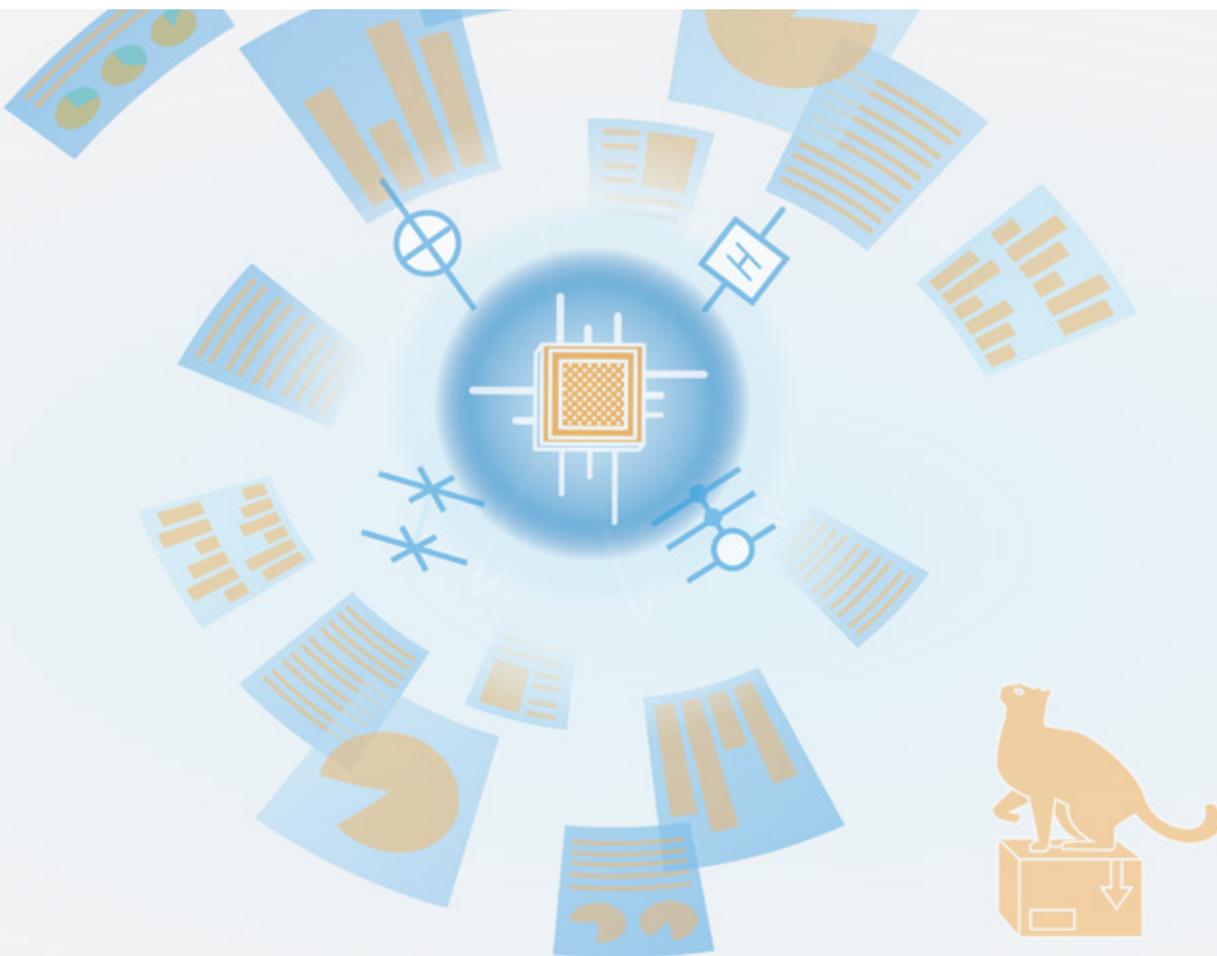


INNOVATION UPDATE

REVOLUTION QUANTENCOMPUTING?
PERSPEKTIVEN, CHANCEN UND RISIKEN FÜR
DEN WIRTSCHAFTSSTANDORT DEUTSCHLAND



Liebe Leserin, lieber Leser,

Computer und Smartphones beeinflussen unser tägliches Leben wohl mehr als jede andere Technologie. Trotz dieser beeindruckenden Entwicklung stoßen bei vielen Problemen unserer Zeit selbst leistungsfähige Supercomputer an ihre Grenzen – beispielsweise, wenn es um optimierte Verkehrsströme, maßgeschneiderte neue Medikamente oder hochleistungsfähige Batterien geht. Quantencomputer versprechen hier revolutionäre Fortschritte dank einer grundlegend neuen Funktionsweise.

Steigende Investitionen insbesondere amerikanischer Tech-Giganten haben in den letzten Jahren sowohl für technologischen Fortschritt als auch für wachsendes politisches und mediales Interesse am Thema Quantencomputing gesorgt. Weltweit steigt die Anzahl nationaler Forschungsinitiativen, mit denen sich Staaten in diesem neuen Technologiefeld positionieren wollen. Auch Deutschland investiert im Rahmen des Programms „Quantentechnologien – von den Grundlagen zum Markt“ 650 Millionen Euro in Forschung und Entwicklung von Quantentechnologien.

Wir, das VDI Technologiezentrum, verfügen als Projektträger des Bundesministeriums für Bildung und Forschung (BMBF) im Bereich Quantentechnologien über weitreichende technologische Expertise und bieten Kontakt zu allen wichtigen Stakeholdern in Wirtschaft, Politik und Forschung.

In unserem aktuellen Innovation Update werfen wir einen Blick auf die Grundprinzipien des Quantencomputing, den aktuellen Stand der Technik und mögliche Anwendungsfelder.

Viel Vergnügen beim Lesen wünscht



Sascha Hermann

Geschäftsführer
VDI Technologiezentrum GmbH

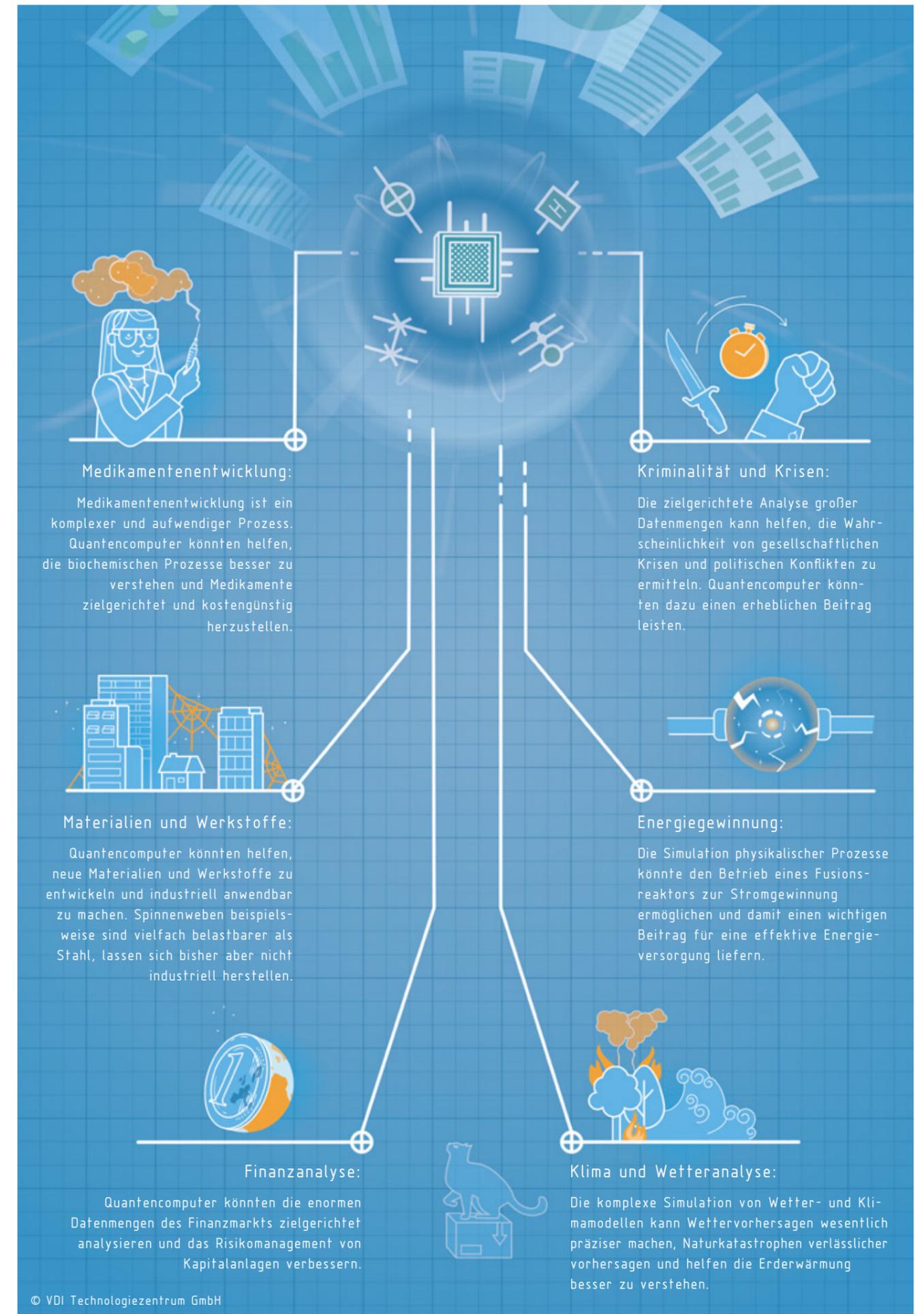
Das Rennen um den Computer der Zukunft

Optimierungsaufgaben mit vielen Variablen oder die Analyse komplexer Prozesse überschreiten die Kapazität jedes Supercomputers. Ein Beispiel: Stickstofffixierung, die Umwandlung elementaren Stickstoffs, ist als wichtiger Bestandteil der Düngemittelproduktion für die Welternährung unerlässlich. In der Industrie funktioniert der Prozess nur bei hohem Druck und hohen Temperaturen und macht etwa ein Prozent des jährlichen weltweiten Energieverbrauchs aus. Die Natur dagegen schafft Stickstofffixierung unter Umgebungsbedingungen. Wir würden gerne verstehen, wie das funktioniert, doch bei der Analyse dieses Prozesses stoßen heutige Computer an ihre Grenzen.

Der revolutionäre Ansatz von Quantencomputern eröffnet neue Wege bei der Entwicklung von Prozessen und Materialien, aber auch bei der Analyse von Finanzmärkten oder der Optimierung von Verkehrsflüssen. Grundlage dafür sind Quantenbits (Qubits), die kleinste Recheneinheit eines Quantencomputers. Im Gegensatz zu den Bits eines herkömmlichen Computers, die nur in den Zuständen 1 und 0 existieren, kann ein Quantenbit beliebig viele Überlagerungen aus 1 und 0 einnehmen. Zudem lassen sich Qubits untereinander „verschränken“. Das heißt, sie können einen gemeinsamen Gesamtzustand einnehmen. Diese Eigenschaften machen Quantencomputer zu einem parallelen Analogrechner, der für die genannten Aufgaben prädestiniert ist.

Quantencomputer zu entwickeln, ist eine enorme technologische Herausforderung. Ein robuster Quantencomputer erfordert eine ständige Fehlerkorrektur der empfindlichen Qubits, was über den heutigen Stand der Technik hinausgeht. Aktuell gibt es mehrere konkurrierende technologische Ansätze, beispielsweise aus supraleitenden Schaltkreisen, Ionenfallen oder Halbleitern. International führend in der Entwicklung sind amerikanische Tech-Konzerne wie Google oder IBM. Kürzlich demonstrierte Google anhand einer eigens dafür kreierten Aufgabe erstmals die Überlegenheit eines kleinen Quantencomputers.

Die Entwicklung eines Quantencomputers mit umfassender Praxisrelevanz wird noch weit über zehn Jahre dauern und erfordert kontinuierliche, ergebnisoffene Forschung. Deutschland hat in diesem Wettbewerb trotz fehlender Tech-Konzerne eine gute Ausgangsposition. Eine starke Grundlagenforschung, mittelständische Zuliefererfirmen und potenzielle Anwender sind hier angesiedelt. Ein stabiles Netzwerk aus Wirtschaft, Wissenschaft und öffentlicher Hand, bietet die Chance, eine Schlüsselrolle in diesem zukunftsweisenden Technologiefeld einzunehmen.



Nachhaltiges Wachstum in einem fokussierten Markt

Fragen an Dr. Michael Marthaler

Geht es um Quantencomputing, spricht man meist von Hardware. Stabile Hochleistungsprozessoren sind die Voraussetzung für funktionsfähige Quantenrechner. Doch auch das Thema Software spielt eine wichtige Rolle. Schon jetzt werden Algorithmen entwickelt, die auf Quantencomputern laufen können. Außerdem lassen sich Quantencomputer bis zu einer gewissen Größe auf klassischen Rechnern simulieren, was den Vergleich unterschiedlicher technischer Ansätze erleichtert. Dr. Michael Marthaler studierte, forschte und lehrte am Karlsruher Institut für Technologie (KIT) und leitete eine Forschungsgruppe zu Quantensimulation, Quanten-Metamaterialien und Quantensystemen. 2018 gründete er das Unternehmen HQS Quantum Simulations. Das Start-up entwickelt Quanten-Algorithmen für verschiedene Anwendungsfelder und berät Unternehmen dabei, sich auf die Zeit der Quantencomputer vorzubereiten.

Was fasziniert Sie persönlich am Quantencomputing und in welchen Bereichen erwarten Sie in absehbarer Zeit einen Durchbruch?

Mich hat schon früh die Frage beschäftigt, wie die nächste Generation von Computern aussehen wird. Es fasziniert mich, Rechner zu bauen, die eines Tages Aufgaben knacken, die heute noch unlösbar erscheinen. Durchbrüche erwarte ich in den nächsten zwanzig Jahren vor allem in der Simulation. Das wiederum wird alle ingenieurstechnischen Bereiche betreffen, aber auch Felder wie Pharmazie oder Chemie. Langfristig gesehen, wird auch künstliche Intelligenz ein großes Thema im Zusammenhang mit Quantencomputing sein.

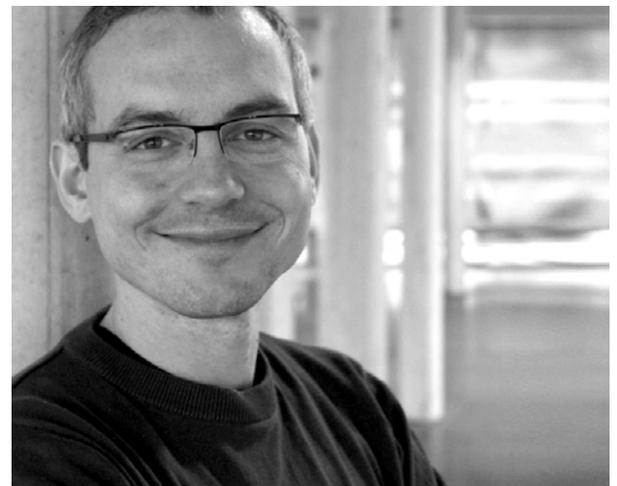
Wie können deutsche Start-ups am internationalen Markt bestehen – vor allem im Vergleich zu den USA, wo meist deutlich mehr Geld fließt?

In Deutschland und Europa ist ein langsames Wachstum üblich als in den USA, wo es immer schnell um enorme Geldsummen geht. Gerade bei einem Thema wie Quantencomputing, das über Nischenthemen in den Markt kommen wird und bei dessen Entwicklung so viele Fragen offen sind, halte ich unsere „deutsche“ Art von Entwicklung für nachhaltiger und somit sinnvoll.

Mein Ansatz ist daher, mich auf einen überschaubaren aber rentablen Markt zu fokussieren und zu spezialisieren.

Was läuft aus Ihrer Sicht am Forschungs- und Wirtschaftsstandort Deutschland gut, was könnte besser sein?

Ein großer Vorteil ist hier das sehr starke Netzwerk und insbesondere die Existenz einer großen, aktiven und sehr innovativen Industrie. Auch die themenspezifische Forschungsförderung funktioniert prima. Insgesamt haben wir ein gutes Umfeld für Gründer und für bestehende Unternehmen, die sich weiterentwickeln wollen. Im Bereich Quantencomputing würde ich mir konkret wünschen, dass neben der Hardware- auch die Softwareentwicklung stärker in den Blick genommen wird. Gemessen an der Wichtigkeit sind die Investitionen in diesem Feld noch zu gering – gerade im Vergleich zum außereuropäischen Ausland. Hier könnte Deutschland sich als Standort stärker etablieren.



Dr. Michael Marthaler
CEO und Co-Founder von HQS Quantum Simulations. Das Start-up entwickelt Quanten-Algorithmen für verschiedene Anwendungsfelder und berät Unternehmen dabei, sich auf die Zeit der Quantencomputer vorzubereiten.

Ihre Ansprechpersonen:

Dr. Arne Hollmann
Technologieberatung
Quantentechnologien
E-Mail: hollmann@vdi.de

Ann-Kristin Rink
Fachkommunikation
Quantentechnologien
E-Mail: rink@vdi.de

Dr. Bastian Hiltcher
Fachkoordination
Quantentechnologien
E-Mail: hiltcher@vdi.de

VDI Technologiezentrum GmbH
VDI-Platz 1, 40468 Düsseldorf
www.vditz.de
@technikzukunft