



Interdisziplinäre Fachtagung

Fast Forward Future

1

Chancen und Herausforderungen des hybriden Quantencomputings
für eine optimierte Transformation hin zu regenerativen
Wirtschaftsmodellen und Closed Circular Loops

1. + 2.10.2024 in Tübingen, Carl Friedrich von Weizsäcker Zentrum

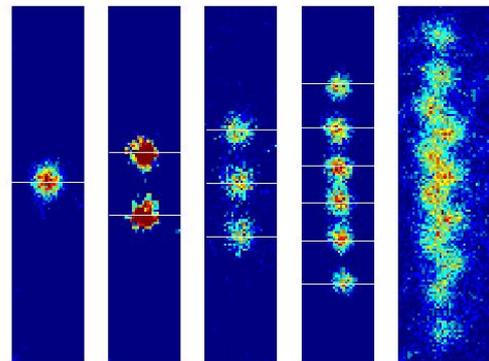
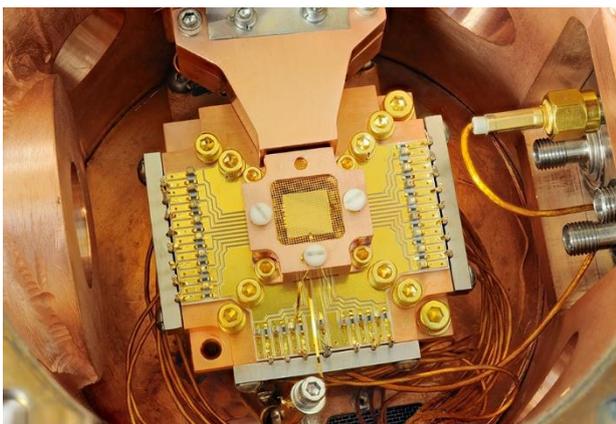


Foto1: Chipbasierte Ionenfalle für Quantencomputing; Grafik1: Magnesiumionen in einer Falle

Wir wollen mit der Fachtagung „Fast Forward Future“ die Potentiale und nachhaltigen Optionen zur Lösung von komplex-dynamische Problemstellungen durch hybrides Quantencomputing im Kontext der Transformation zur Kreislaufwirtschaft beleuchten.

Gemeinsam durchdenken wir Szenarien der zirkulären Transformation, die durch die im Entstehen begriffenen Innovationen im Quantencomputing in einem Zeithorizont von 5 Jahren wahrscheinlich gelöst werden könnten. Dabei behalten wir auch mögliche überhöhte Erwartungen oder eventuelle Risiken für die Gesellschaft im Blick.

Die Grundlage für die Diskussion sind die aktuellen Entwicklungen im Quantencomputing der neuen Generation sowie die Erfahrungen von Akteuren, die bereits KI-Lösungen für die Kreislaufwirtschaft entwickelt haben oder als Orchestratoren für die Etablierung von Kreislaufwirtschaft-Ökosystemen mit geschlossenen Stoffströmen (Closed Loops) wirken.



Zusammen wollen wir ein realistisches Bild einer potentiellen zirkulären Zukunft zeigen, die durch hybrides Quantencomputing der neuen Generation mitermöglicht wird und damit weiteren Akteuren in Deep Tech und der Kreislaufwirtschaft Inspiration bieten und Mut macht.

Interdisziplinäre Vernetzung und der offene Austausch zu Herausforderungen und gemeinsamen Chancen und Zielen stehen thematische im Mittelpunkt von „Fast Forward Future“.

Die Fachtagung strebt deshalb die Teilnahme von Akteuren aus drei Säulen an:

- Forschende und Praktiker aus dem Fachgebiet des Quantencomputing
- Start-Ups und Wissenschaftler, die bereits Machine Learning Verfahren für die Kreislaufwirtschaft entwickelt haben und an den Optionen von Quantencomputing interessiert sind
- Netzwerker:innen, die sich für die Bildung von Closed Circular Loops in einer regenerativen Ökonomie einsetzen und sich Quantencomputing als wichtiges Werkzeug für dieses Ziel vorstellen können

Die Teilnehmenden sollen in Inputs von 20 – 30 Minuten ihr aktuelles Arbeitsfeld vorstellen können, damit für alle Beteiligten ein gemeinsamer Denkraum entstehen kann.

Zur aktuellen Relevanz der Thematik:

Das Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, nukleare Sicherheit und Verbraucherschutz (BMUV) hat am 18.6.24 den Entwurf zu einer Nationalen Kreislaufwirtschaftsstrategie (NKWS) vorgelegt, der am 4. Juli mit vielen Vertretern aus Wirtschaft, Zivilgesellschaft und Wissenschaft diskutiert wurde.¹ Als Ziele der zirkulären Transformation werden die Absenkung des Primärrohstoffverbrauches, das Schließen der Stoffkreisläufe (Closed Loops), die Erhöhung der Rohstoffversorgungssicherheit und der Rohstoffsoveränität sowie die Reduktion des Abfallaufkommens genannt.²

Die Chancen für die Wettbewerbsfähigkeit Deutschlands liegen gemäß dem Entwurf zur Nationalen Kreislaufwirtschaftsstrategie in neuen Formen des Wertschöpfung, der Eröffnung neuer Geschäftsfelder und zukunftssicheren Arbeitsplätzen. Damit verbunden ist die Erwartung, „die Treibhausgasemissionen bis zum Jahr 2050 um ca. 30 bis 50 Prozent zu reduzieren“ zu können³.

Eine der wesentlichen Herausforderungen auf dem Weg zur Kreislaufwirtschaft liegt in veränderten Produktionsbedingungen, was ein Re-Design vieler betrieblicher Prozesse

¹ <https://www.bmuv.de/meldung/entwurf-der-nationalen-kreislaufwirtschaftsstrategie-vorgelegt>

² https://www.bmuv.de/fileadmin/Daten_BMU/Download_PDF/Abfallwirtschaft/nkws_entwurf_bf.pdf, S. 3 u.4

³ https://www.bmuv.de/fileadmin/Daten_BMU/Download_PDF/Abfallwirtschaft/nkws_entwurf_bf.pdf, S. 2



erforderlich macht. Da diese Prozesse in einer funktionierenden Kreislaufwirtschaft mit geschlossenen Loops zudem in vielen Dimensionen miteinander verknüpft sind, wird die zirkuläre Transformation auch im Feld der Echtzeitverarbeitung von dynamischen und volatilen Informationen neue Anforderungen mit sich bringen.

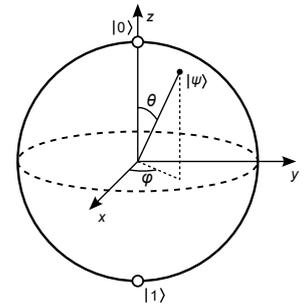
Quantencomputing bietet im Sektor der Echtzeitverarbeitung von hochdimensionalen Daten bei dynamischen und komplexen Umgebungsbedingungen viele Potentiale und denkbare Einsatzmöglichkeiten, die aber bislang noch wenig im Zusammenhang von Kreislaufwirtschaftsstrategien und Circular Economy Ecosystems durchdacht wurden.

3

Deep Tech als Treiber der Kreislaufwirtschaft

„Die Potentiale digitaler Technologien und der Künstlichen Intelligenz (KI) sollen dabei konsequent genutzt werden.“ – So sieht es der Entwurf zu einer Nationalen Kreislaufwirtschaftsstrategie (NKWS) vor. Denn: „Digitale Technologien sind ein zentraler Erfolgsfaktor für den Übergang zu einer Kreislaufwirtschaft. Sie erhöhen die Transparenz, verbessern die Steuerung und erlauben neue Formen der unternehmensübergreifenden Zusammenarbeit. Physische Stoffströme müssen in einer Kreislaufwirtschaft durch digitale Datenströme abgebildet werden.“⁴

Und genau hier könnte das moderne hybride Quantencomputing echte Mehrwerte bieten: Die Umsetzung von fortgeschrittenen Quantenalgorithmen auf den Quantencomputern der neuen Generation (wie NV-Centern oder Trapped-Ions) in Kombination mit klassischem Computing ermöglicht die Einführung von innovativen Verfahren und beschleunigten Prozessen für eine attraktive regenerative Ökonomie.



Quantencomputer auf der Basis von Stickstoff-Fehlstellen-Zentren im Diamantgitter (NV-Center) können bei Raumtemperatur benutzt werden und ihr Einsatz ist auch in mobilen Endgeräten oder in Satelliten denkbar – eine neue Vorstellung im Vergleich zu den Herausforderungen beim Einsatz der bekannten Superconductor Quantencomputer, die eine geschützte und tiefgekühlte Umgebung benötigen und nur über die Cloud zugänglich sind.

Ionenfallen-Quantencomputersystem (Trapped-Ions) bieten eine hohe Genauigkeit in der Nutzung von Qubits. Die im Dezember 23 vorgestellten Ergebnisse machen Ionenfallen-Quantencomputersystem zu einer der vielversprechendsten Architekturen für einen skalierbaren, universellen Quantencomputer.

Zudem ist Green Computing auf Quantencomputern kein Zukunftsversprechen, sondern inhärenter Bestandteil der Technologie: Da die Ergebnisse nicht berechnet, sondern nur gemessen werden, wird nur sehr wenig Energie verbraucht und keine Hitze erzeugt.

⁴ https://www.bmu.de/fileadmin/Daten_BMU/Download_PDF/Abfallwirtschaft/nkws_entwurf_bf.pdf, S. 5

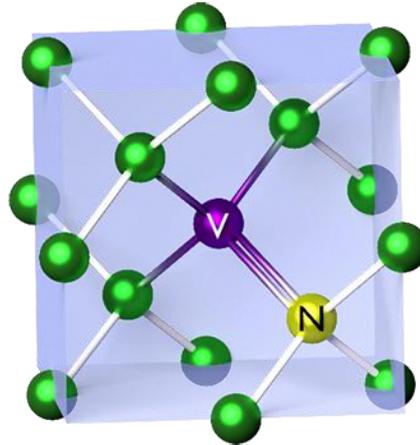


Foto2: Diamantkristall in einer Matrix

Grafik3: Vereinfachte Atomstruktur
eines Stickstoff-Fehlstellen-Zentrums im Diamantgitter (NV-Center)

Die Fachtagung „Fast Forward Future“ möchte deshalb in einer interdisziplinären Fachgruppe nachforschen:

- Welche realistischen Potentiale weist der aktuelle Stand des hybriden Quantencomputing für die Umsetzung der NKWS auf? Welche Hindernisse gibt es?
- Welche greifbaren Entwicklungen im Quantencomputing können dazu beitragen, die ehrgeizigen Ziele in der NKWS für den Zeithorizont bis 2030 zu realisieren, etwa das Recycling der strategischen Rohstoffe auf eine Quote von 25% anzuheben?
- Welche Herausforderungen oder Risiken sind zu beachten? Welche Lessons Learned zeigen sich aus den Erfahrungen im Einsatz von KI & Kreislaufwirtschaft oder dem bisherigen Bemühen zu geschlossenen Kreisläufen?

Viele Fragestellungen der Transformation hin zu Closed Circular Loops werden durch die aktuellen Entwicklungen im Quantencomputing unterstützt und versprechen die angesichts des Klimawandels dringend benötigten Skalierungseffekte bei komplexen dynamischen Problemstellungen hin zu einer regenerativen und globalen Kreislaufwirtschaft:

- Verbesserter Ressourceneinsatz in der Produktionsplanung
- Erleichterung der Handelsprozesse durch Preisvorhersagen von gebrauchten Gütern auf der Basis von tagesaktuellen Marktdaten
- Gezielte neue Materialentwicklungen für den Einsatz in der Circular Economy durch Einblicke in die zugrundeliegende molekulare Ebene von Ausgangsstoffen (z. B. für ein Optimum aus Stabilität und Gewicht)
- Paralleles Ausloten von zielführenden Verhaltensstrategien für Roboter und Co-Bots durch Quantenverstärktes Reinforcement Learning (etwa zur Demontage)
- Optimierter Einsatz von Transportmitteln für eine globale Logistik und Rückwärtslogistik, z. B. Lösung von Multiparameter-Problemen in der Seefracht



- Nachfrageprognosen, Bestandsverwaltung und Optimierung der Lieferrouten
 - Modellierung der dynamischen Systeme in den Geo- und Klimawissenschaften, um die zeitnahen Risiken in den Umweltbedingungen präziser zu bestimmen
 - Energiebedarfsprognosen und verbesserte Integration erneuerbarer Energien
- und vieles mehr.

Mit „Fast Forward Future“ wollen wir einen Denkraum für folgende Fragen eröffnen:

- Welche bereits realisierten Innovationen im hybriden Quantencomputing ermöglichen relevante Skalierungseffekte für eine Closed-Loop Circular Economy?
- Welche weiteren Chancen für eine regenerative Ökonomie lassen sich aus dem aktuellen Stand der Quantum Readiness ableiten?
- Wie könnte ein Kreislaufwirtschaft-Ökosystem der Zukunft aussehen, das regeneratives Wirtschaften für eine breite Mehrheit attraktiv macht?
- Wie können die Herausforderungen und Risiken, die sich aus den Erfahrungen im Einsatz von KI oder dem bisherigen Bemühen zu geschlossenen Kreisläufen zeigen, im Kontext von Quantencomputing besser angegangen werden?
- Was sind die bereits absehbaren Pains und Gains im praktischen Einsatz von NV-Centern und Ionenfallen-Quantencomputersystem?
- Welches Zukunftsszenario für die Kreislaufwirtschaft in Kombination von KI und Quantencomputing ist in fünf Jahren denkbar?

Die gemeinsamen Antworten sollen in einem Fachbeitrag und in Podcasts veröffentlicht werden.

Chairs: Prof. Dr. Klaus Mainzer, Prof. Dr. Reinhard Kahle, Anna Hoffmann

Bildcredits:

Foto1: Chip ion trap for quantum computing; By National Institute of Standards and Technology - Quantum Computing; Ion Trapping, Public Domain, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=51195437>

Grafik1: Magnesium ions in a trap; By National Institute of Standards and Technology - Planar Ion Trap; Magnesium Ions, Public Domain, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=51196024>

Grafik2: Bloch sphere representation of a qubit. By Smite-Meister - Own work, CC BY-SA 3.0, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=5829358>

Foto2: Diamantkristall in einer Matrix; By Unknown author / U.S. Geological Survey - USGS "Minerals in Your World", Public Domain, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=110080>

Grafik3: „Simplified atomic structure of the NV center“; By NIST - <https://www.nist.gov/programs-projects/diamond-nv-center-magnetometry>, Public Domain, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=100241886>

Logografik: Gen-AI via Adobe Firefly