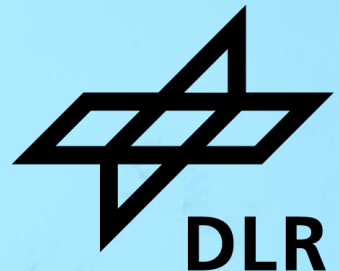


ALQU

ALgorithmen für QUantencomputerentwicklung im Hardware-Software-Codesign

Laufzeit: 01.10.2022 bis 30.09.2026



Ansprechpartner von SC: Dr. Peter Ken Schuhmacher



Forschungsschwerpunkte und Expertise

- Offene Quantensysteme
- QC-Hardware (Supraleitende Schaltkreise)
- Quantenannealing
- Quantenalgorithmen

Aufgaben im Rahmen des Projekts

- Projektleitung (Kontakt: Peter.Schuhmacher@dlr.de)
- Akquise und Anlernen neuer Mitarbeitenden
- Hardwarenahe Forschung, insbesondere fehlerbewusste und hardwarespezifische Kompilierung



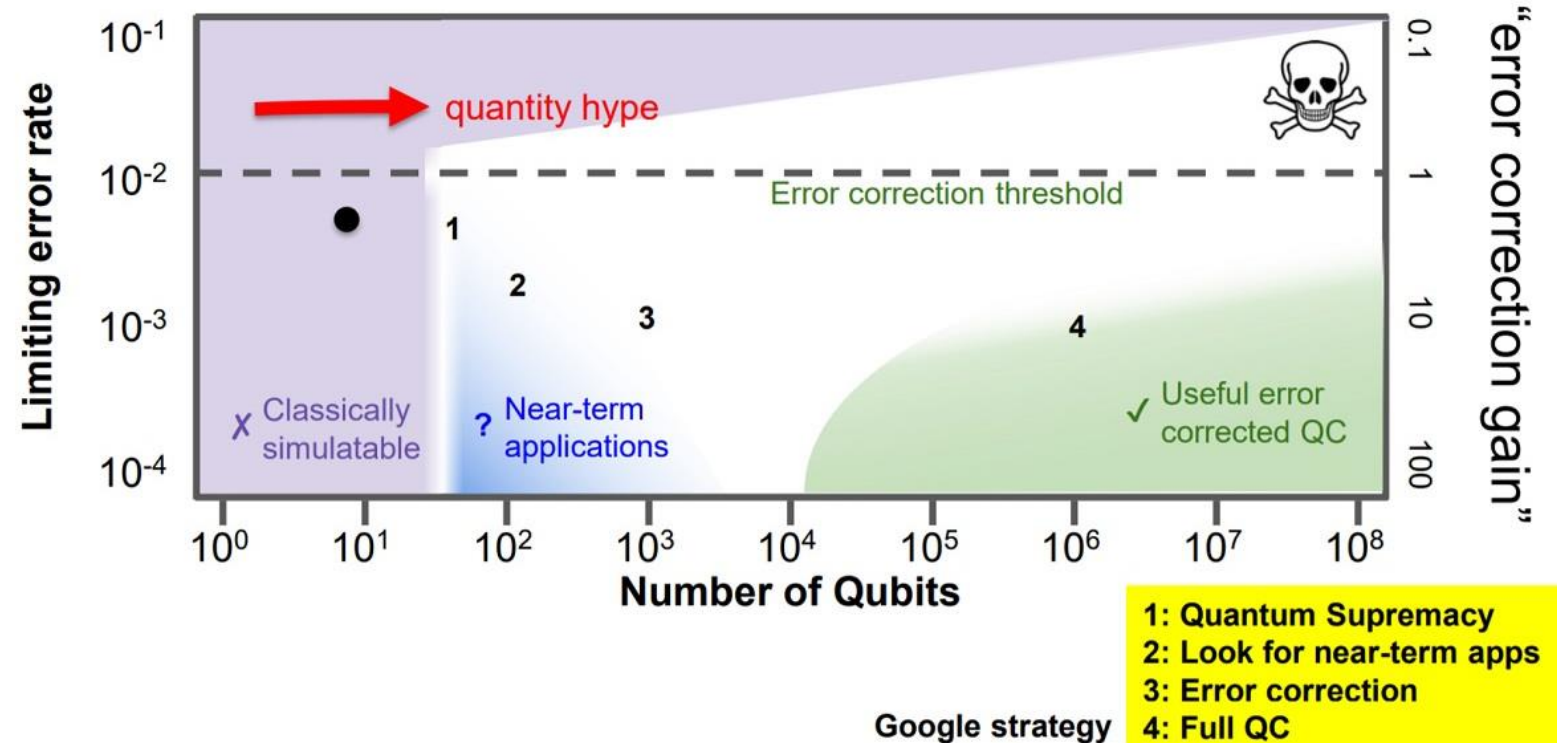
Hintergrund: Entwicklungsstand Quantencomputer

Siehe auch BSI-Studie zum Entwicklungsstand des Quantencomputers: <https://www.bsi.bund.de/qcstudie>



Quantenfehlerkorrektur (QEC)

- Universelle Quantencomputer sind intrinsisch fehleranfällig. Zur Implementierung der „Killer Apps“ (z. Bsp. Shor) brauchen wir daher QEC.
- QEC beruht auf Redundanz. Sie erzeugt damit einen signifikanten Overhead an benötigten Qubits und Gattern.



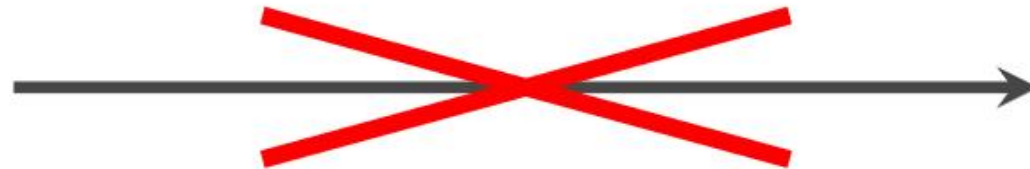
Wenn wir in naher Zukunft einen Quantenvorteil für ein Echtweltproblem erreichen wollen, dann nur mit NISQ-Computern!

Noisy Intermediate Scale Quantum Devices (NISQ)

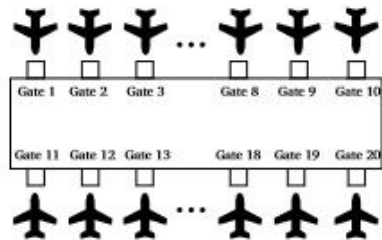


- State-of-the-Art Quantencomputer sind eher klein, verrauscht und haben eine eingeschränkte Konnektivität.
- In den nächsten Jahren werden Quantencomputer **ohne QEC** auskommen.
- Ist es dennoch möglich damit einen Quantenvorteil zu erhalten?

Anwendung



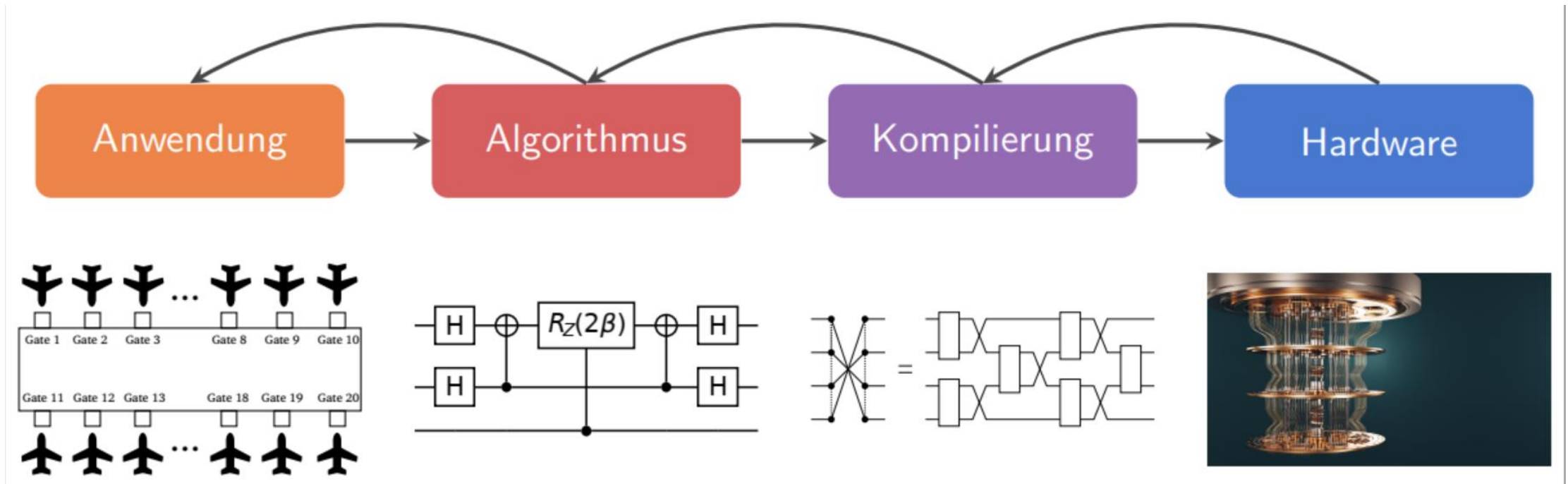
Hardware



Hardware-Software-Codesign

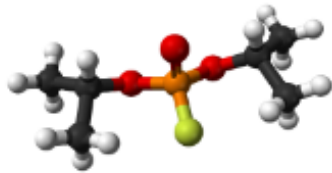
Um auf einen Quantenvorteil hin zu arbeiten, sollte...

- ... die Hardwareentwicklung mögliche Anwendungen im Blick behalten und
- ... die Softwareentwicklung die fehlerhafte und eingeschränkte Hardware berücksichtigen.

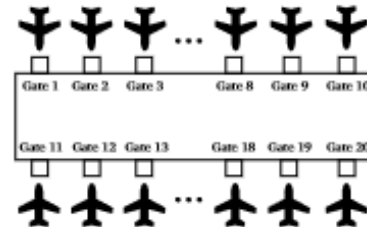


Was sind aussichtsreiche Anwendungen?*

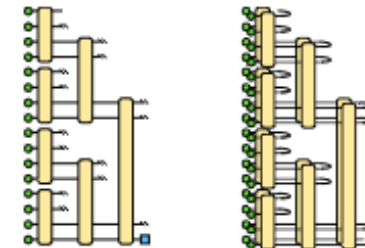
Quantensimulation



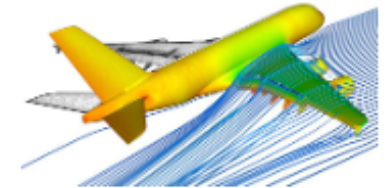
komb. Optimierung



quantenbeschl. ML



klass. Simulation



Heute

Zeit / benötigte Quantenfehlerkorrektur

ALQU: Arbeitspakete



HAP 1: Hardwareorientiert

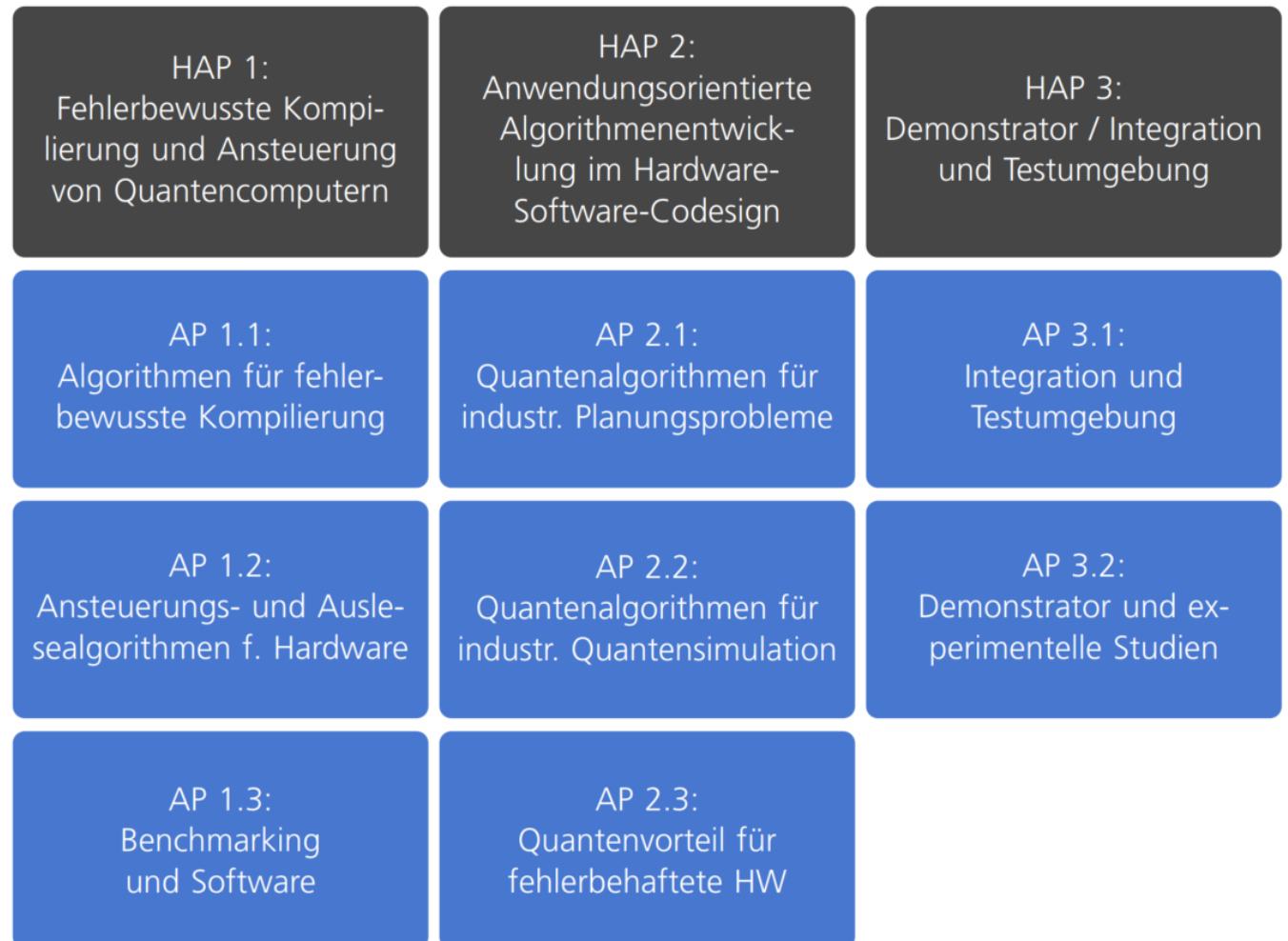
- Fehlerbewusste Kompilierung
- Ansteuerungs- und Auslesealgorithmen

HAP 2: Anwendungsorientiert

- Industrielle Planungsprobleme
- Quantensimulation

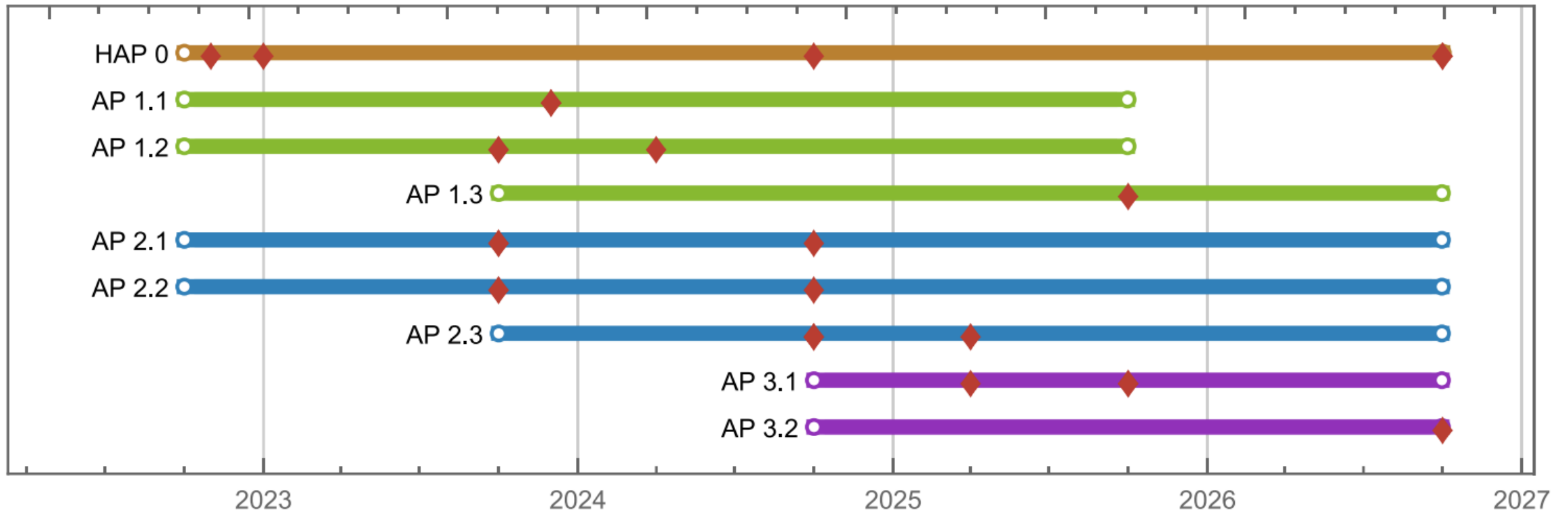
HAP 3: Softwareentwicklung

- Demonstrator
- Integration und Testumgebung



Ablaufplan (SC)

- 10 Mitarbeiterstellen
- 4 Jahre Laufzeit
- 17 Meilensteine



Industrieller Quantensoftwareentwickler (IS)

- Unterstützung der Implementierung der von uns definierten Schnittstellen
- Unterstützung bei der Implementierung und der Wartung der Testumgebung und der Benchmarkdatenbank

Industrieller Endnutzer aus dem Bereich der Logistik / Transportwesen (IL)

- Liefert relevante Anwendungsfälle aus der Logistik und dem Transportwesen (kombinatorische Optimierung)
- Liefert den state-of-the-art klassischen Algorithmus zur Lösung der Probleme
- Aktualisiert diese Probleme regelmäßig
 - Pflegt regelmäßig Testdatensätze in die Benchmarkdatenbank ein

Industrieller Endnutzer aus dem Bereich der Materialwissenschaft (IM)

- Liefert relevante Anwendungsfälle aus der Materialwissenschaft (Quantensimulation)
- Liefert den state-of-the-art klassischen Algorithmus zur Lösung der Probleme
- Aktualisiert diese Probleme regelmäßig
 - Pflegt regelmäßig Testdatensätze in die Benchmarkdatenbank ein

Industrieller Hardwarehersteller für Ionenfallenquantencomputer (IH)



Ohne Quantencomputer kein Quantencomputing. Damit steht und fällt der Erfolg des Projekts mit der Zusammenarbeit mit einem Hardwarehersteller (hier Ionenfallen)!

- „Wichtigster“ Industriebeitrag: Wir werden über den gesamten Projektzeitraum eng mit einem speziellen IH zusammenarbeiten.
- Die Hauptaufgabe des IH besteht im Bau der Hardware und liegt außerhalb des Projekts.
- Der IH stellt eine umfangreiche Hardwaredokumentation zur Verfügung (Hardwarecharakteristik wie Gattersatz, Fehlerraten der Gatter, Informationen zum Crosstalk, Auslesefehler...)
- Stellt eine standardisierte Programmierschnittstelle, welche Befehle auf Gatterbasis annimmt, zur Verfügung.
- Im späteren Verlauf soll zudem eine Programmierschnittstelle auf Pulsniveau zur Verfügung gestellt werden.

- 11 Meilensteine
- Industriebeiträge sind aktuell in der Ausschreibungsphase

