



QUANTENCOMPUTING

ZUKUNFTSTECHNOLOGIE MIT EINZIGARTIGEN INDUSTRIEPOTENZIALEN

02.05.2022 | STRUKTURWANDELKONFERENZ | RHEIN-KREIS NEUSS

DR. DANIEL ZEUCH (FORSCHUNGSZENTRUM JÜLICH)

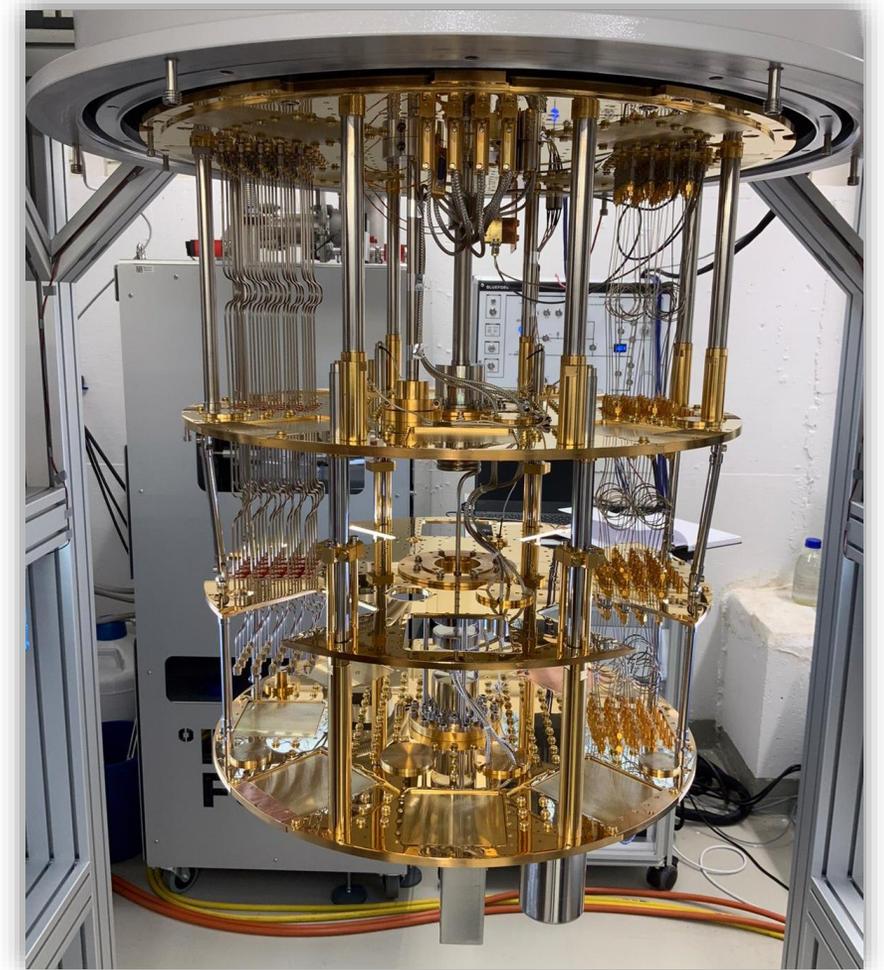
INHALT

1. Quantentechnologien

2. Quantencomputing

2.1 Grundidee

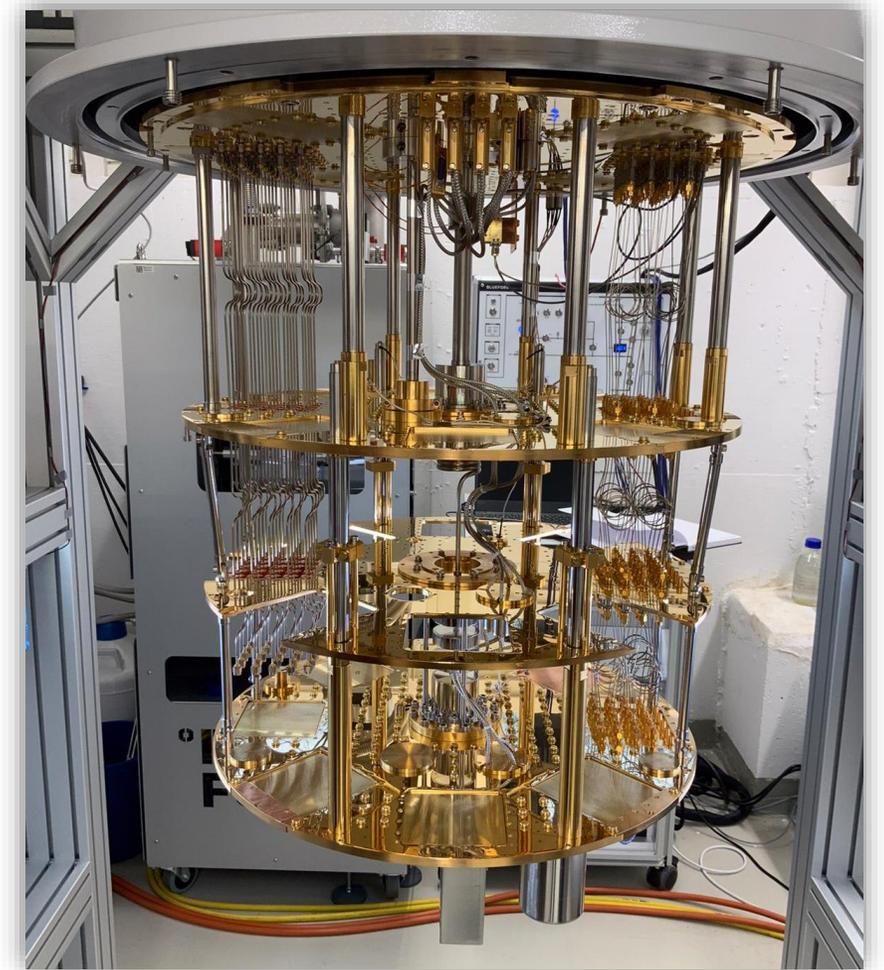
2.2 Nutzung und Entwicklung



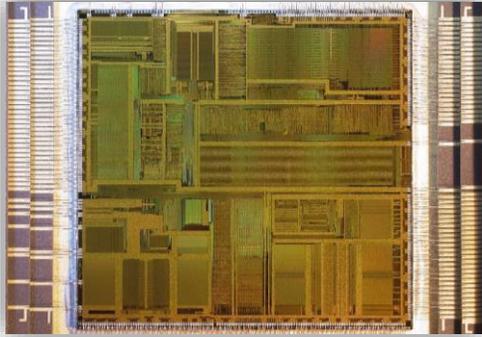
INHALT

- **1. Quantentechnologien**

- 2. Quantencomputing**
 - 2.1 Grundidee
 - 2.2 Nutzung und Entwicklung



QUANTENTECHNOLOGIEN



Klassische CMOS CPU
(Central Processing Unit)



Klassischer Supercomputer
(am Forschungszentrum Jülich)

**Erste Quanten-
revolution
(20. Jahrhundert)**

Quanten-Gruppen-
Effekte

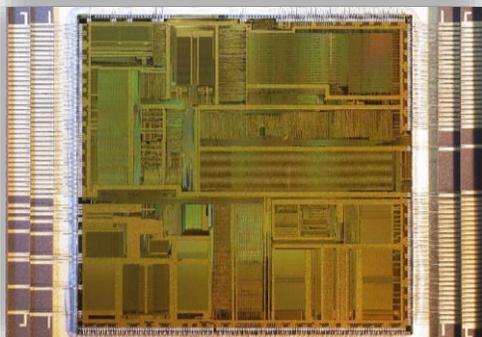
Technologien:

Laser, MRT,
klassischer Computer

**Zweite Quanten-
revolution
(21. Jahrhundert)**

Manipulation einzelner
Quanten

QUANTENTECHNOLOGIEN



Klassische CMOS CPU
(Central Processing Unit)



Klassischer Supercomputer
(am Forschungszentrum Jülich)

**Erste Quanten-
revolution
(20. Jahrhundert)**

Quanten-Gruppen-
Effekte

Technologien:

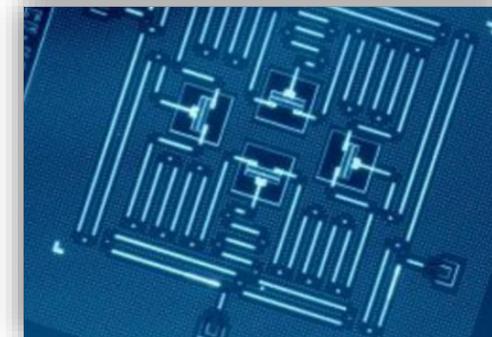
Laser, MRT,
klassischer Computer

**Zweite Quanten-
revolution
(21. Jahrhundert)**

Manipulation einzelner
Quanten

Technologien:

Quantensensoren,
Quanten-
kommunikation,
Quantencomputer

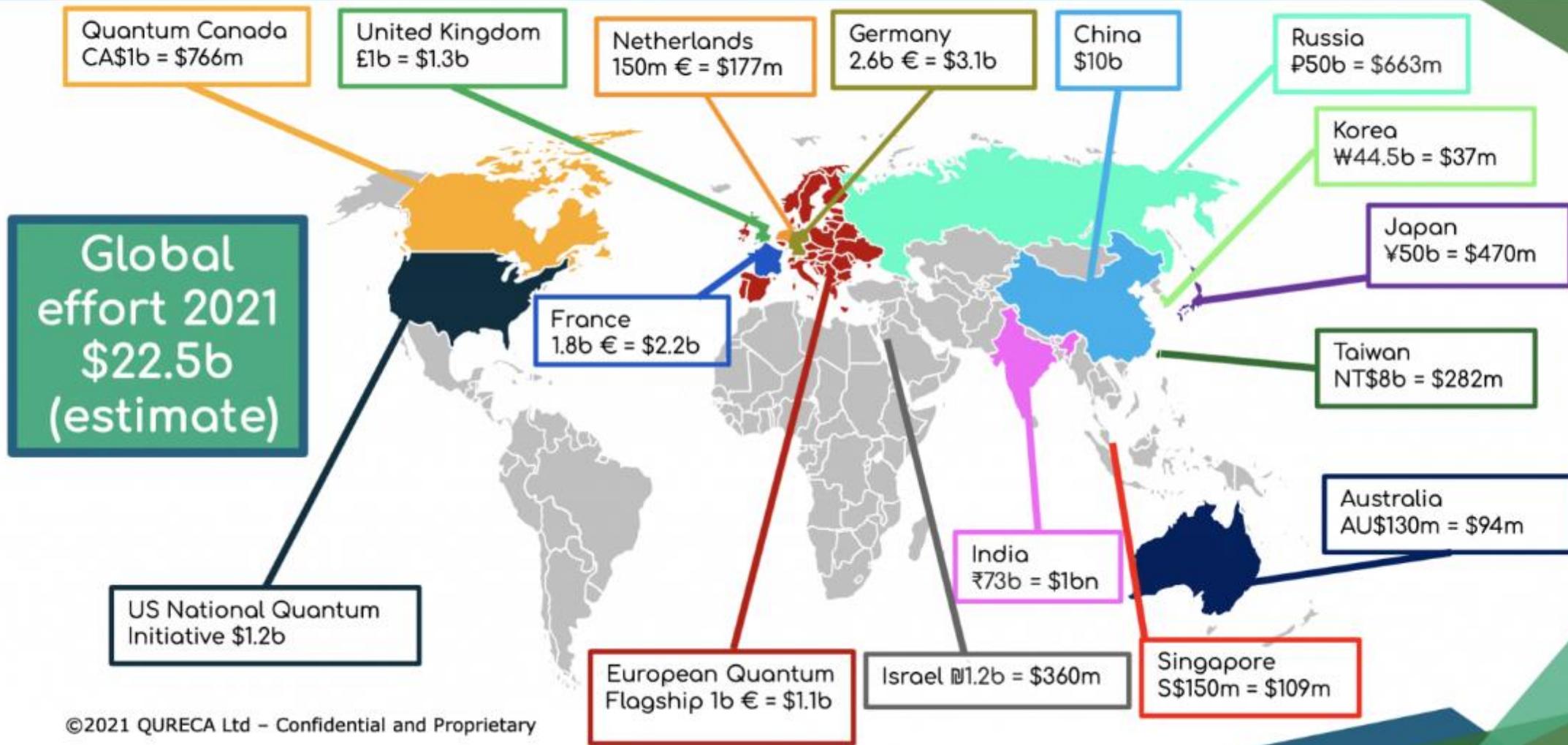


Supraleitende QPU
(Quantum Processing Unit)



Quantencomputer-Kryostat

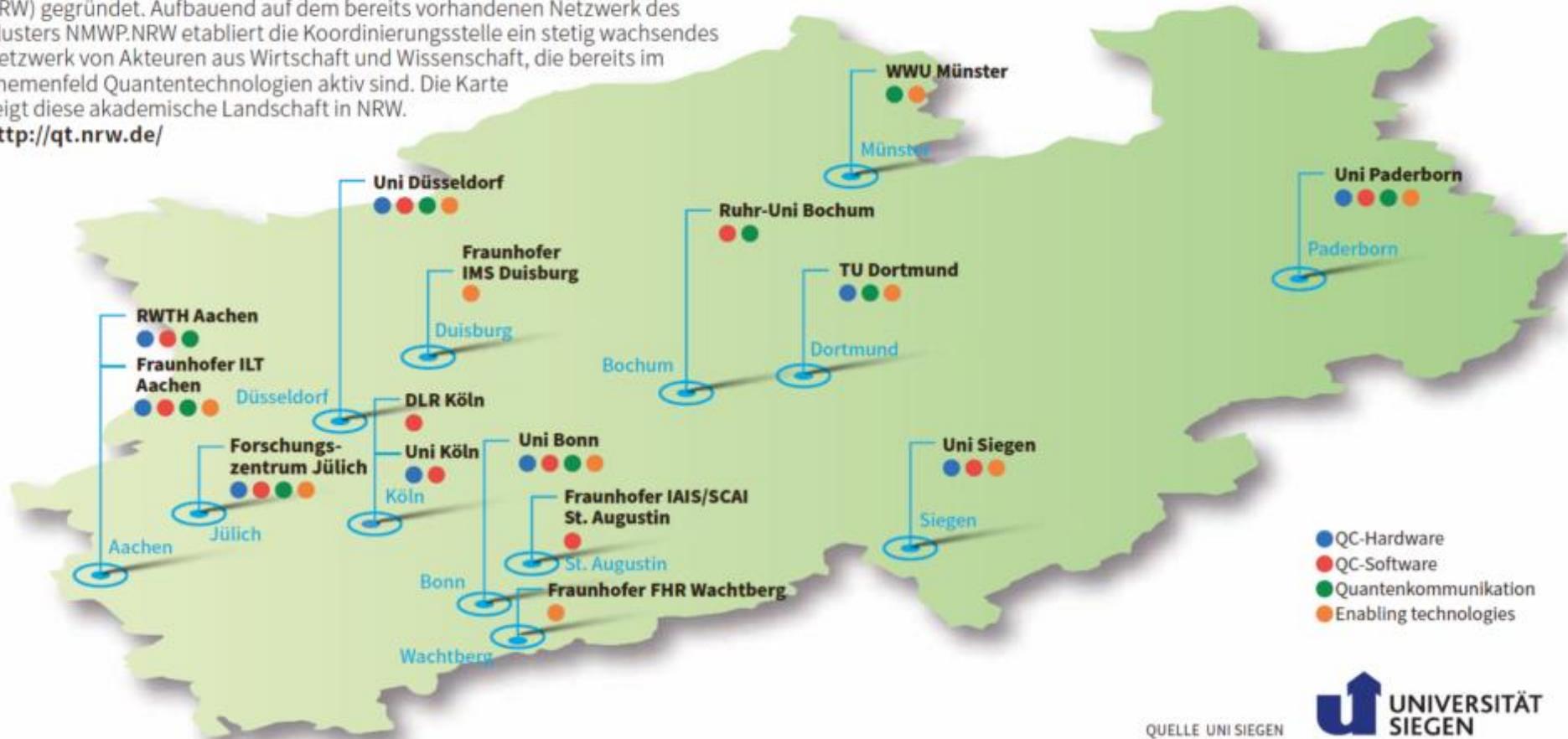
Quantum effort worldwide



QUANTENTECHNOLOGIEN IN NRW

Um Quantentechnologien in NRW möglichst zügig und umfassend zur wirtschaftlichen Wertschöpfung zu führen, wurde im März 2019 die landesweite Koordinierungsstelle für Quantentechnologien in NRW (QT.NMWP.NRW) gegründet. Aufbauend auf dem bereits vorhandenen Netzwerk des Clusters NMWP.NRW etabliert die Koordinierungsstelle ein stetig wachsendes Netzwerk von Akteuren aus Wirtschaft und Wissenschaft, die bereits im Themenfeld Quantentechnologien aktiv sind. Die Karte zeigt diese akademische Landschaft in NRW.

<http://qt.nrw.de/>



Zgh. Artikel erschien in *Frankfurter Allgemeine Sonntagszeitung* und *Welt am Sonntag* [30.1.2022]

<https://www.uni-siegen.de/start/news/oeffentlichkeit/965755.html>

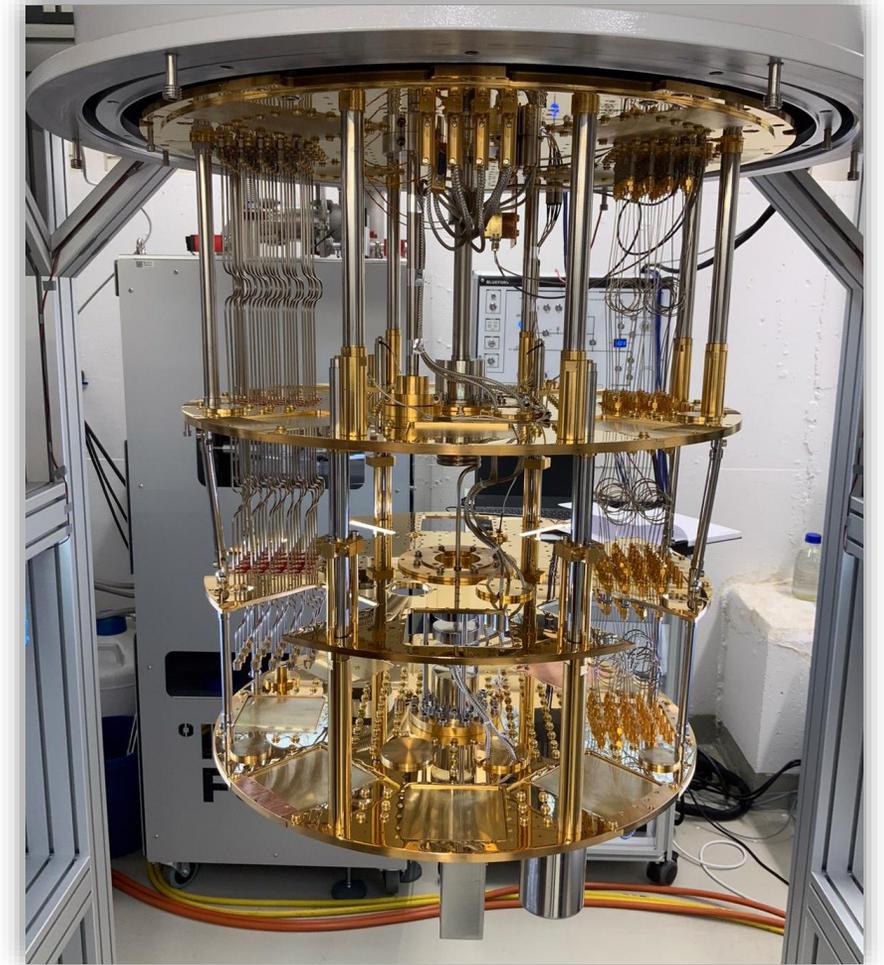
INHALT

1. Quantentechnologien

➤ 2. Quantencomputing

➤ 2.1 Grundidee

2.2 Nutzung und Entwicklung

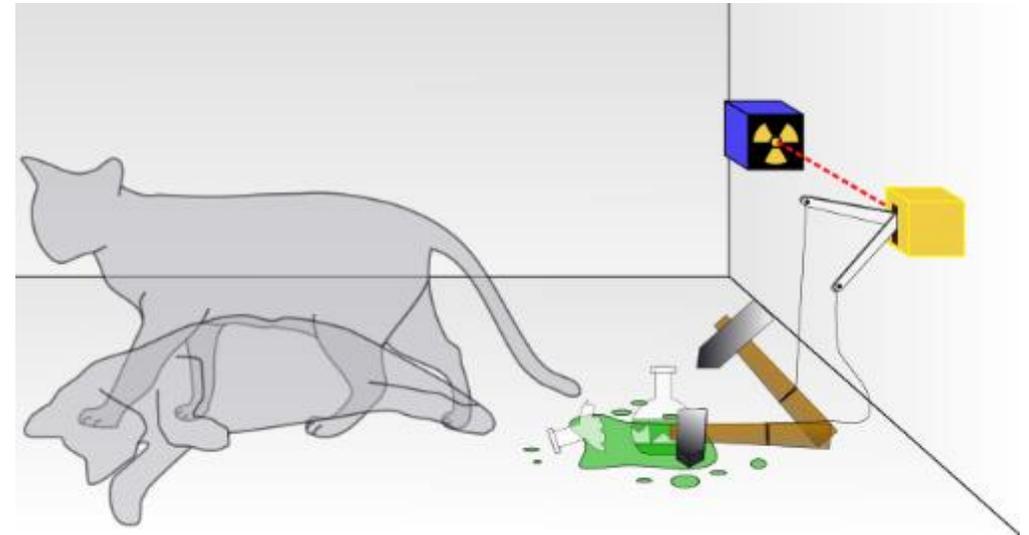


WAS IST NEU AN QUANTENCOMPUTING?

Basis: Quanten-Superposition bei kleinster Recheneinheit, dem Quanten-Bit (*Qubit!*)

| Bit | Qubit |
|---|---|
| 0 oder 1 | 0 und 1 „gleichzeitig“ |
|  0 |  0 |
|  1 |  1 |

- Gedankenexperiment: Schrödingers Katze



Vorteil: Der Quantencomputer kann mehrere Problemlösungen **gleichzeitig** betrachten

ANWENDUNGEN: RECHENINTENSIVE PROBLEMSTELLUNGEN



Wetter und Klima



Chemie



Verkehr / Logistik



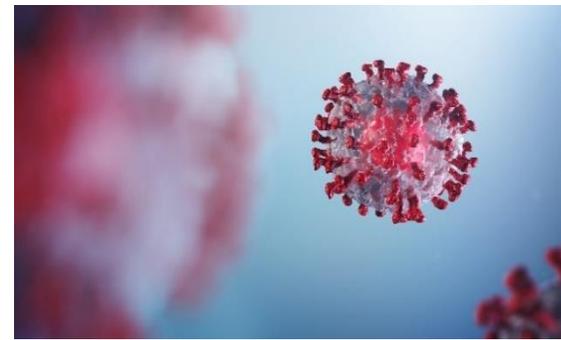
Energie



Medizin



Finanzen



Pharmazie



Datensicherheit

INHALT

1. Quantentechnologien

➤ 2. Quantencomputing

2.1 Grundidee

➤ 2.2 Nutzung und Entwicklung



ENERGIE: BATTERIEN-ENTWICKLUNG

Simulation von Quantensystemen – exponentieller Gewinn an Rechenleistung



Energie

Qubit

ENERGIE: BATTERIEN-ENTWICKLUNG

Simulation von Quantensystemen – exponentieller Gewinn an Rechenleistung

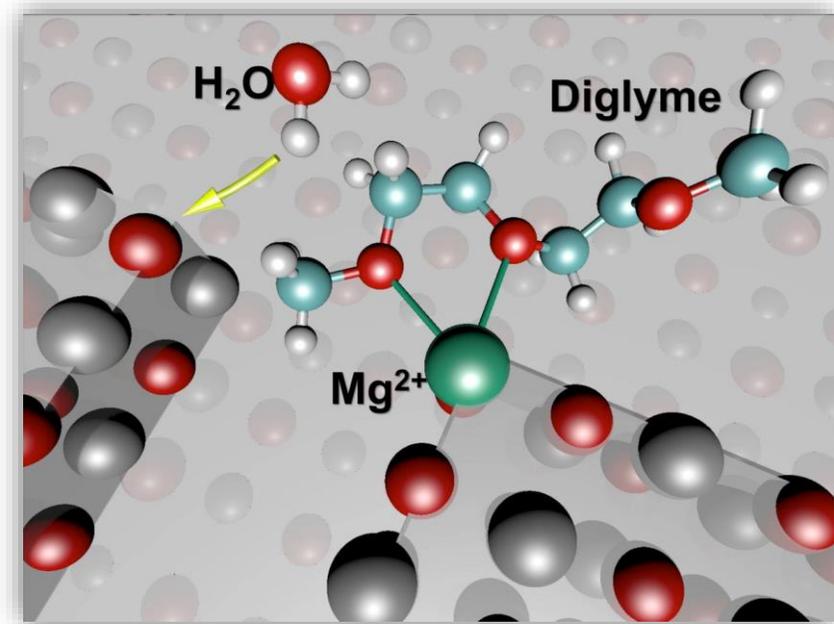
- Bessere Batterien durch Modellierung komplexer Verbindungen



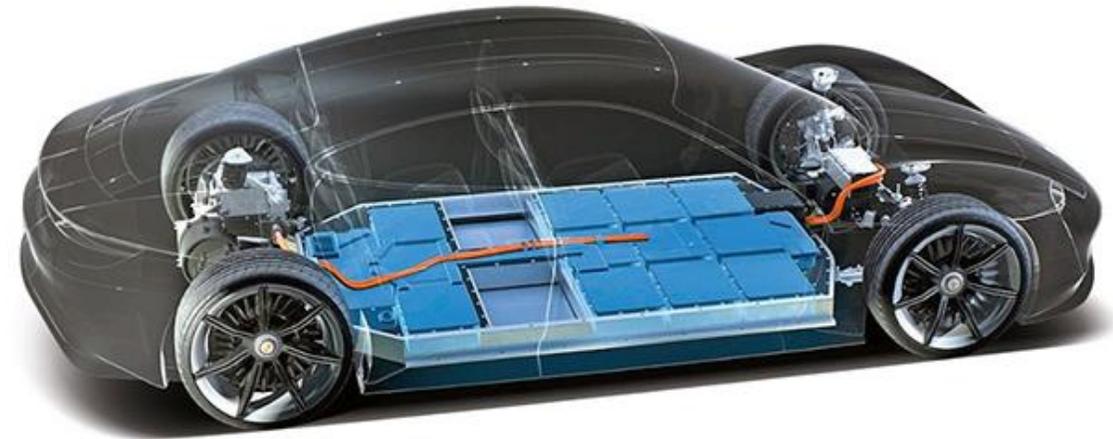
Energie



Qubit



<https://newscenter.lbl.gov/wp-content/uploads/sites/2/2017/10/initial-state-crop.jpg>



<https://www.esticastresearch.com/report/electric-vehicle-battery-market/>

MEDIKAMENTE UND IMPFSTOFFE

Simulation von Quantensystemen – exponentieller Gewinn an Rechenleistung

- Verbesserungen durch Modellierung komplexer Moleküle
 - z.B. Vorhersage von Protein-Faltung



<https://www.nature.com/articles/d41586-019-01357-6/>



Pharmazie

Qubit



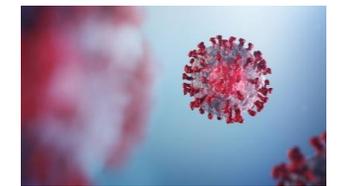
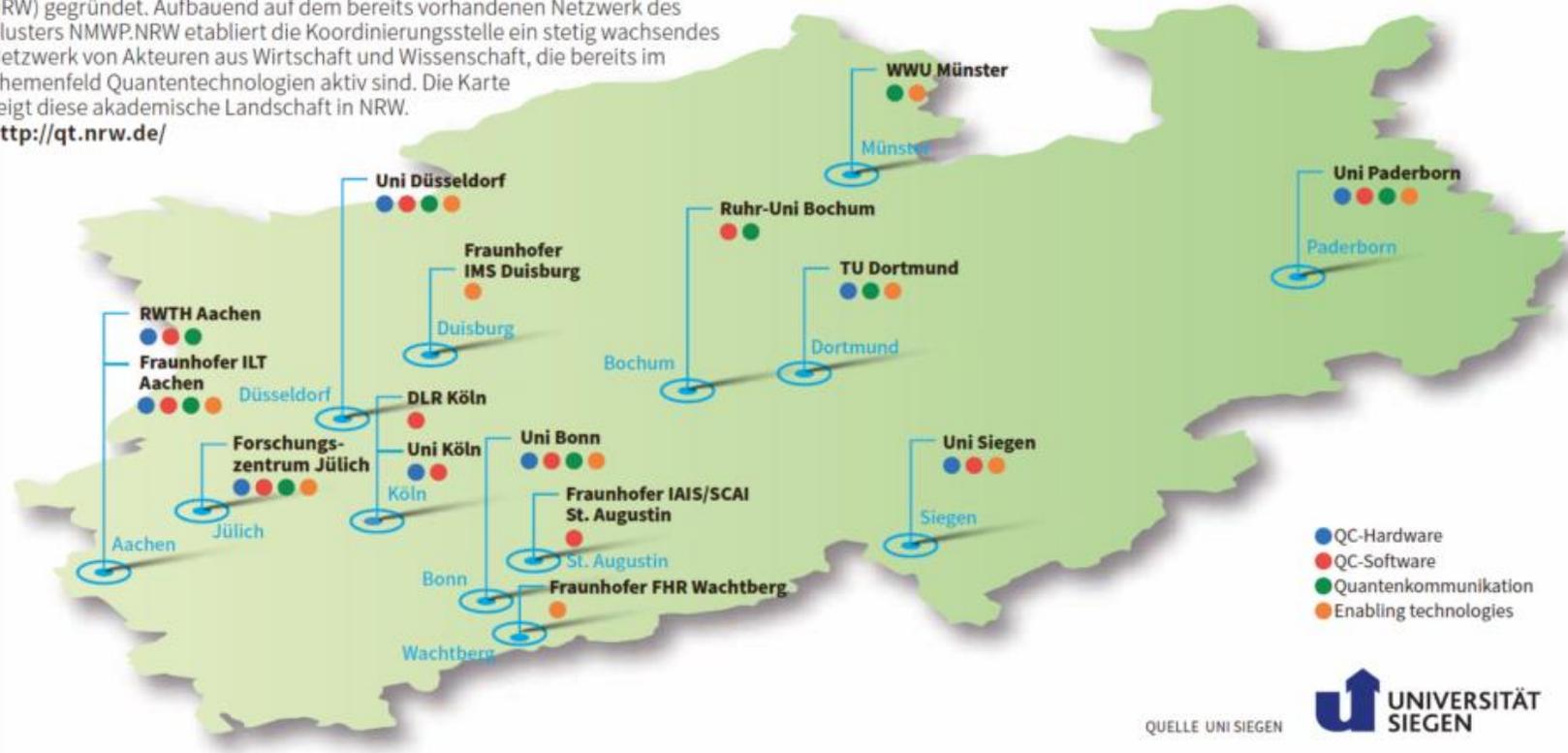
WIRTSCHAFTLICHER MEHRWERT IN VIELEN BEREICHEN



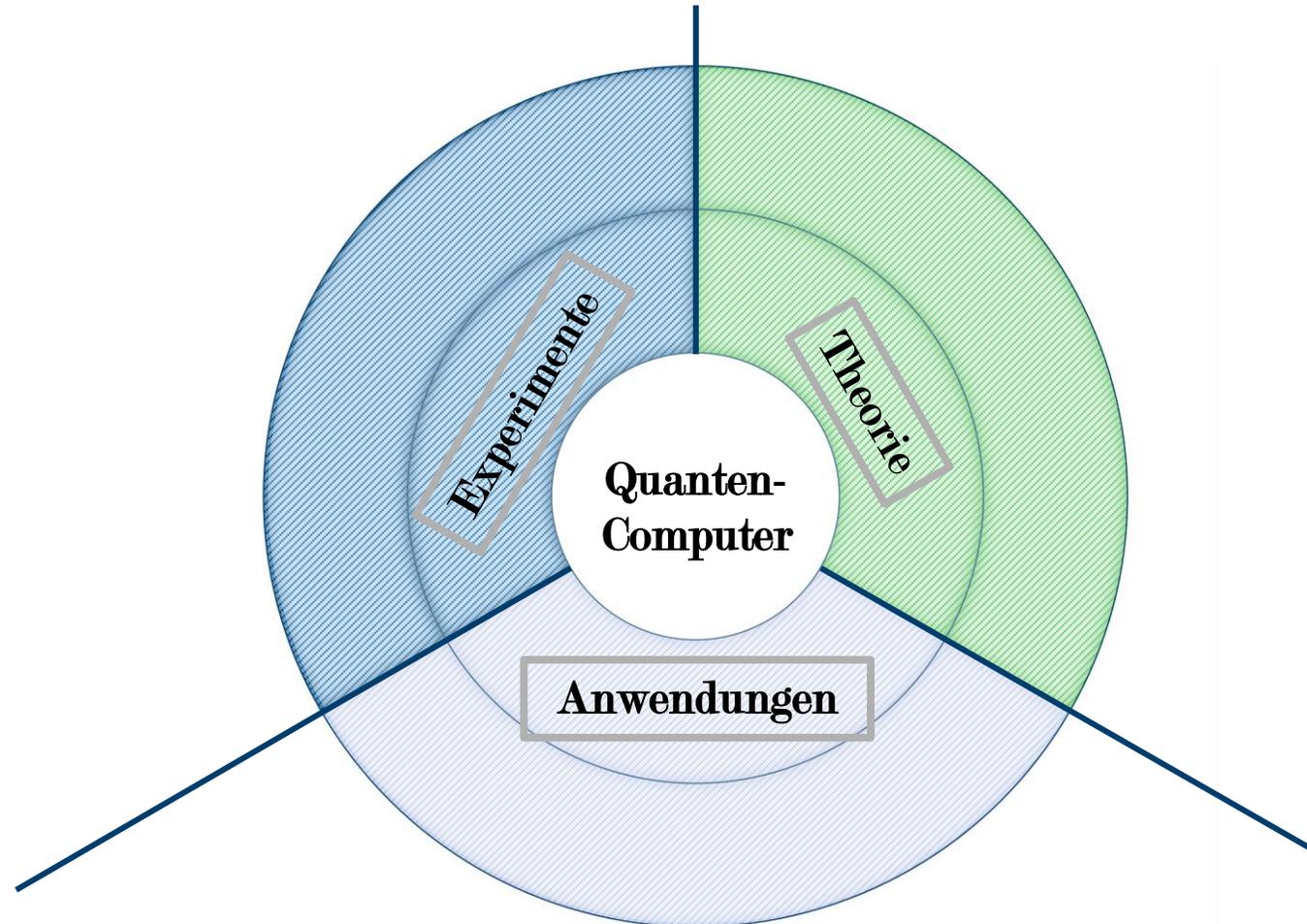
QUANTENTECHNOLOGIEN IN NRW

Um Quantentechnologien in NRW möglichst zügig und umfassend zur wirtschaftlichen Wertschöpfung zu führen, wurde im März 2019 die landesweite Koordinierungsstelle für Quantentechnologien in NRW (QT.NMWP.NRW) gegründet. Aufbauend auf dem bereits vorhandenen Netzwerk des Clusters NMWP.NRW etabliert die Koordinierungsstelle ein stetig wachsendes Netzwerk von Akteuren aus Wirtschaft und Wissenschaft, die bereits im Themenfeld Quantentechnologien aktiv sind. Die Karte zeigt diese akademische Landschaft in NRW.

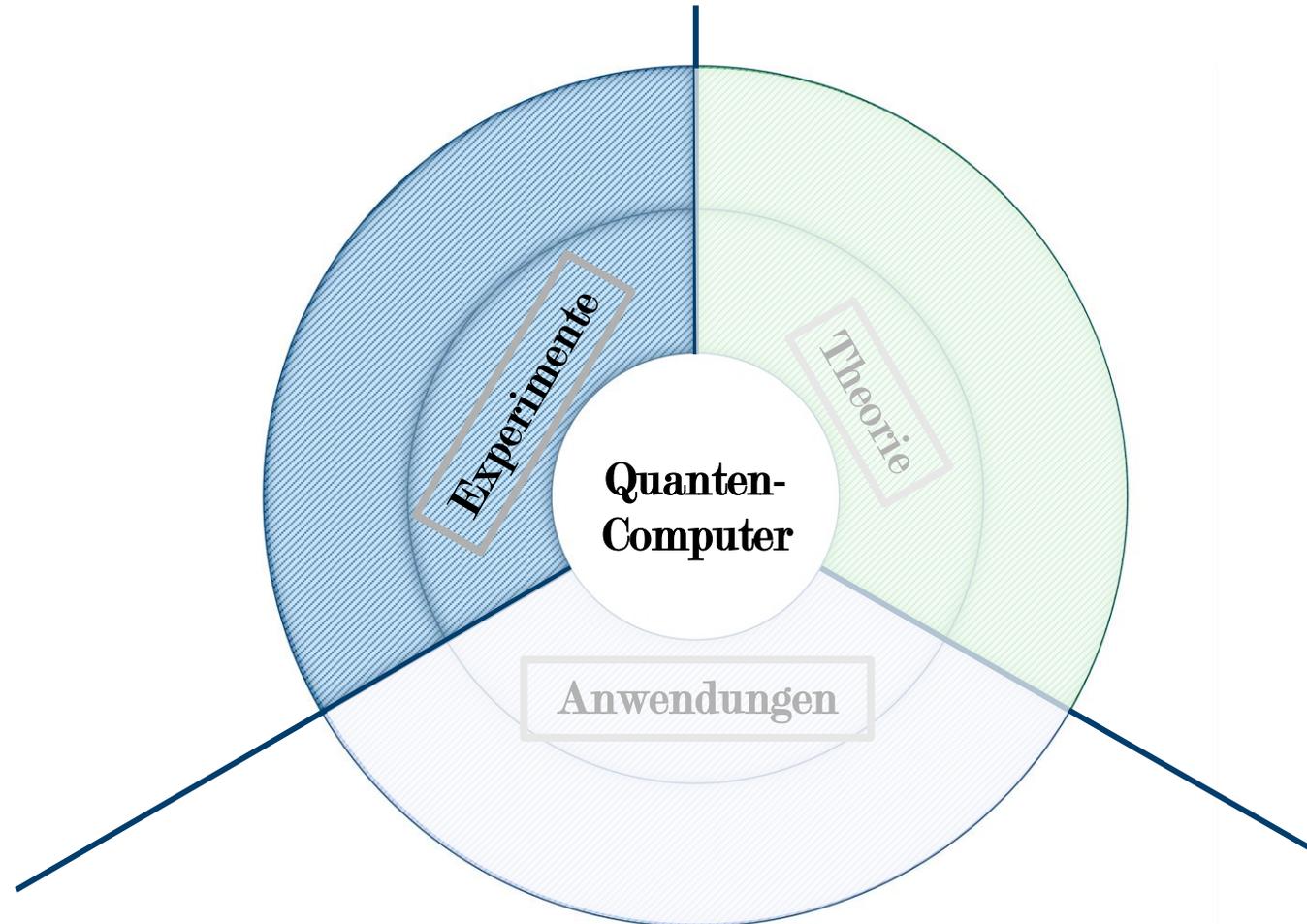
<http://qt.nrw.de/>



QUANTENCOMPUTING-F&E AM FZJ



QUANTENCOMPUTING-F&E AM FZJ



ENTWICKLUNG: OPENSUPERQ

Europäischer Quantencomputer
Standort Jülich



- Projekt seit Oktober 2018
- Budget: 10 Mio. Euro
- Aktuell: 6-Qubit Quantencomputer



Prof. Pavel Bushev
PGI-13

Dr. Markus Jerger
PGI-13

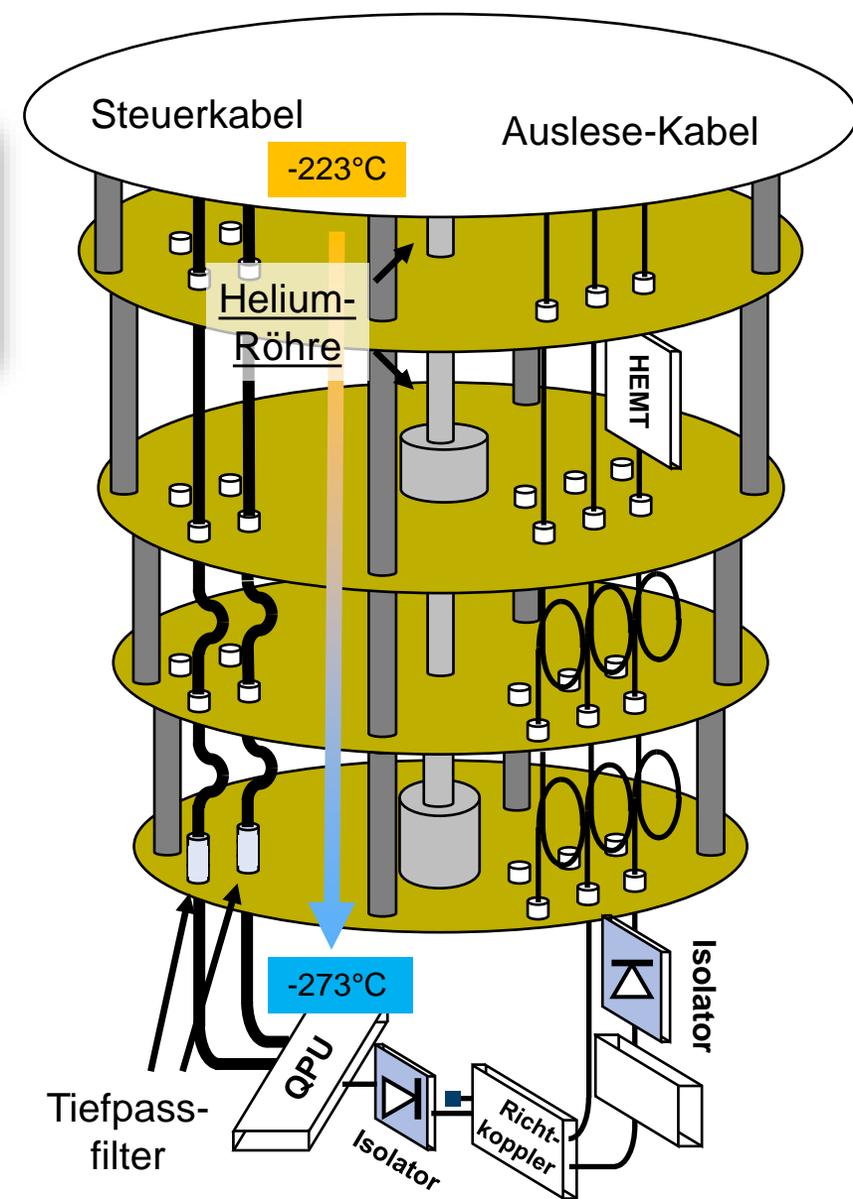
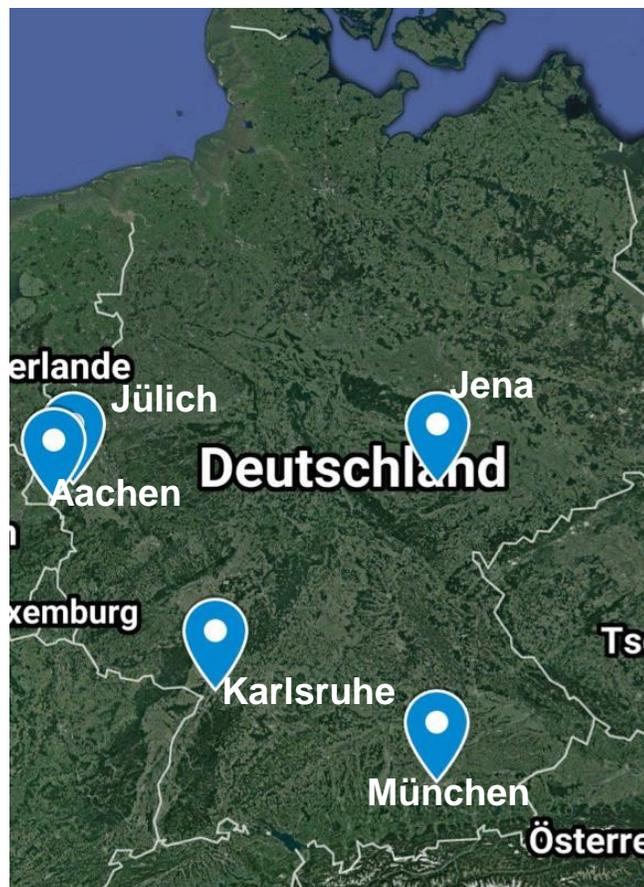
ENTWICKLUNG: QSOLID

Deutscher Quantencomputer
Standort Jülich / Aachen

- Projekt seit Januar 2022
- Budget: 76 Mio. Euro
- Geplant: 30-Qubit Quantencomputer



Prof. Rami Barends, PGI-13



ENTWICKLUNG: QSOLID

Kooperationen: Wissenschaft und Wirtschaft

- Beispiel: Industrie-Partner für *Herstellung / Entwicklung* kryogener Mikrowellenbauteile



Tiefpassfilter



Isolatoren



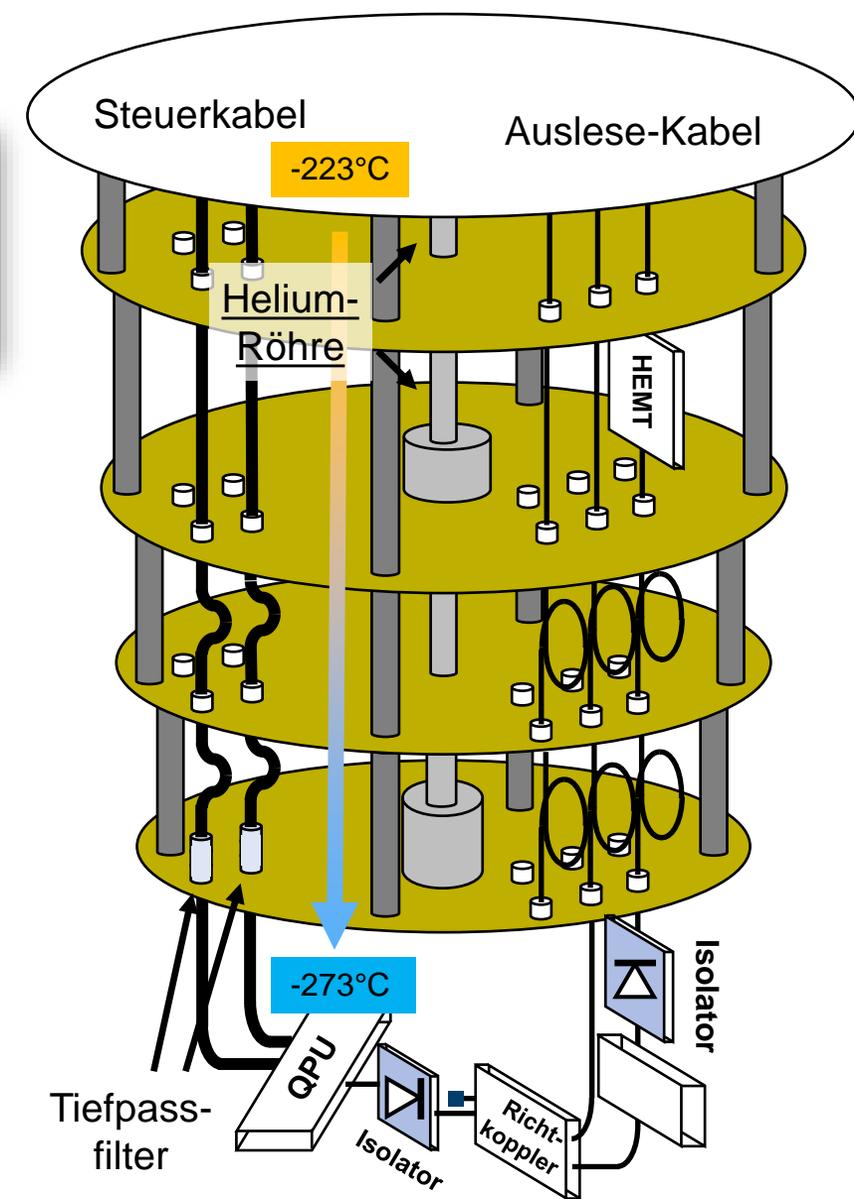
Richtkoppler



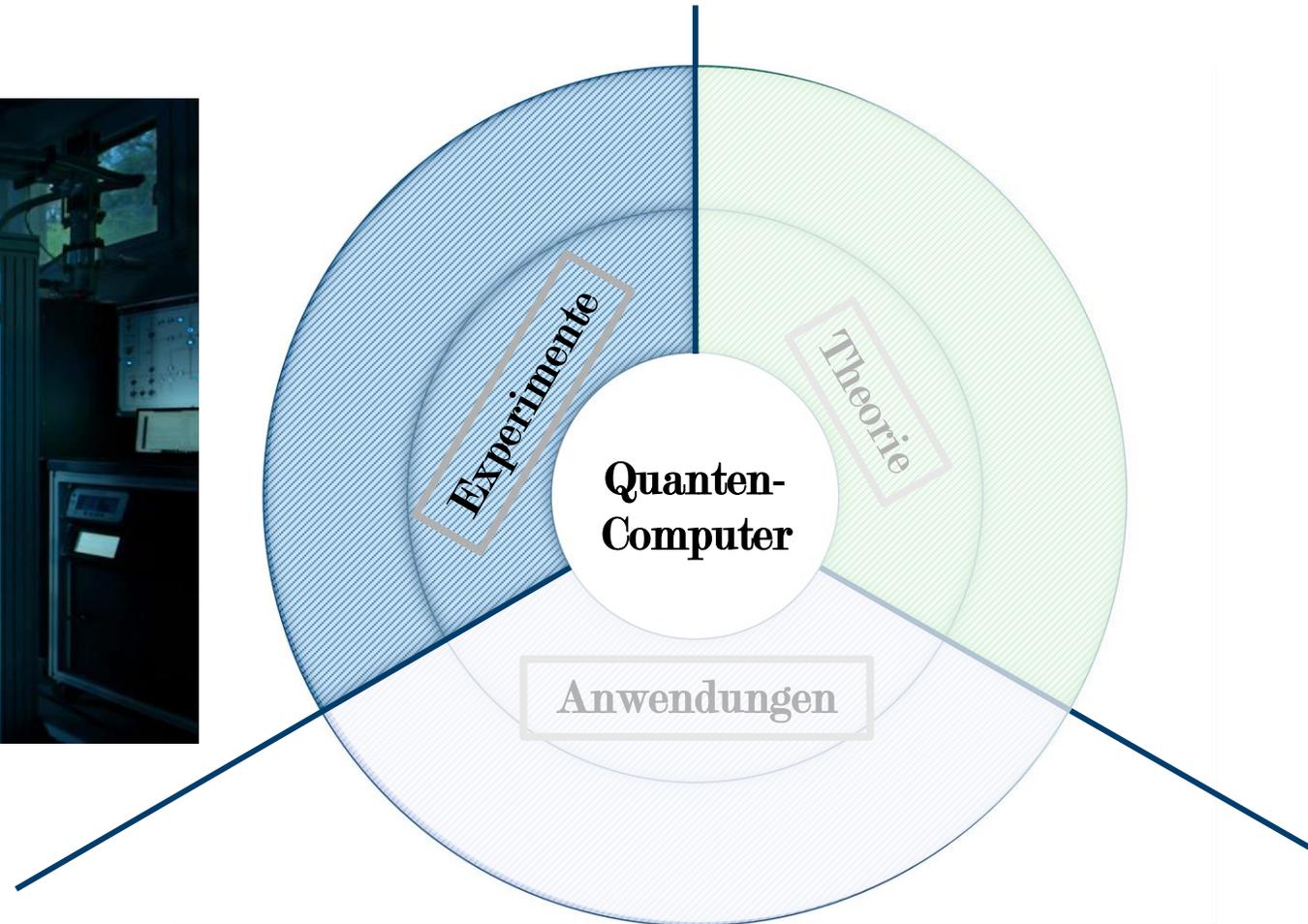
Kabel (z.T. supraleitend) und Transistoren



Prof. Rami Barends, PGI-13



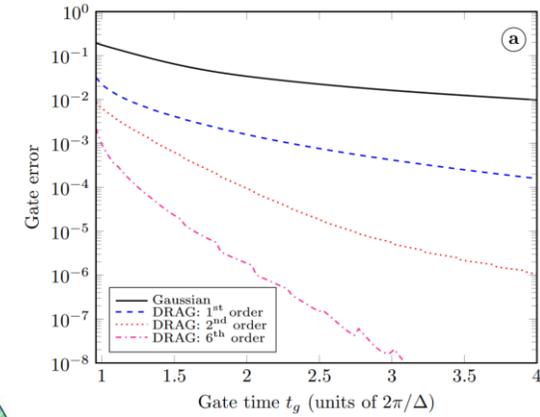
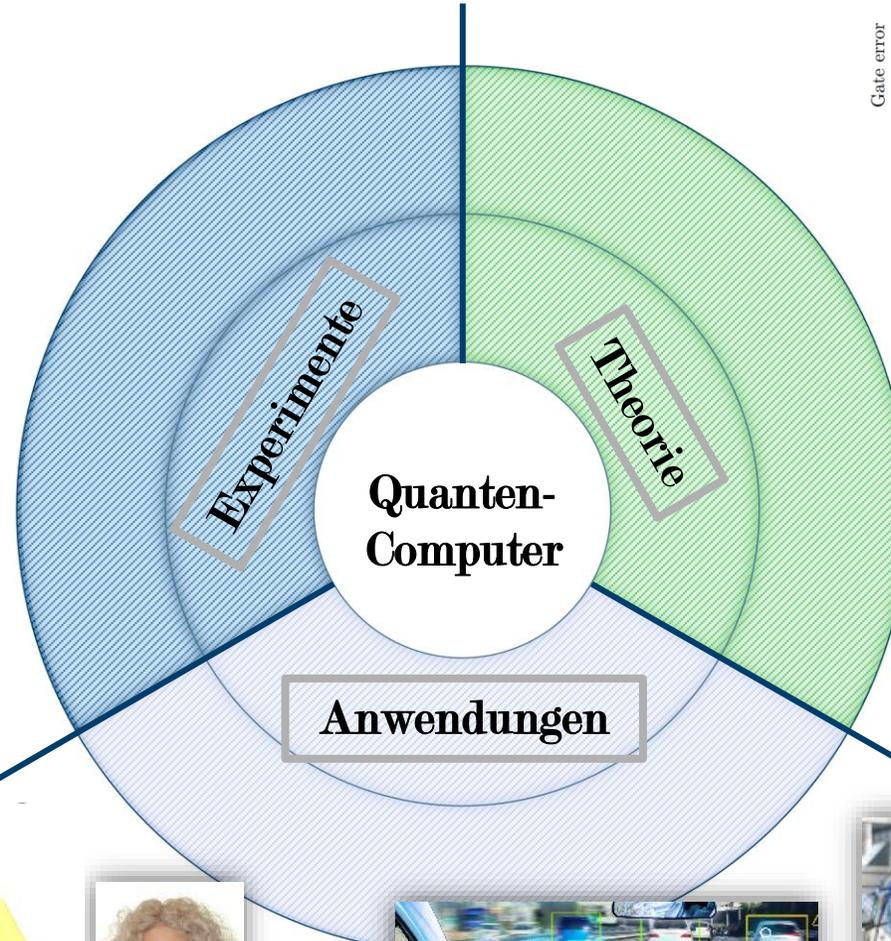
QUANTENCOMPUTING-F&E AM FZJ



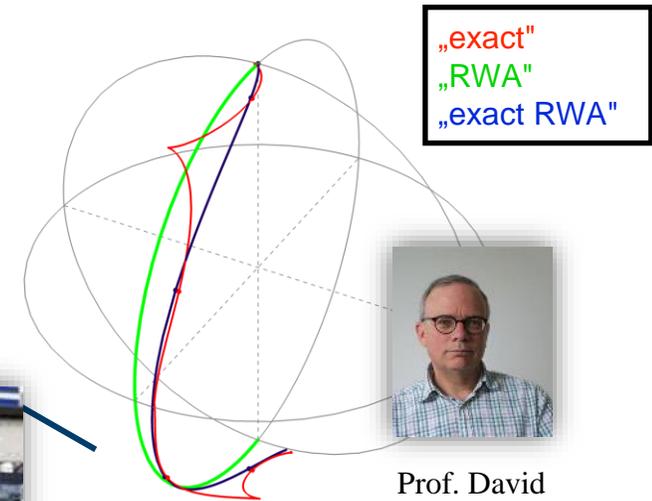
QUANTENCOMPUTING-F&E AM FZJ



Prof. Rami Barends, PGI-13



Prof. Tomasso Calarco, PGI-8

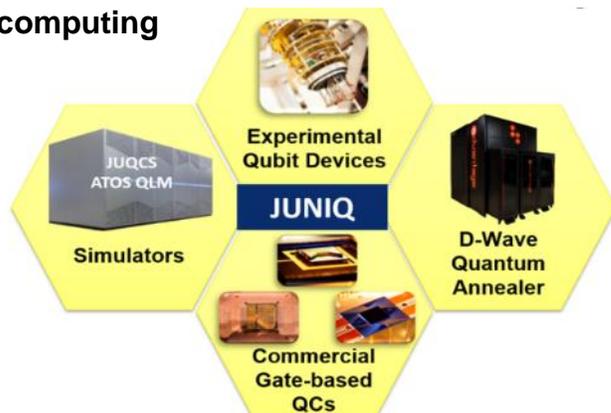


Prof. David DiVincenzo, PGI-2

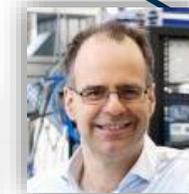
Jülich Supercomputing Centre



Prof. Thomas Lippert, head of JSC



Prof. Kristel Michiels, head of JUNIQ

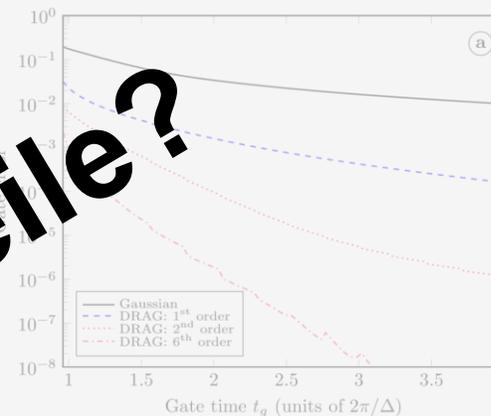


Prof. Frank Wilhelm-Mauch, PGI-12

QUANTENCOMPUTING-F&E AM FZJ

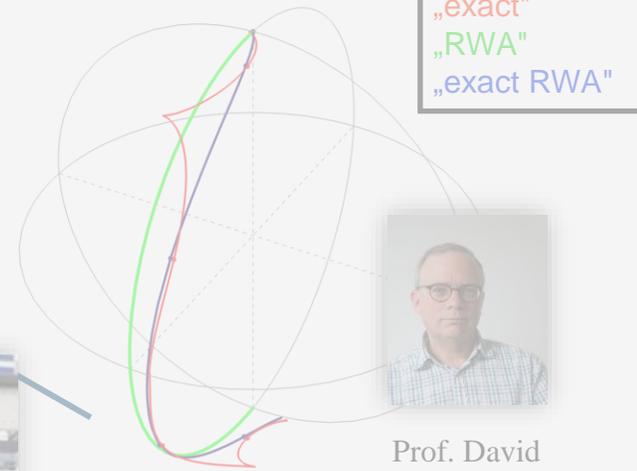


Prof. Rami Barends, PGI-13



Prof. Tomasso Calarco, PGI-8

Nutzbare Quantenvorteile?
Wir arbeiten dran!

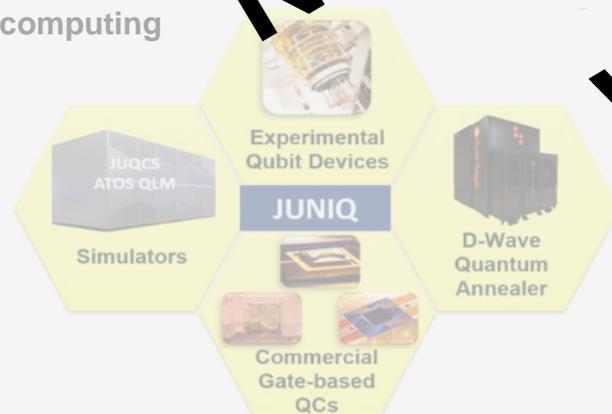


Prof. David DiVincenzo, PGI-2

Jülich Supercomputing Centre



Prof. Thomas Lippert, head of JSC



Prof. Kristel Michielsen, head of JUNIQ



Prof. Frank Wilhelm-Mauch, PGI-12

START-UPS UND SPIN-OFFS

Messe in München: LASER World of PHOTONICS

Hardware

- Integrierte Verkabelungen



- Mini-QC-Prozessoren
für Computer, selbstfahrende Autos ..



- Quantencomputer (Photonik, NV-Zentren, Ionen, Supraleitung)



Q.ANT



Software*

- Firmware
(Steuerung und Kalibrierung)



- Quanten-
Simulationen



*Ursprung: Gruppe Prof. Wilhelm-Mauch



**VIELEN DANK
FÜR IHRE AUFMERKSAMKEIT!**