



HESSISCHER LANDTAG

14. 10. 2020

Kleine Anfrage

Oliver Stirböck (Freie Demokraten) vom 30.06.2020

Quantencomputing in Hessen

und

Antwort

Ministerin für Digitale Strategie und Entwicklung

Vorbemerkung Fragesteller:

Auf Quantentechnologien basierende Verfahren eröffnen vielfältige Einsatzmöglichkeiten in verschiedenen Branchen. Ab 2021 soll der erste Quantencomputer der Firma IBM in Deutschland am Standort Stuttgart zur Verfügung stehen. Die Bundesregierung hat in ihrem Eckpunktepapier zum Konjunktur- und Zukunftspaket vom 3. Juni 2020 angekündigt, den Bau von mindestens zwei weiteren Quantencomputern in Deutschland zu finanzieren. Auch die hessische Landesregierung sollte sich darum bemühen, die Entwicklung des Quantencomputings frühzeitig zu fördern, damit der Standort Hessen an der Wertschöpfung im Bereich der Quantentechnologie teilhaben kann.

Vorbemerkung Ministerin für Digitale Strategie und Entwicklung:

Quantencomputing gewinnt rasant an Aufmerksamkeit – innerhalb und außerhalb wissenschaftlicher Zirkel. Das quantenbasierte Computerparadigma bietet drastische Geschwindigkeitsvorteile für eine Reihe hoch relevanter Aufgaben. Darunter fällt die Suche nach Lösungen für sehr große Probleme, die in zahlreichen Anwendungen u.a. aus den Gebieten Biologie, Chemie, Logistik, maschinelles Lernen, Materialwissenschaften und Pharmazie auftreten. Einige der adressierten Fragestellungen würden durch den Einsatz von Quantenrechnern nicht nur inhaltlich und zeitlich, sondern auch hinsichtlich des erforderlichen Energiebedarfs für die Berechnung überhaupt erst praktisch lösbar.

In Hessen existiert eine hohe Forschungsaktivität im Bereich der Quantentechnologien, wie die untenstehende Zusammenstellung aufzeigt. Die Landesregierung wird die Entwicklung im jungen Gebiet des Quantencomputings aufmerksam begleiten und – wo möglich und sinnvoll – unterstützen.

Diese Vorbemerkungen vorangestellt, beantworte ich die Kleine Anfrage im Einvernehmen mit dem Hessischen Minister für Wirtschaft, Energie, Verkehr und Wohnen und der Hessischen Ministerin für Wissenschaft und Kunst wie folgt:

Frage 1. Wie bewertet die Landesregierung die wissenschaftliche und wirtschaftliche Bedeutung des Quantencomputings und anderer Quantentechnologien für Hessen?

Die Entwicklung von Quantentechnologien und Quantencomputing befindet sich derzeit in einem frühen Stadium, vielfach noch in der Grundlagenforschung. Sie könnten allerdings disruptive Veränderungen auslösen. Daher wird das neue, mit 650 Mio. € ausgestattete nationale Rahmenprogramm Quantentechnologie von der Landesregierung begrüßt.

Frage 2. Wie bewertet die Landesregierung die Risiken des Quantencomputings? (z.B. in den Bereichen IT-Sicherheit und Verschlüsselung)

Viele kryptographische Verfahren basieren auf der Annahme, dass bestimmte Probleme wie die Primfaktorzerlegung großer Zahlen nur mit extrem hohem Aufwand lösbar sind, eine Voraussetzung, die durch Quantencomputer infrage gestellt wird. Neben der Gefahr, die Quantencomputer für vorhandene kryptographische Systeme darstellen, bietet die Quantenkommunikation andererseits neue Ansätze für die sichere Datenübermittlung wie z.B. eines der derzeit wohl bekanntesten Verfahren der Quantenkryptografie, das BB84-Protokoll (C.H. Bennett und G. Brassard, 1984).

Frage 3. Wie bewertet die Landesregierung Hessens Wettbewerbsfähigkeit im Bereich des Quantencomputings und anderer Quantentechnologien im Vergleich zu anderen Bundesländern und international?

Die Antwort zu Frage 4 zeigt, dass Quantencomputing und andere Quantentechnologien aktive Felder wissenschaftlicher Forschung sind. Insofern wird die Wettbewerbsfähigkeit in wissenschaftlicher Hinsicht als hervorragend eingeschätzt.

Frage 4. Welche Forschungsprojekte im Bereich des Quantencomputings und anderer Quantentechnologien sind der Landesregierung in Hessen bekannt?

Die Forschungsprojekte und Forschungsaktivitäten werden nach Hochschulen aufgeschlüsselt dargestellt.

Goethe-Universität (GU)

Die GU will die Vor-Ort-Verfügbarkeit von Quantencomputern an vorderster Front der Entwicklung vorantreiben, um Kompetenz in dieser neuen Technologie für Wissenschaft und Wirtschaft aufzubauen. Zwar kann man zu experimentellen Zwecken auf Systeme unterschiedlicher Herkunft, seien es beispielsweise Alibaba, D-Wave, Google, IBM, Rigetti Computing oder IonQ über das Web zugreifen, doch braucht es gleichwohl für Wissenschaft und Industrie eine allgemein zugängliche Infrastruktur für die Berechnung praktischer Anwendungen; für diese müssen Quantensysteme bei niedriger Latenz eng in eine High-Performance Computing-Umgebung (HPC-Umgebung) integriert sein, um hybride Quanten-HPC-Berechnungen im Computerexperiment durchzuführen.

Die GU hat zum 1. August 2020 den Jülicher Wissenschaftler Professor. Dr. Dr. Thomas L. nach Frankfurt berufen. Er verfolgt die Integration von Quantencomputern in HPC-Umgebungen. Ein Teil seiner Ausstattung ist für den Erwerb eines Quantencomputers vorgesehen. Dieser Quantencomputer soll als Element eines modularen Supercomputers am GOETHE-Rechner in Frankfurt eng integriert werden und Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern sowie der Industrie gleichermaßen für praktische hybride Quanten-HPC-Berechnungen zur Verfügung stehen.

Technische Universität Darmstadt (TUD)

Themen im Bereich des Quantencomputings werden an der TUD hauptsächlich in den Fachbereichen Physik (physikalisch-technische Grundlagen) und im Fachbereich Informatik bearbeitet.

Quantentechnologien und Quantencomputing entwickeln sich derzeit zu einem zentralen Forschungsfeld mit hoher wissenschaftlicher Bedeutung für den Fachbereich Physik der TUD. Auch der Ausbildung der dringend benötigten Fachkräfte für Forschung und Industrie kommt hier eine zentrale Bedeutung zu. Der Fachbereich Physik ist bereits bezüglich aller „Säulen“ des Forschungsfeldes (Quantencomputing, -kommunikation, -simulation und -sensorik) aktiv. Derzeit sind die Aktivitäten der Quantentechnologie und verwandten Gebiete am Fachbereich Physik auf das hiesige Institut für Angewandte Physik mit sechs Forschungsgruppen konzentriert.

Innerhalb der TUD arbeiten zwei Gruppen des Fachbereichs für Physik sehr eng im Sonderforschungsbereich (SFB) „1119 CROSSING – Kryptografiebasierte Sicherheitslösungen als Grundlage für Vertrauen in heutigen und zukünftigen IT-Systemen“ mit den Kolleginnen und Kollegen des Fachbereichs Informatik bezüglich der zukünftigen Cybersicherheit zusammen.

Eine aktive Zusammenarbeit mit der Telekom Technik GmbH auf dem Gebiet des Quantenschlüsselaustausches in den Netzwerken der Telekom existiert seit einigen Jahren. Darüber hinaus zeigen die lokalen Forschungseinrichtungen der Europäischen Weltraumorganisation ESA, die Facility for Antiproton and Ion Research in Europe GmbH (FAIR GmbH) auf dem Gelände der GSI Helmholtzzentrum für Schwerionenforschung GmbH (GSI/FAIR-Campus) sowie die Firma Merck KGaA großes Interesse an einer diesbezüglichen Zusammenarbeit mit dem Fachbereich Physik der TUD.

Am Fachbereich Informatik ist Quantencomputing aktuell vor allem in Zusammenhang mit IT-Sicherheit von Interesse. Aus diesem Grund forscht der wesentlich Informatik-getriebene SFB „1119 CROSSING“ an quantenresistenten kryptographischen Verfahren sowie an quantenbasierter Authentisierung und quantenbasiertem Schlüsselaustausch.

Forschungsprojekte im Fachbereich Physik:

Quantencomputing

- Entwicklung und technische Realisierung von skalierbaren Quantencomputern basierend auf **quantenoptischen** Systemen, derzeit weltweit ‚state-of-the-art‘ in der Zahl der defektfrei aufgebauten Quantenregister aus einzelnen Atomen, als Teilprojekt in einem Schwerpunktprogramm der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG),

- Entwicklung und technische Realisierung von Quantenspeichern für Lichtteilchen in nichtlinearen optischen Kristallen (EU ITN LIMQUET),
- Entwicklung und technische Realisierung von Quantenspeichern für Photonen in dichten Atomensembles mit „langsamen Licht“ (H2020 Marie Skłodowska-Curie Actions),
- Entwicklung und technische Realisierung von neuartigen Protokollen für Quantenalgorithmen (Grundfinanzierung) sowie
- Entwicklung und technische Realisierung von Verfahren für die Quantenfehlerkorrektur (SFB 1119 CROSSING).

Quantensimulation

- Entwicklung und technische Realisierung von ein-, zwei- und dreidimensionalen Quantensimulatoren auf der Basis von Quantenregistern individueller Atome (Teilprojekt in einem DFG-Schwerpunktprogramm),
- Quantensimulation von zweidimensionalen Schichtsystemen, z.B. für die Quantensimulation von Graphen oder ‚High-Tc-Supraleitern‘ (Teilprojekt in einem DFG-Schwerpunktprogramm),
- Entwicklung und technische Realisierung von Anwendungen exotischer Quantenmaterie, z.B. Bose-Einstein-Kondensaten für die Quantentechnologien (nicht Drittmittel unterstützt) sowie
- Simulation von Quantenmaterie für den Einsatz von Quantentechnologien in der Weltraumforschung (z.B. BECAL auf der Internationalen Weltraumstation ISS) (Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi), Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V. (DLR), Verbundprojekt „QUANTUS V Fallturm“).

Quantenkommunikation

- Entwicklung und technische Realisierung von abhörsicheren Protokollen für die Quanteninformationsübertragung (SFB 1119 CROSSING) sowie
- Entwicklung und technische Realisierung von neuartigen Verfahren für den Austausch von Quantenschlüsseln in einfachen Netzwerkgeometrien, als Teilprojekt im SFB 1119 CROSSING und Telekom Technik GmbH.

Quantensensoren

- Entwicklung und technische Realisierung von skalierbaren Quantensensoren für die hochpräzise und räumlich aufgelöste Messung von elektrischen und magnetischen Feldern (Teilprojekt in einem DFG-Schwerpunktprogramm),
- Entwicklung und technische Realisierung von kompakten Quantensensoren für die hochpräzise Messung von Rotationen (Grundfinanzierung, Deutscher Akademischer Austauschdienst (DAAD)),
- Entwicklung und technische Realisierung von kompakten und skalierbaren Frequenzstandards, beispielsweise für Atomuhren (Teilprojekt in einem DFG-Schwerpunktprogramm) und
- Entwicklung und technische Realisierung von neuartigen Quanten-Messverfahren (z.B. Quanten-Ghost-Imaging) (DFG-Normalverfahren, DAAD).

Enabling Technologies

- Entwicklung und technische Realisierung von neuartigen Laserquellen für den Einsatz in allen Bereichen der Quantentechnologien (Grundfinanzierung),
- Entwicklung und technische Realisierung von kompakten Messsystemen für die Quantentechnologien (nicht Drittmittel unterstützt),
- Entwicklung und technische Realisierung von mikro-optischen Komponenten für die Miniaturisierung von Mess-Systemen für die Quantentechnologien, z. B. auch durch „Additive Manufacturing“ (Teilprojekt in einem DFG-Schwerpunktprogramm) sowie
- Etablierung des neuen Forschungsfeldes „ATOMTRONICS“ für die Erweiterung der in der klassischen Elektronik entwickelten Konzepte durch die speziellen Eigenschaften von atomarer Quantenmaterie (nicht Drittmittel unterstützt).

Forschungsprojekte im Fachbereich Informatik:

Kryptographie

- Quantenresistenz kryptographischer Verfahren; quantum-basierte Authentisierung und Schlüsselaustausch (Teilprojekt im SFB 1119 CROSSING),
- Sicherheitsanalyse von Lösungen für Quantenkryptographie: Secure Refinement of Cryptographic Algorithms (Teilprojekt im SFB 1119 CROSSING) sowie
- Sicherheitsanalyse von Lösungen für Quantenkryptographie: Quantum Key Hubs (Teilprojekt im SFB 1119 CROSSING).

Post-Quantum-Cryptography

- Weiterentwicklung von Post-Quanten-Kryptographie, um diese auf niedrigem Stromverbrauch und geringen Speicherbedarf bei gleichzeitig hohem Sicherheitsniveau zu optimieren. (Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF)),
- Erforschung der Anwendbarkeit und praktischen Umsetzung von quantencomputerresistenten kryptografischen Verfahren insbesondere bei eingebetteten Systemen in der Industrie und Chipkarten-basierten Sicherheitsanwendungen. (BMBF) sowie
- Implementierung von Post-Quantum-Verfahren (ATHENE*).

* Das Nationale Forschungszentrum für angewandte Cybersicherheit ATHENE ist ein Forschungszentrum der Fraunhofer-Gesellschaft für ihre beiden Darmstädter Institute, Fraunhofer-Institut für Sichere Informationstechnologie (Fraunhofer SIT) und Institut für Graphische Datenverarbeitung (Fraunhofer-IGD) unter Beteiligung der TUD und der Hochschule Darmstadt. Dieser Zusammenschluss weist die europaweit größte Allianz von Forschungseinrichtungen im Bereich Cybersicherheit auf. → Quelle: <https://www.athene-center.de/ueber-uns/mitwirkende>

Universität Kassel (UKS)

Die UKS beschäftigt sich mit grundlegenden und mit anwendungsrelevanten Fragestellungen zum Quantencomputing und artverwandten Quantentechnologien, z.B. Quantenkommunikation, Quantensensorik und in unterschiedlichen Organisationsgraden, d.h. in Einzelprojekten, als Partnerin in nationalen Forschungsverbänden und in von Kassel aus koordinierten Forschungsprojekten.

Viele Initiativen zu dieser Thematik sind interdisziplinär ausgerichtet und entstanden in der Kooperation von Fachgebieten, die Mitglieder des Center of Interdisciplinary Nanoscience and Technology (CINSA-Ts) sind. Aufgrund der zunehmenden Bedeutung der Quantentechnologien wurde vor einigen Jahren speziell ein namensgleicher Forschungsschwerpunkt innerhalb des CINSA-Ts eingerichtet, an dem sich Fachgebiete aus verschiedenen Fachdisziplinen beteiligen, z.B. aus der experimentellen und theoretischen Physik, Chemie und Elektrotechnik.

Beispiele zu koordinierten Projekten sind:

LOEWE-Schwerpunkt SMolBits

In diesem Projekt werden grundlegende Untersuchungen zu einer neuen hybriden Plattform für zukünftige Quantencomputer auf der Basis molekularer Quantenbits (QuBits) durchgeführt, die in einem Photonik-Chip integriert werden sollen. Dieses Konzept würde im Erfolgsfall die bisherigen Grenzen der Skalierbarkeit von Quantencomputern sprengen können. Das Projekt wurde 2019 gestartet und soll bis Ende 2022 einen ersten Nachweis über die Interaktion zweier molekularer QuBits auf einem Photonikchip liefern.

Forschergruppe zu Quanten-Geld (QuCoins), VW-Stiftung

In diesem 2019 abgeschlossenen Projekt wurden auf der Basis von Farbzentren, in Diamanten eingebettete atomare Quantensysteme, in einem Festkörper untersucht. Die Farbzentren dienen dabei als Quantenspeicher für QuBits und könnten in Zukunft evtl. für die sichere Identifikation in Geld- bzw. Kreditkarten eingesetzt werden. Dazu ist aber noch erhebliche Grundlagenforschung notwendig. Ein Folgeantrag wurde eingereicht.

EU Marie-Curie Internat. Training Network (ITN) zu Quantensensorik

In diesem Projekt wird untersucht, wie durch die Berücksichtigung und Kontrolle der Umgebung die Sensitivität eines Quantensensors erhöht werden kann. Die Erkenntnisse dazu fließen auch in die Optimierung von zukünftigen Quantencomputerplattformen ein, wie z.B. in dem SMolBits*-Projekt. (*"Scalable Molecular Quantum Bits")

BMBF-Verbundprojekte zu Quantenkommunikation (QuaHL-Rep, Q.Com-HL, Q.Link.X)

Seit knapp zehn Jahren fördert das BMBF ein Konsortium mit bis zu 30 Forschergruppen für die Untersuchung von verschiedenen Quantensystemplattformen zur Realisierung eines Quantennetzwerkes. Die Universität Kassel ist daran als einzige der hessischen Hochschulen mit zwei Teilprojekten beteiligt. Zum einen auf der Basis von Halbleiter-Quantenpunkten und zum anderen auf der Basis von Farbzentren in Diamant. Das Ziel dieser Verbundforschung ist die Realisierung eines Quantennetzwerkes auf der Basis eines optischen Glasfasernetzwerkes, das prinzipiell in ganz Deutschland aufgespannt werden könnte. Schlüsselbauelemente dazu sind qualitativ hochwertige Einzelphotonenquellen und sogenannte Quantenrepeater. Innerhalb des aktuell laufenden Q.Link.X-Projektes sollen erste Übertragungsexperimente durchgeführt werden. Ein weiteres Folgeprojekt, das evtl. mit industrieller Beteiligung erfolgen soll, ist in der Vorplanung.

DFG-Forschergruppe zur Thermodynamik am Quantenlimit

Im Rahmen der DFG-Forschergruppe zu Thermodynamik am Quantenlimit beschäftigt sich das Projekt mit einer Einzelionenwärmekraftmaschine. Hier werden Quanteneffekte beim Betrieb von Wärmekraftmaschinen basierend auf Einzelionen untersucht. Physics World hat die Ergebnisse zu

der Einzelionenwärmekraftmaschine 2016 zu den „Top 10 Breakthroughs“ gezählt. Die Arbeitsgruppe konnten die Validität der Gesetze der Thermodynamik im Einzelatomlimit verifizieren.

Zusätzlich gibt es eine Reihe von DFG-Einzelprojekten zu artverwandten Quantentechnologien von mehreren Forschungsgruppen an der Universität Kassel, die in ANLAGE 1 aufgelistet werden.

Hochschule RheinMain (HRM)

Die Working Group „Internet of Smart Things“ des Forschungsschwerpunkts „Smarte Systeme für Mensch und Technik“ der HRM arbeitet an kryptographischen Verfahren für eingebettete Systeme, die auch durch leistungsfähige Quantencomputer nicht gebrochen werden können (Post-Quantum Kryptographie). Solche Verfahren werden die Basis für die künftige IT-Sicherheit bilden, da Expertinnen und Experten mit ausreichend leistungsfähigen Quantencomputern ab 2035 rechnen, die alle aktuellen asymmetrischen Kryptosysteme brechen werden. In zwei Projekten werden dazu softwarebasierte Ansätze in Kooperation bzw. Auftrag der Automobilindustrie (Elektrobit Automotive GmbH, Erlangen und Continental Teves AG & Co. oHGAG, Frankfurt) untersucht und erste marktgängige Lösungen für die Automobilindustrie entwickelt.

Weiterhin ist die HRM an dem Projekt QuantumRISC (<http://www.QuantumRISC.org>) beteiligt. Dieses vom BMBF geförderte Projekt hat das Ziel, Verfahren der Post-Quantum Kryptographie in Hardware – also einen dedizierten „Krytochip“ – zu entwickeln. Weitere Darmstädter Firmen und Institutionen sind an diesem Projekt beteiligt (Fraunhofer SIT, TUDa und MTG AG).

Frage 5. Sind der Landesregierung hessische Start-Ups und Unternehmen bekannt, die in der Entwicklung und Produktion von Quantentechnologien tätig sind?
Wenn ja, welche?
Wenn nein, warum nicht?

Für den Bau eines Quantencomputers wird ein dreistelliger Millionenbetrag benötigt und die Weiterentwicklung nimmt zwischen 10 und 20 Jahren in Anspruch. Deshalb spezialisieren sich Start-ups eher auf die Entwicklung von Quantencomputer-Software, da hier erheblich weniger Startkapital benötigt wird. Die Erforschung verschiedener Techniken der Quantensensorik und Quantenkommunikation sind weitere Fokusthemen für Start-ups, da hier Unternehmen und Regierungen investieren. Bekannt sind dem HMWEVW zwei hessische Start-ups mit Sitz in Frankfurt und Darmstadt, die in der Quantentechnologie tätig sind. Eines dieser Start-ups erhielt 2018 im bundesweiten Gründerwettbewerb „Digitale Innovationen“ vom Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi) einen Hauptpreis. Aus datenschutzrechtlichen Gründen sieht die Landesregierung von einer Nennung der Unternehmensnamen ab.

Frage 6. Wie weit ist der Aufbau des Kompetenzzentrums Quantencomputing Hessen im Rahmen des Fraunhofer-Kompetenznetzwerks Quantencomputing nach Kenntnis der Landesregierung fortgeschritten?

Die Fraunhofer-Gesellschaft baut ein länderübergreifendes Kompetenznetzwerk zur Nutzung eines Quantencomputers auf. Der hierfür vorgesehene Quantencomputer wird von IBM zur Verfügung gestellt und wird daher für effizienten Betrieb und Wartung in Ehningen aufgebaut, einem Standort, an dem IBM mit einer entsprechend inhaltlich ausgerichteten Niederlassung vertreten ist. Die Partner im Fraunhofer-Kompetenznetzwerk Quantencomputing werden ab dem 01.01.2021 über das Internet auf den Quantencomputer zugreifen können. Somit wird die Fraunhofer-Gesellschaft den ersten operationellen Quantencomputer, ein „IBM Q System One“, unter europäischem Datenschutzrecht auf deutschem Boden betreiben. Durch die gewährleistete Datensouveränität wird es dadurch erstmals möglich, breit mit der Industrie zu kooperieren und erste Projekte mit Leuchtturm-Charakter durchzuführen. Auf der Seite der Fraunhofer-Gesellschaft sind aus Hessen die beiden Darmstädter Fraunhofer-Institute IGD und SIT in dem Kompetenznetzwerk beteiligt. Über diese Institute wird es möglich sein, dass auch andere Organisationen aus Hessen außerhalb der Fraunhofer-Gesellschaft, wie etwa Unternehmen, die Dienste des Kompetenznetzwerks, die vorhandene Infrastruktur und Unterstützungsleistungen für die Programmierung des Quantencomputers nutzen können. Die Infrastruktur für Zugriff und Nutzung des Quantencomputers von verschiedenen Standorten Deutschlands aus befindet sich aktuell noch in Fertigstellung. Das Angebot der Fraunhofer-Gesellschaft mit Bezug zur Quantentechnologie geht jedoch heute schon deutlich über die Nutzung des Quantencomputers hinaus, und es kann bereits in Anspruch genommen werden. Durch den frühen Einstieg in die Technologie kann das Fraunhofer-Kompetenz-Zentrum Darmstadt zu einer „Säule“ im entstehenden Quanten-Öko-System in Deutschland werden.

Das aktuell bestehende Angebot in Hessen zum Thema Quantentechnologie konzentriert sich auf Fragestellungen für die Cybersicherheit. Alle mit Cybersicherheit einhergehenden Aktivitäten sind in Hessen in ATHENE gebündelt. Für weitere Anwendungen von Quantentechnologien und des Quantencomputings außerhalb der Cybersicherheit sollen neue und zusätzliche Strukturen aufgebaut werden. So soll in Kürze unter dem geplanten Namen „Zentrum für Angewandtes

Quantencomputing“ (ZAQ) die hessische Kompetenzstelle innerhalb des Fraunhofer-Kompetenznetzwerks Quantencomputing entstehen. Dieses Zentrum wird die zentrale Anlaufstelle in Hessen für Anwendungen des Quantencomputings außerhalb der Cybersicherheit werden. In sich überschneidenden Bereichen werden ZAQ und ATHENE, beide als Einrichtungen der Fraunhofer-Gesellschaft, eng miteinander kooperieren. Für ZAQ wird es nach Verfügbarkeit des Quantencomputers darum gehen, mit Unternehmen aus der Wirtschaft gemeinsame Projekte des Quantencomputings zu initialisieren, diesen die neue Technologie verfügbar zu machen und sie bei der Ausnutzung der Potentiale der neuen Technologie zu unterstützen.

Frage 7. Inwieweit unterstützt die Landesregierung den Aufbau des Kompetenzzentrums Quantencomputing Hessen?

In Hessen wird der Aufbau des Netzwerks Quantencomputing bislang vom Bund und der Fraunhofer-Gesellschaft aktiv unterstützt.

Frage 8. Mit welchen Maßnahmen plant die Landesregierung, die Entwicklung des Quantencomputings und anderer Quantentechnologien in Hessen zu fördern?

Das Thema steht derzeit noch am Anfang, weshalb in erster Linie Wissenschaftseinrichtungen und große Technologieunternehmen die Entwicklung vorantreiben. Der Bund (BMBF) hat vor diesem Hintergrund Anfang des Jahres ein nationales Rahmenprogramm Quantentechnologie mit einem Fördervolumen von 650 Mio. € für die Jahre 2020-2022 aufgelegt. Des Weiteren hat die Bundesregierung im Rahmen ihres Zukunftspaketes angekündigt, weitere 2 Mrd. € für den Bau von zwei Quantencomputern in Deutschland zur Verfügung stellen zu wollen. Zudem errichtet der Bund über das Bundesministerium für Wirtschaft und Energie an der Physikalisch-Technischen Bundesanstalt in Braunschweig ein Kompetenzzentrum für Quantentechnologien (QTZ). Die Landesregierung begrüßt dieses Engagement insbesondere auch mit Blick auf die Fortschritte in den Vereinigten Staaten und der Volksrepublik China.

Eine parallele, direkte Technologieförderung des Landes ist nach Einschätzung der Landesregierung zwar in diesem Zusammenhang nicht zwingend geboten. Über die bestehenden Technologie- und Transferförderprogramme ist jedoch die Förderung anwendungsorientierter Projekte denkbar.

Wiesbaden, 1. Oktober 2020

Prof. Dr. Kristina Sinemus

Anlagen

Kleine Anfrage 20/3126, ANLAGE 1 – Projekte an der Universität Kassel

Beteiligtes Fachgebiet	Forschungsvorhaben (Kurzbeschreibung)	Laufzeit
Technische Physik, Experimentalphysik I, Theoretische Physik III	VW-Projekt zum Einsatz von Farbzentren als Quantensensoren	2015 - 2020
Technische Physik + externe Partner	EU-Projekt MOICANA (Monolithic cointegration of QD-based InP on SiN as a versatile platform for the demonstration of high performance and low-cost PIC transmitters). In diesem Projekt werden Quanteneffekte der Halbleiterquanten-Punktmaterialien genutzt für die Optimierung von Bauelementeigenschaften (Temperaturstabilität, Linienbreite von Lasern, etc.), die mit konventionellen Materialien nicht erzielt werden können. Dies soll genutzt werden in einer auf Si-Technologie basierten monolithischen Integrationstechnologieplattform.	2018 - 2021
Technische Physik + externe Partner	BMBF-Verbundprojekt Q.Link.X (Quanten-Link-Erweiterung). In diesem Projekt wird versucht, Schlüsselkomponenten für den Aufbau eines faserbasierten Quanten-Netzwerkes zu entwickeln. Zwei Teilprojekte werden bearbeitet: 1) Einzelphotonenquellen für den 1,55 µm Wellenlängenbereich, 2) NV-Zentren für Quantenspeicher als wichtige Bestandteile eines Quantenrepeaters	2018 - 2021
Experimentalphysik I	DFG-Forschergruppe zu Wärmekraftmaschinen am Quantenlimit	2018 - 2021
Experimentalphysik I	SFB-Elch zum Einsatz von Rydberg-Atomen als Quantensensor für chirale Moleküle	2018 - 2021
Technische Physik + externer Partner	DFG-Projekt DeLiCom (Development of deterministic quantum-light sources from InP-based quantum dots in the telecom c-band). Dieses Projekt in Kooperation mit der TU Berlin zielt auf die Realisierung und Charakterisierung von Quantenlichtquellen für die Übertragung in Glasfasern.	2019 - 2022

Technische Physik + externe Partner	BMBF-Verbundprojekt PEARLS (Photonic Embedding of Active Region Laser Chips on Silicon). Auch in diesem Projekt geht es um die hybride Integration von optoelektronischen Materialien, aber im Unterschied zum EU-Projekt MOICANA durch eine sogenannte "bonding"-Technik. Auch hier werden Quanteneffekte der verwendeten Quantenpunktmaterialien eingesetzt, um optimierte Bauelementeigenschaften zu erzielen.	2019 - 2022
Technische Physik, Experimentelle Physik I + III, Theoretische Physik III, Chemische Hybridmaterialien, Theorie der Elektrotechnik und Photonik	LOEWE-Schwerpunkt SMolBits (Skalierbare molekulare Quantenbits, wird koordiniert durch Technische Physik). Hier wird eine neue Quantencomputing-Technologieplattform untersucht, basierend auf molekularen Quantenbits, die in einen Photonik-Chip integriert werden. Dieser Ansatz soll die Skalierungsprobleme von bisher untersuchten und eingesetzten Quantencomputing-Plattformen (z.B. supraleitende Quantencomputer) umgehen. Hier wird vor allem die perfekte Reproduktion von Molekülen durch die Synthesechemie genutzt.	2019 - 2022
Technische Physik + externe Partner	EU-Projektantrag ELFPIC (Electronic-like platform for fully photonic integrated circuits). Zu diesem Projekt werden Quantenpunktmaterialien entwickelt für die Integration von optoelektronischen Bauteilen auf Si-Photonikchips. Auch hier werden Quanteneffekte genutzt für die Realisierung spezieller Bauelementeigenschaften, wie z.B. ultra-schmale Linienbreiten für die kohärente optische Hochgeschwindigkeits-Datenübertragung.	2020 - 2023
Technische Physik + externe Partner	ERA.Net RUS Plus Projektantrag SUDC (Methane and trace gas sensing using on-chip dual frequency comb spectrometer). In diesem Projekt kommen spezielle elektronische Eigenschaften von Quantenpunktmaterialien zum Einsatz für die Generierung von Frequenzkämmen, die für Anwendungen zur Detektion von Spurengasen von großem Interesse sind.	2020 - 2022
Technische Physik + externe Partner	US - German - Swiss joint project WAND (Wafer-scale Actives and Nitrides on-Demand). Die Finanzierung wird über	2020 - 2024

	eine Förderinstitution der USA erfolgen. Die Koordination erfolgt über die Purdue-University, USA. Dieses Projekt basiert auf einem Quantenpunkt-Hochleistungs-Lasermaterial, das in der Technischen Physik entwickelt wurde und das erstmals in einer neuen GaP/SiN/Si Integrationsplattform eingesetzt werden soll.	
Technische Physik + externe Partner	Verlängerungsantrag zu Q.Link.X in Vorbereitung	2021 - 2024
7 - 8 Fachgebiete + externe Partner	Antrag für einen DFG-Sonderforschungsbereich in Planung als erweiterte langfristige Weiterführung des LOEWE-SMol-Bits-Projektes zur Realisierung einer molekularen Quantencomputing-Plattform.	2024 - 2035
Technische Physik, Experimentalphysik I, Theoretische Physik II	VW-Projekt zum Einsatz zur deterministischen Erzeugung von Farbzentren für die Quanteninformation	2022 - 2025