

Newsletter QC26



Liebe Leserinnen und Leser,



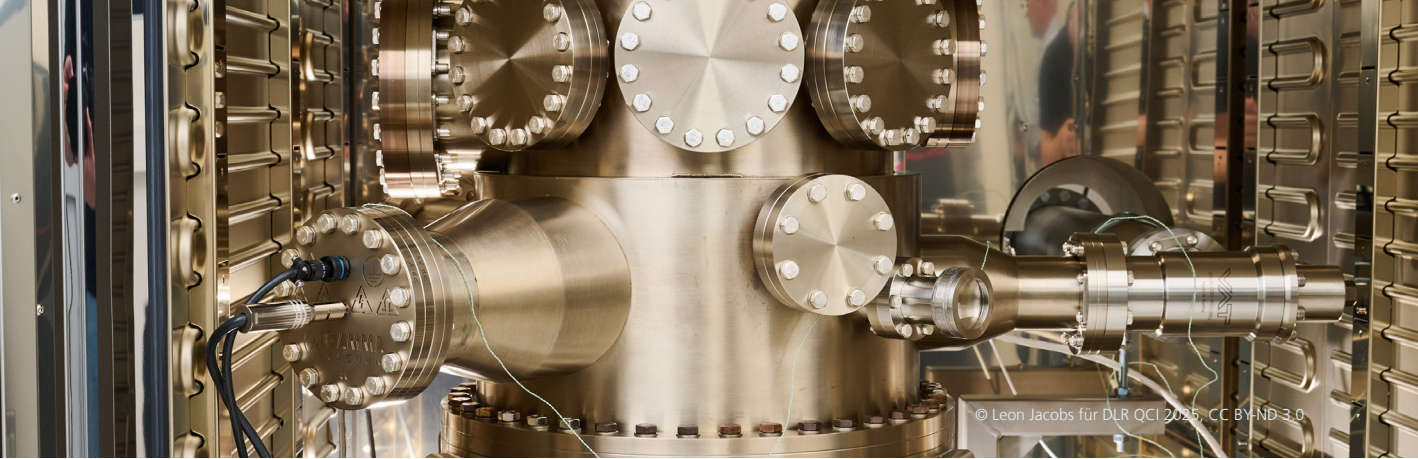
Quantencomputing in der maritimen Logistik hat sich im vergangenen Jahr am Fraunhofer CML von einem Nischenthema zu einem relevanten Forschungsgegenstand mit vielen Anwendungen entwickelt. Dies ist auch Dank der Anschubfinanzierung der Stadt Hamburg für das Projekt Quantencomputing für Schifffahrt und maritime Logistik in Hamburg (QSH) gelungen. Selbst wenn Quantencomputing immer noch ein Versprechen für die Zukunft ist, identifizieren wir schon jetzt industrielle Anwendungsfälle, die von dem neuartigen Paradigma profitieren können, und schaffen die Grundlagen für einen schnellen Umstieg auf innovative Technologien.

In diesem Newsletter stellen wir einige laufende und beginnende Projekte vor, die das Ziel haben, in Industrie und Wirtschaft Anwendung zu finden.

Ich wünsche Ihnen eine anregende Lektüre!

Ihr **Dr. Ole John, MBA**

Abteilungsleiter Schiffs- und Flottenmanagement
Fraunhofer CML



Ionenfallen-Quantencomputer im DLR QCI-Projekt Legato.

Fraunhofer CML: Teil der DLR Quantencomputing-Initiative des Deutschen Zentrums für Luft- und Raumfahrt

Für eine internationale Spitzenposition in Quantencomputing brauchen wir ein starkes Ökosystem, das den Technologietransfer zwischen Industrie und Forschung beschleunigt. Das Fraunhofer CML ist im Rahmen der [DLR Quantencomputing-Initiative \(DLR QCI\)](#) des Deutschen Zentrums für Luft- und Raumfahrt Teil der Lösung. Wir bringen in mehreren DLR QCI-Aufträgen Aufgaben wie Routenoptimierung in der Trampschifffahrt, Schleusenoptimierung sowie Herausforderungen aus dem intermodalen Verkehr und der Ampelsteuerung ein, definieren und modellieren sie und lösen sie mit neuartigen Quantenalgorithmen.

Das Fraunhofer CML wird in seinen Projekten eine direkte Lösung auf Quantenrechnern und auch eine quanten-inspirierte Methode mit Quanten-Tensornetzwerken erproben und sie miteinander vergleichen.

Kontakt

Dr.-Ing. Anisa Rizvanolli
E-Mail: anisa.rizvanolli@cml.fraunhofer.de
Tel.: +49 40 271 6461 - 1401

Hintergrund

Obwohl sich industrielle Anwendungen noch in der Entwicklungsphase befinden, deuten theoretische Fortschritte auf einen bevorstehenden Paradigmenwechsel hin, in dem Quantencomputer zu zentralen Werkzeugen für Optimierungsprobleme werden können. Technisch werden Probleme dabei häufig als quadratische unbeschränkte binäre Optimierungsprobleme (QUBO) formuliert.

Viele Probleme aus der Logistik können als QUBO beschrieben werden und hier ist ein direkter Einsatz von sogenannten Quanten-Annealern bereits heute möglich. Deutlich größere Instanzen können durch den Einsatz von quanten-inspirierten Tensornetzwerken angegangen werden. Diese Netzwerke sind eine clevere Lösung für riesige Suchräume.

Ionenfallenchip-Herstellung im DLR QCI-Reinraum.

Projektübersicht der DLR Quantencomputing-Initiative Deutschland

Um Quantencomputer schneller in die Anwendung zu bringen, entwickelt die DLR Quantencomputing-Initiative (DLR QCI) zusammen mit Industrie, Startups und Forschung Quantencomputer und passende Anwendungsfälle, ermöglicht mit Mitteln des Bundesministeriums für Forschung, Technologie und Raumfahrt (BMFTR).

Das Fraunhofer CML ist über mehrere Projekte im Bereich Optimierung mit Anwendungen in der Logistik in die DLR QCI eingebunden und bringt als Auftragnehmer seine Expertise in vier Projekten mit unterschiedlichen Schwerpunkten ein.

QCMobility | Maritimer Verkehr

Als typisches Optimierungsproblem mit großer Wirkung untersucht das Vorhaben, ob das Schleusenmanagement der Binnenschiffahrtsstraßen mithilfe von Quantencomputern optimiert werden kann. Konkreter Anwendungsfall: die Optimierung von Schleusungsvorgängen auf dem Wesel-Datteln-Kanal – nach dem Rhein die meistbefahrenste Wasserstraße Deutschlands.

QCMobility | Intermodaler Verkehr

Ziel des Vorhabens ist die Optimierung der komplexen Planungs- und Steuerungsprozesse entlang intermodaler Lieferketten und die Unterstützung der Verlagerung von Transporten von der Straße auf die umweltfreundlichere Schiene.

QuTeNet | Tensornetzwerke

Im Vorhaben QuTeNet geht es darum, hocheffiziente quanten-inspirierte Tensornetzwerk-Methoden zu implementieren, an einem realen Anwendungsproblem der maritimen Logistik zu prüfen, mit gängigen Verfahren zu vergleichen und weitere für das Verfahren prädestinierte Anwendungsfälle zu erforschen.

QI-TraSiCo

Ziel des Vorhabens ist die Entwicklung einer quanten-inspirierten Steuerung von Lichtsignalanlagen (Ampeln). Optimierungsansätze für netzweite Steuerungen von Lichtsignalanlagen sind zwar bekannt, waren jedoch bislang nicht mit hinreichender Qualität in Echtzeit ausführbar, da klassische Verkehrsrechner nur eine beschränkte Rechenleistung besitzen.



Hamburg will sich für das Quanten-Zeitalter qualifizieren.

QSH: Quantencomputing für Schifffahrt und maritime Logistik in Hamburg

In dem [Projekt QSH](#) unterstützt das Fraunhofer CML die Stadt Hamburg dabei, die Industrie für das kommende Quanten-Zeitalter zu qualifizieren. Insbesondere in den Bereichen Schifffahrt und maritime Logistik wird das Potential des Quantencomputings abgeschätzt werden, um die gewonnenen Erkenntnisse gewinnbringend einsetzen zu können.

Dafür werden Optimierungsprobleme (wie das Liegeplatzzuweisungsproblem, Cargo Routing und das maritime-inventory-routing-Problem) aus dem operativen und strategischen Betrieb identifiziert, formalisiert und hinsichtlich eines sinnvollen Einsatzes von Quantencomputing untersucht.

Wir haben insbesondere zum Thema Cargo-Routing eng mit unserem Industriepartner Harren Group zusammengearbeitet. Bei der Modellierung dieser Anwendungsfälle ist klar geworden, dass jetzige Quantencomputing-Hardware zu klein ist, um die Probleme direkt lösen zu können. Daher entwickeln wir Methoden, die das modellierte Problem in kleinere strukturierte Teilprobleme zerlegen. Durch die Dekomposition verringert sich die Problemgröße und der rechenintensive Teil des Programms kann auf Quantenrechnern gelöst werden, während klassische

Rechner den anderen Teil lösen. Für diesen Ansatz bieten sich Optimierungsprobleme an, die eine spezielle Struktur besitzen und einfach zu entkoppeln sind.

Hintergrund

In unseren Beispielen untersuchen wir die Benders-Dekomposition, die das Optimierungsproblem in ein ganzzahliges Masterproblem und kontinuierliche Subprobleme unterteilt. Mit dieser Aufspaltung lässt sich das Masterproblem geschickt in ein quadratisches unbeschränktes binäres Optimierungsproblem (QUBO) umwandeln, was sich für die Portierung auf Quantencomputer anbietet. Erste Ergebnisse zeigen, dass wir die Problemgröße mit Hilfe dieses Tricks erfolgreich reduziert haben.

Kontakt

Dr.-Ing. Anisa Rizvanolli
E-Mail: anisa.rizvanolli@cml.fraunhofer.de
Tel.: +49 40 271 6461 - 1401



© Fairplay Towage Group

Datengetriebene Planung und optimierte Disposition im Projekt Quantum Tug Scheduling (Symbolbild).

Quantum Tug Scheduling – die Bedeutung von realen Daten

Das [Projekt Quantum Tug Scheduling](#), gefördert von der Hamburgischen Investitions- und Förderbank (IFB Hamburg), startete im Sommer 2025 und adressiert die Schlepperdisposition im Hamburger Hafen. Durch ein hybrides Optimierungsverfahren, das sowohl klassische als auch Quantencomputing -Lösungsmethoden verwendet, sollen Einsatzpläne schneller und präziser erstellt werden.

Erste Schritte umfassten die Anforderungsanalyse und die Erfassung der relevanten Parameter und Zielsetzungen. Die meisten zugänglichen Daten stellen die Situation nach erfolgreicher Disposition dar, liefern aber keinen Einblick in kurzfristige Änderungen, die Tag für Tag während der Disposition vorgenommen werden, um einen sicheren und effizienten Ablauf zu gewährleisten. Mit Hilfe unseres Partners FAIRPLAY konnten die Forschern

den direkt mit den Disponenten reden, den Einsatz von Schleppern miterleben und in der Einsatzleitung über die Schultern der Experten schauen.

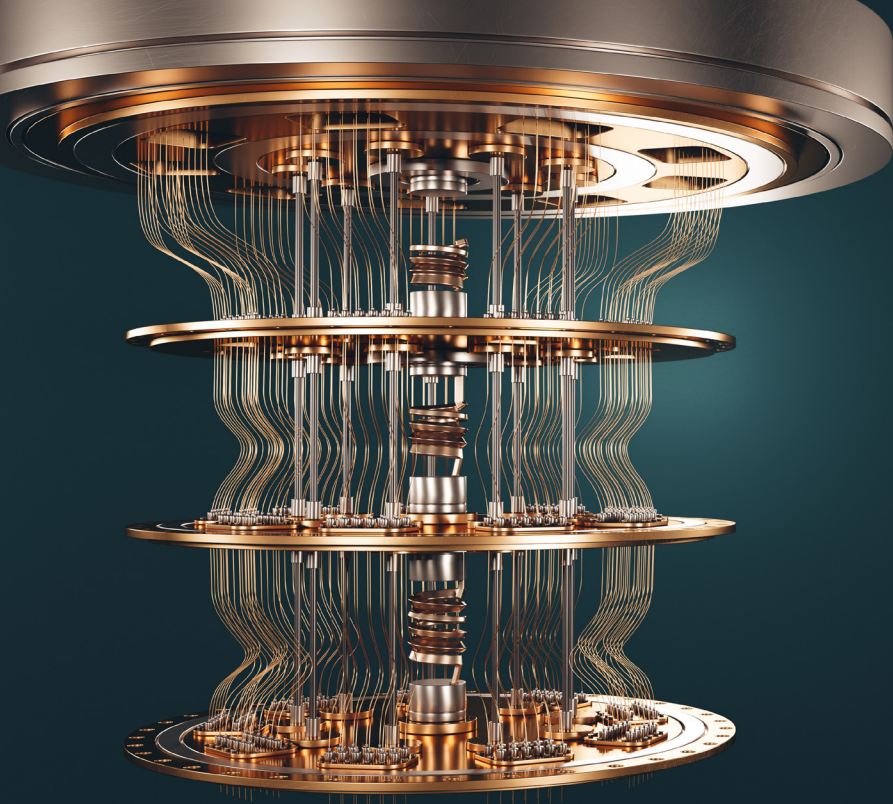
Die Wissenschaftler und Wissenschaftlerinnen des Fraunhofer CML analysieren all diese Beobachtungen, um das Problem optimal zu modellieren, passende Algorithmen zu entwickeln und so zu einer tragfähigen Lösung für unsere Industriepartner FAIRPLAY und soft-park zu kommen.

Kontakt

M. Sc. Joshua Dibbern

E-Mail: joshua.dibbern@cml.fraunhofer.de

Tel.: +49 40 271 6461 - 1417



© Bartłomiej K. Wroblewski/shutterstock.com

2025 startete der europaweite Aufbau des QEC4QEA-Exzellenzzentrums (Symbolbild).

Quantencomputing@CML goes Europe: Ausblick auf unser Quantenexzellenzcenter

Im Dezember 2025 startete das europäische Projekt QEC4QEA, das ein Exzellenzcenter für Quantencomputing-Anwendungen in Europa aufbaut. Das Projekt zielt darauf ab, verschiedene infrastrukturelle Lücken des Quantencomputings (QC), wie der gestiegene Bedarf an Standard-Tools, spezialisierten Schulungen und weitreichenden Industriekooperationen, zu schließen. Hierfür wird eine einheitliche Plattform errichtet, um die Entwicklung und Integration von quantengestützten Anwendungen in verschiedenen wissenschaftlichen und industriellen Bereichen zu beschleunigen. Darüber hinaus werden Anwendungsbibliotheken für verschiedene Industriesparten aufgebaut.

Das Fraunhofer CML wird reale industrielle Anwendungsfälle aus der maritimen Logistik mit QC-Methoden modellieren und implementieren. Dabei werden drei Probleme – das Liegeplatzzuweisungsproblem, das maritime -inventory-routing-Problem und das vehicle-job-routing-Problem – analysiert.

Kontakt

Dr. rer. nat. Valeria Bartsch

E-Mail: valeria.bartsch@cml.fraunhofer.de

Tel.: +49 40 271 6461 - 1465

Spotlight auf unsere Publikationen

Lösungsansätze des maritime-inventory-routing-Problems im Vergleich

Das maritime-inventory-routing-Problem ist eine Optimierungsaufgabe, die darauf abzielt, die Effizienz der Verteilung von Massengütern auf dem Seeweg zu steigern. Es kombiniert die Routenplanung einer Flotte heterogener Schiffe zwischen kapazitätsbegrenzten Liefer- und Nachfragehäfen mit der Bestandsverwaltung in den beteiligten Einrichtungen. In der [Publikation](#) zeigen wir die Fähigkeiten und Grenzen aktueller Quantenrechner anhand dieses Problems und vergleichen die Rechenleistung eines quanten-klassischen Hybrid-Lösers anhand unseres Modells mit den Ergebnissen, die mit einer klassischen Lösungsmethode erzielt wurden.

Ein quanten-inspirierter Ansatz für die Routenplanung von Massengutfrachtern mit Zeitfenstern

In diesem [Konferenzbeitrag](#) untersuchen wir das Routing-Problem für Massengutfrachter, bei dem der Kraftstoffverbrauch nichtlinear von der Schiffsgeschwindigkeit abhängt und das Routing strenge Zeitfenster einhalten muss. Das primäre Ziel besteht darin zu zeigen, wie solche Probleme aus der maritimen Praxis mit Quantentechnologie modelliert und angegangen werden können, um sowohl den Weg für die praktische Anwendung aufzuzeigen als auch das derzeitige Potenzial zu untersuchen.

Effiziente Datenkodierung für Simulationen auf Quantencomputern

Gemeinsam mit internationalen Partnern arbeiten wir daran, Quantencomputer für realistische Simulationen nutzbar zu machen. Dabei ist es wichtig, Informationen so zu speichern, dass möglichst wenig Rechenleistung benötigt wird. Ein Ansatz ist, die natürlichen Symmetrien der simulierten Systeme auszunutzen. In unserer [Arbeit](#) verwenden wir eine zufallsbasierte lineare Kodierung, mit der sich die wichtigsten Eigenschaften eines Systems mit weniger Qubits auf einem Quantencomputer abbilden lassen. Dadurch werden Simulationen effizienter. Unsere Ergebnisse zeigen, dass solche realistischen Simulationen grundsätzlich möglich sind.

Sommerschule zu quanten-maschinellern Lernen

Zusammen mit den Instituten des Deutschen Forschungszentrums für Künstliche Intelligenz in Kaiserslautern und Bremen plant das Fraunhofer CML eine Sommerschule vom 16. bis 21.08.2026 in Bad Honnef, die von der Deutschen Physikalischen Gesellschaft (DPG) gefördert wird. Eine Anmeldung ist unter diesem Link möglich: [Quantum Machine Learning — DPG](#)



Fraunhofer-Center für Maritime Logistik
und Dienstleistungen CML

Blohmstraße 32 · 21079 Hamburg · www.cml.fraunhofer.de
Tel.: +49 40 2716461-1260 · E-Mail: pr@cml.fraunhofer.de

