Quantencomputing) sowie topologische Systeme, adiabatisches Quantencomputing und weitere Ansätze; bitte die jeweiligen Gesamtsummen pro Plattform nennen)?
17. Hat die Bundesregierung eine Fokussierung der Quantencomputerentwicklung auf eine oder mehrere wenige Hardwareplattformen bewertet, und wenn ja, wie (Qubit-Arten) – vor dem Hintergrund, dass die derzeit in der Entwicklung am weitest fortgeschrittenen US-amerikanischen Konzerne Google und IBM auf die gleiche Plattform setzen, jedoch gleichzeitig andere Unternehmen wie Microsoft, aber auch viele deutsche Institute an anderen vielversprechenden Ansätzen, wie z. B. ionischen Systemen, forschen –, beabsichtigt die Bundesregierung die besondere Förderung einer, einiger weniger oder vieler verschiedener Hardware-Plattformen, und wenn ja, welcher (bitte sowohl gatterbasierte als auch topologische und adiabatische Ansätze einbeziehen)?
18. Inwiefern wurden und werden seitens der Bundesregierung die Entwicklung von Quantenalgorithmien und Softwareanwendungen für Quantencomputer und Quantensimulatoren gefördert (bitte die Förderprojekte aus den Jahren 2015 bis 2023 inklusive Fördersumme, Laufzeit und Kurzbeschreibung auflisten)?
19. Wann, und wofür plant die Bundesregierung, die im Konjunkturpakt unter Nummer 44 angekündigten 2 Mrd. Euro zur Förderung von Quantentechnologien in den nächsten Jahren zu investieren, insbesondere vor dem Hintergrund, dass davon bisher lediglich 400 Mio. Euro im Haushalt 2021 als „Verstärkung von Maßnahmen zur Förderung von Quantentechnologien“ (Bundestagsdrucksache 19/22600, S. 3146) budgetiert sind?
20. Bis wann plant die Bundesregierung, ein zwischen den Ressorts abgestimmtes Gesamtkonzept für die zusätzlichen 400 Mio. Euro als „Verstärkung von Maßnahmen zur Förderung von Quantentechnologien“ (Bundestagsdrucksache 19/22600, S. 3146) vorzulegen, um die im Entwurf zum Bundeshaushalt 2021 gesperrten Mittel freizugeben?
  - a) Welche förderpolitischen Ziele möchte die Bundesregierung mit den zusätzlichen 400 Mio. Euro erreichen?
  - b) In welche konkreten Maßnahmen sollen die zusätzlichen 400 Mio. Euro fließen?
  - c) Inwiefern ist ein Ausbau der personellen Kapazitäten in den Ressorts und den Projektträgern vorgesehen, damit die erhöhte Förderung für Quantentechnologien auch abfließen kann, und wie viele Personen sind zur Vergabe in den Ministerien vorgesehen?

- d) Welches Ressort hat die Federführung bei der Entwicklung und Umsetzung des neuen Konzepts zur Förderung von Quantentechnologien inne?
21. Bis wann wird die Bundesregierung den von Bundesforschungsministerin Anja Karliczek am 6. Juli 2020 für „diesen Sommer“ angekündigten (<https://de.reuters.com/article/deutschland-quantentechnologie-karliczek-idDEKBN2470JL>) Auftrag an Konsortien zum Bau der zwei im Konjunkturpaket genannten Quantencomputer vergeben?
- a) Ist eine erste Auswahl für Konsortien bereits getroffen, und wenn ja, an welche wird der Auftrag zum Bau eines Quantencomputers gehen (bitte die beteiligten Institute und deren Standorte nennen)?
- b) Nach welchen Kriterien und in welchem Verfahren werden die Standorte der beiden angekündigten Quantencomputer ermittelt (bitte die Verfahrensschritte und alle daran beteiligten Personen inkl. Institution benennen)?
- c) Welche technischen Erwartungen hat die Bundesregierung an die Quantencomputer in Bezug auf Anzahl und Art an verwendeten Qubits und deren Fehlerraten?
- d) Nach welchen Kriterien wurde bzw. wird die Hardwareplattform der zwei Quantencomputerbauten ausgewählt, und welche Personen von welchen Institutionen waren bzw. sind an der Auswahl beteiligt?
- e) Ausgaben in welcher Höhe plant die Bundesregierung für den Bau der zwei Quantencomputer?
22. Durch welche konkreten Maßnahmen möchte die Bundesregierung die im Konjunkturpaket unter Nummer 44 definierten Ziele erreichen, und welche Finanzmittel werden jeweils zusätzlich in den Jahren 2020 und 2021 bereitgestellt für die Ziele
- a) „ein neues industrielles Standbein sowohl hinsichtlich Hard- als auch Software aufbauen“,
- b) „eine substantielle Förderung von Unternehmens- und Start-up-Gründungen“,
- c) „gemeinsame neue Spitzencluster aus Wissenschaft und Industrie“?
23. Inwiefern folgt die Bundesregierung seit 2018 der „nachdrückliche[n] Forderung der Max-Planck-Gesellschaft“ und der gesamten QUTEGA (vgl. Programm „Quantentechnologien – von den Grundlagen zum Markt“), Zentren zur Entwicklung von Quantentechnologien zu fördern (bitte die Zentren, deren Förderungsmittel, Förderlaufzeiten und die schwerpunktmäßig geförderten Quantentechnologiebereiche nennen)?

Wo plant die Bundesregierung die bis zu drei Kompetenzcluster für Quantencomputing in Deutschland aufzubauen (vgl. Forschungsprogramm „Quantentechnologien – von den Grundlagen zum Markt“)?

- a) Aus welchen Gründen wird die Anzahl an aufzubauenden Kompetenzclustern für Quantentechnologien auf bis zu drei gesetzt, und wurde diese Zahl seit 2018 genauer definiert?
- b) Auf welchen Hardwareplattformen sollen die bis zu drei Kompetenzcluster zur Entwicklung eines Quantencomputers beruhen?
- c) Nach welchen Kriterien wurden beziehungsweise werden die Kompetenzcluster ausgewählt?

- d) Entsprechen diese Kompetenzcluster den im Konjunkturpaket unter Nummer 44 aufgeführten Spitzencluster aus „Wissenschaft und Industrie“?
24. Fördert oder plant die Bundesregierung die Förderung von Konsortien für die Entwicklung der Quantenkommunikation, der Quantenmetrologie oder für Basistechnologien?
- a) Wenn ja, wo sollen diese Konsortien lokalisiert sein, wer ist beteiligt, welche Fördersummen sind veranschlagt, und nach welchen Vergaberichtlinien wurden diese Wahlen getroffen (bitte nach den drei genannten Quantentechnologiebereichen aufteilen)?
- b) Wenn nein, warum nicht, und welche Unterschiede bestehen zur Förderung von Konsortien zur Quantencomputerentwicklung?
25. Wie ist der Entwicklungsstand des seitens der Wissenschaft (QUTEGA) und Industrie geforderten und seitens der Bundesregierung im Programm „Quantentechnologien – von den Grundlagen zum Markt“ angekündigten Quantentechnologie-Kompetenzzentrums an der Physikalisch-Technischen Bundesanstalt (PTB) (bitte den Termin der geplanten Fertigstellung und der vollständigen Betriebsaufnahme, die bisherigen Investitionssummen, die geplante Anzahl an Mitarbeitern und die geplanten Arbeitsaufgaben nennen)?
26. Wie soll sichergestellt werden, dass das Quantentechnologie-Kompetenzzentrum an der Physikalisch-Technischen Bundesanstalt (PTB) die Koordinierung aller vier Bereiche der Quantentechnologien bewerkstelligen kann, insbesondere auch den Austausch mit der Industrie und die Unterstützung von Gründern (bitte für alle vier Teilbereiche der Quantentechnologien begründen), oder plant die Bundesregierung eine oder mehrere weitere Koordinierungsstellen für Quantentechnologien (wenn ja, welche Standorte zusätzlich zur PTB sollen in welcher Höhe gefördert werden)?
27. Welche Unternehmen in Deutschland entwickeln nach Kenntnis der Bundesregierung in einem der vier Teilgebiete der Quantentechnologien (Quantenkommunikation, Quantencomputer, Quantenmetrologie, Basistechnologien für Quantentechnologien) Produkte oder Anwendungen (bitte nach Unternehmensname, Standort, Technologiebereiche der Entwicklung, Jahresumsatz auflisten)?
28. Welche Ziele verfolgt die Bundesregierung bei der Förderung einer Unternehmenslandschaft zum Thema Quantentechnologien in Deutschland?
- a) In welcher Unternehmensform soll ein deutsches Quantennetzwerk aufgebaut und betrieben werden (öffentlich, privatwirtschaftlich o. Ä.), und wie viele Anbieter für Quantenkommunikation soll es in Deutschland bis 2025 sowie 2030 geben?
- b) Wie viele deutsche Anbieter von Quantencomputern soll es bis 2025 und wie viele bis 2030 geben, und wie soll der öffentliche Zugang zu diesen organisiert sein (öffentlich zugänglich, durch privatwirtschaftliche Modelle oder weitere)?
- c) Wie will die Bundesregierung sicherstellen, dass die Forschung und Entwicklung durch die Offenheit der Programmiersprachen, der Schnittstellen und Systeme nachhaltig gestaltet wird und alle Marktakteure Zugang haben?
29. Inwiefern wurden und werden seit 2015 die Ausgründung von Quantentechnologien seitens der Bundesregierung unterstützt (bitte die jährlichen Fördersummen inklusive Ressortzuständigkeit und die erfolgreichen Ausgründungen inklusive Unternehmensname auflisten)?

30. In welcher Höhe wurde und wird die industrielle Forschung von Quantentechnologien in Deutschland seitens der Bundesregierung in den Jahren 2015 bis Oktober 2020 unterstützt (bitte die jährlichen Fördersummen und die geförderten Unternehmen auflisten)?
- Hat die Bundesregierung ihren Erfolg bei der industriellen Forschung von Quantentechnologien bewertet, und wenn ja, wie?
  - Welche Überlegungen bestehen seitens der Bundesregierung, die Fördermodalitäten für Unternehmen attraktiver zu gestalten?
31. In welcher Höhe wurden die Fördergelder der Programme „EXIST“, „High-Tech Gründerfonds“ und „INVEST – Zuschuss für Wagniskapital“ für die Förderung von Quantentechnologien abgerufen, die im Programm „Quantentechnologien – von den Grundlagen zum Markt“ genannt werden (bitte die jährlichen Fördersumme mit Bezug zu Quantentechnologien für die jeweiligen genannten Programme seit 2015 auflisten)?
32. Mit welchen Programmen und in welcher Höhe wird der seitens der Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler von QUTEGA geforderte (<https://www.quantentechnologien.de/fileadmin/public/Redaktion/Dokumente/PDF/Publikationen/Qutega-QT-Grundlagen-und-Anwendungen-01-2017-C1.pdf>, S. 34) Austausch von Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern in die Industrie und zurück gefördert (bitte die Programmtitel, die Laufzeit und die bewilligten jährlichen Förderungssummen seit 2015 nennen)?
33. In welcher Form erfolgt seitens der Bundesregierung eine Abstimmung der deutschen Förderprogramme für Quantentechnologien mit den aus dem Quanten-Flaggschiff der EU unterstützten Projekten?
- Wie konkret sind die deutschen Förderprogramme mit dem Quanten-Flaggschiff der EU verzahnt?
  - Welche Ideen und Konzepte der Bundesregierung sind in das Design des Quanten-Flaggschiffs der EU eingeflossen, und welche blieben unberücksichtigt?
34. Inwieweit hat die Bundesregierung ihre derzeitige EU-Ratspräsidentschaft genutzt oder will sie noch nutzen, um das Thema Quantencomputing „im künftigen EU-Forschungsrahmen zu verankern“, wie Bundesforschungsministerin Anja Karliczek am 6. Juli 2020 angekündigt hat (<https://de.reuters.com/article/deutschland-quantentechnologie-karliczek-idDEKBN2470JL>)?
35. Plant die Bundesregierung bilaterale Kooperationen im Bereich der Forschung und Entwicklung von Quantentechnologien?
- Wenn ja, um welche Länder und Projekte handelt es sich hierbei, und in welchem Stadium befinden sich die jeweiligen Projekte (bitte für jedes Projekt einzeln benennen)?
  - Unterstützt die Bundesregierung diesbezüglich eine Kooperation mit Großbritannien, und wie konkret setzt sich die Bundesregierung – auch über den nahenden Brexit hinaus – für eine vertiefte Kooperation mit Großbritannien beim Thema Quantentechnologien ein?
  - Wenn nein, warum nicht?
36. Wann wird nach Kenntnis der Bundesregierung der Quantencomputer am Standort Jülich einsatzbereit sein, und nach welchen Schlüssen verteilen sich die Kosten für Bau und Betrieb auf EU, Bund und Helmholtz-Gemeinschaft, und wie wird in Zukunft sichergestellt, dass andere Forscher und Forscherinnen in Deutschland und der EU Zugang zu dem in Jülich entwickelten Quantencomputer haben werden?

37. Wie viele Absolventinnen und Absolventen im Bereich Quantentechnologien erreichen nach Kenntnis der Bundesregierung zwischen 2015 und 2019 die verschiedenen Bildungsabschlüsse Master-, Diplom- oder vergleichbarer Abschluss, Promotion und Berufung auf eine Professur (bitte nach Art der Professur differenzieren), und welche Hochschulen in Deutschland bieten nach Kenntnis der Bundesregierung den Studiengang Quanteningenieurwesen, Quanteninformationstechnologie oder einen vergleichbaren auf Quantentechnologien fokussierten Nicht-Physik-Studiengang an, und wie viele Studierende sind hierzu eingeschrieben (bitte für die Jahre 2015 bis 2020 angeben)?
38. In welcher Höhe fördert die Bundesregierung Hochschulbildung von Quantentechnologien, wie sie im Programm „Quantentechnologien – von den Grundlagen zum Markt“ angekündigt wurde (bitte die jährlichen Förderungssummen der von 2015 bis 2023 bewilligten Mittel sowie die spezifischen durch den Bund geförderten Projekte nennen)?

Wie viele Professuren wurden im Bereich Quantentechnologien seit 2015 durch vom Bund (co-)finanzierte Programme geschaffen, und wie viele sollten nach Ansicht der Bundesregierung in den nächsten fünf Jahren von durch den Bund finanzierte Programme neu entstehen (bitte die seit 2015 neu geschaffenen Professuren und deren jeweilige thematische Schwerpunkte jährlich aufgeschlüsselt nennen)?

Berlin, den 17. November 2020

**Katrin Göring-Eckardt, Dr. Anton Hofreiter und Fraktion**



