

Von der Idee zur Optimierung

Anwendungsfälle und deren Umsetzung in
Beweis der Konzepte

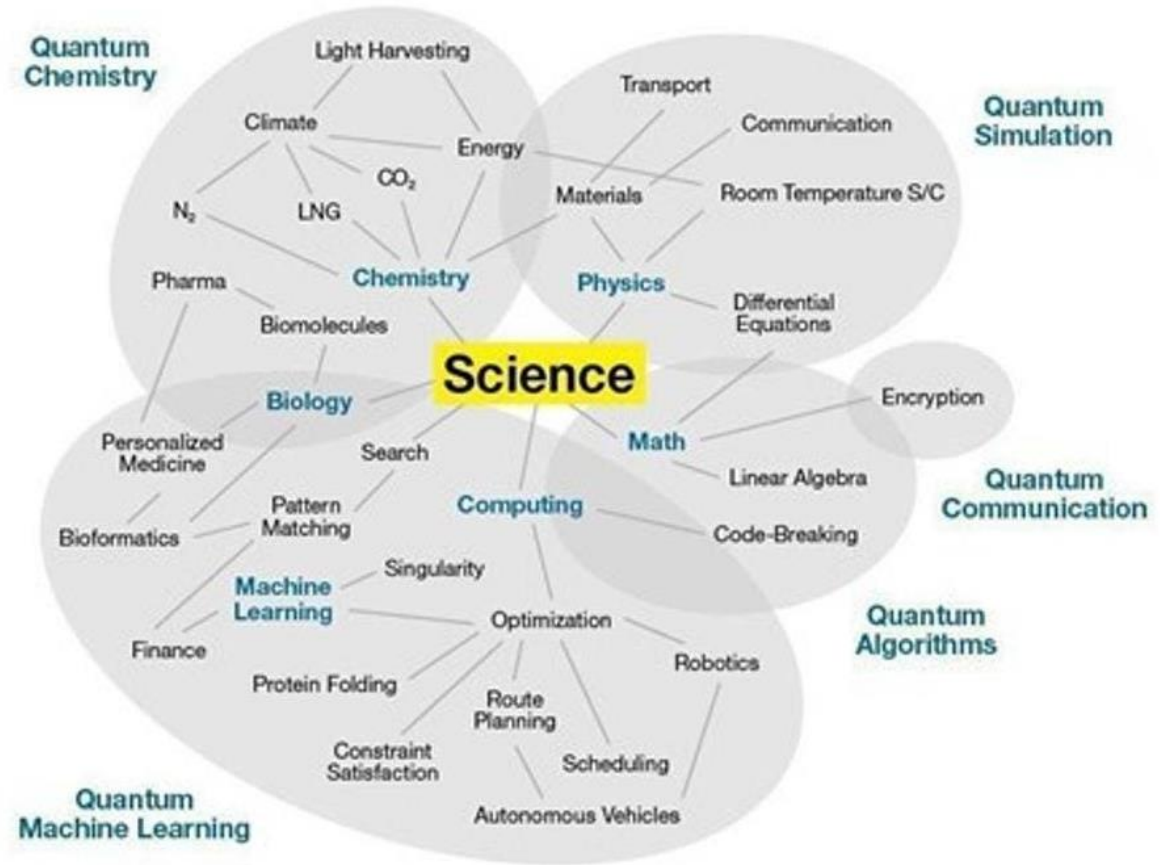
Anne-Marie Tumescheit



Quanten Computing – Das Potenzial

Anwendungsfeld	Zentrale Algorithmen
Chemie & Materialsimulation	VQE, QPE, Hamiltonian Simulation, QITE
Kryptographie	Shor, Grover
Kombinatorische Optimierung	QAOA, VQAs, Quantum Annealing
Monte-Carlo & Finanzmathematik	Quantum Amplitude Estimation (QAE)
Lineare Gleichungssysteme	HHL
Machine Learning	Quantum Kernel Methods, QNN, VQC
Gesundheitswesen	VQE, QAOA, QML
Sampling & Komplexitätstheorie	Boson Sampling, Random Circuit Sampling

(Auswahl – kein Anspruch auf Vollständigkeit.)



gartner.com/SmarterWithGartner

Source: Adapted from Pete Shadbolt and Jeremy O'Brien
© 2017 Gartner, Inc. and/or its affiliates. All rights reserved. Gartner is a registered trademark of Gartner, Inc. or its affiliates. FR_306245

Gartner

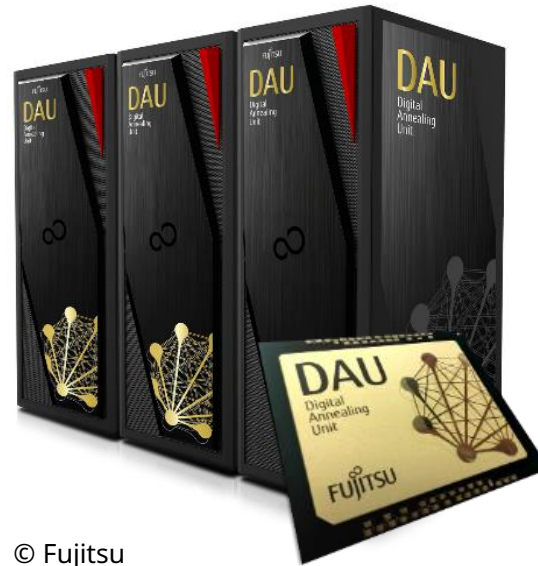
Quanten Computing & Annealing Ansätze

Simulated Annealing und
Quanten Simulation



Simulated Annealing

Digital Annealer



© Fujitsu

Fujitsu

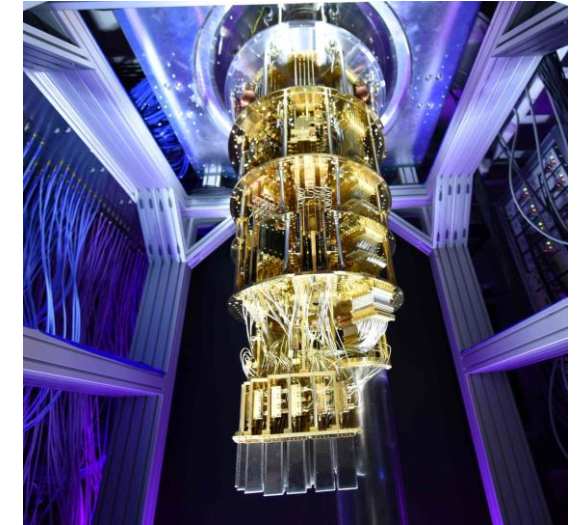
Quantum Annealer



© D-Wave

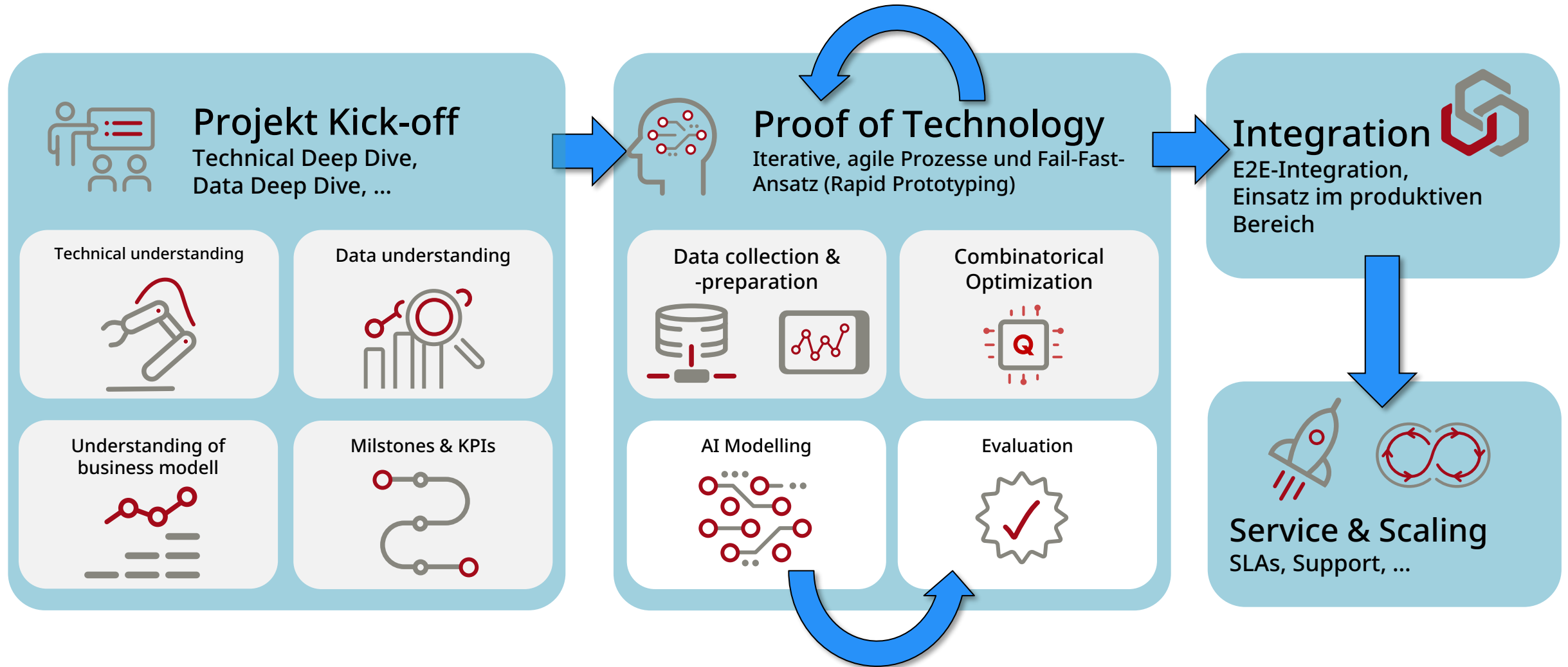
e.g. D-Wave

Quantum Gate
Computer

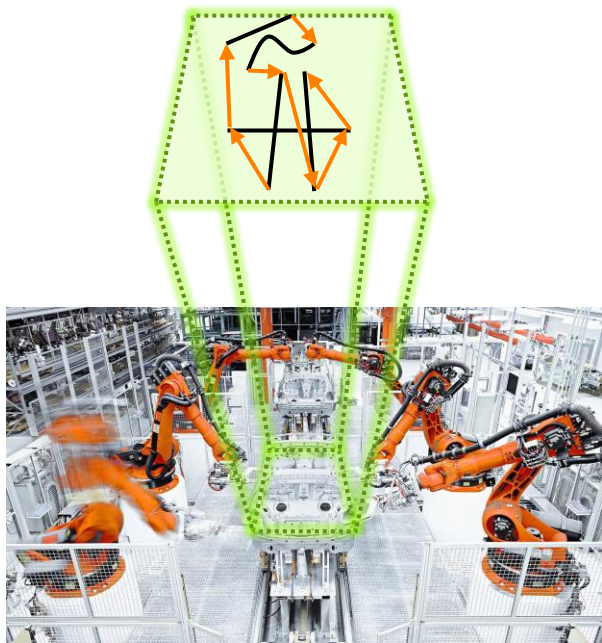


©RIKEN Center for Quantum Computing

e.g. Fujitsu, Google, IBM



Wie viele
Möglichkeiten gibt es,
in der die Roboter die
PVC-Nähte ziehen
können?



Nähte	2	7	10	23	65
Kombinationen	2	46 080	1,9 x 10 ⁸	4,7 x 10 ²⁷	2,3 x 10 ¹⁰⁸
(Qu)bits	2	72	162	968	8192
Technologie	Quantencomputer			Kleine Probleme	
	Digital Annealer			 Langsam, limitiert	
	Klassischer Lösungsweg				

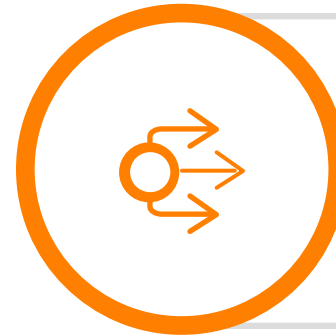


Relevante Problemkategorien sind:



Auswahlprobleme

Ermittlung von Teilmengen auszuwählender Objekte (z.B. Gegenstände bis zu einem Maximalgewicht mit max. Nutzen)



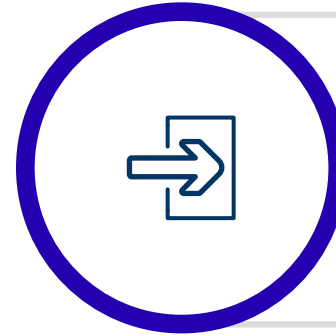
Reihenfolgeprobleme

Festlegen der Besuchs- oder Bearbeitungsreihenfolge (z.B. Maschinenbelegungsprobleme, Reihenfolge von Aufträgen)



Gruppierungsprobleme

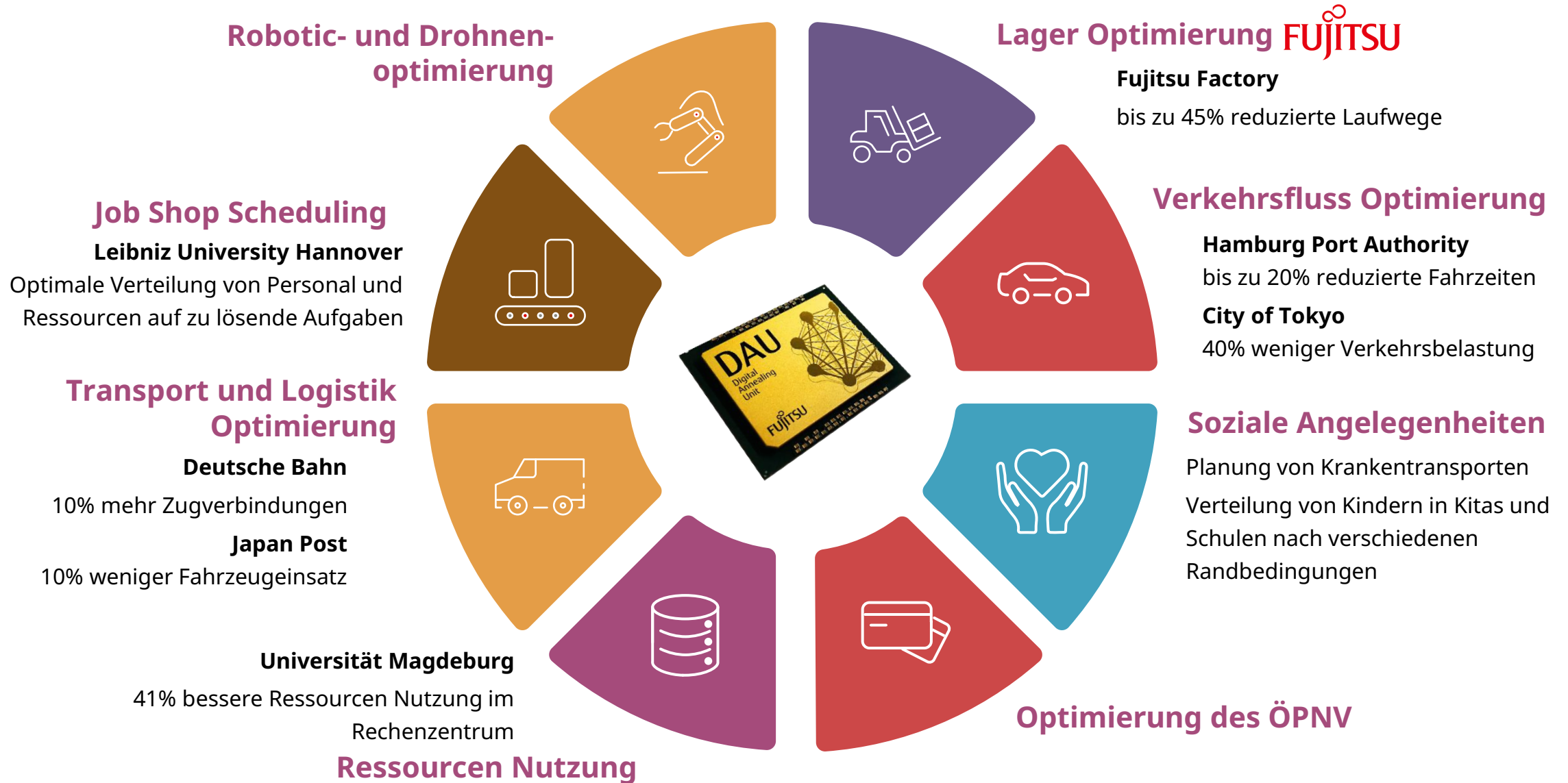
Bilden von Objektgruppen (z.B. Behälterproblem, Objekte nach absteigendem Gewicht in Boxen)



Zuordnungsprobleme

Zuordnungen zwischen Objekten (z.B. Personaleinsatzplanung, Zuordnung Arbeiter und Tätigkeiten)

Digital Annealer löst Probleme, wenn kein bekannter Algorithmus zu Lösung vorhanden ist, die Berechnung zu schwer lösbar für herkömmliche Computer sind und die Problem-Elemente diskret beschrieben werden können.



Kundenherausforderung

- Umschlag von 136,5 Millionen Tonnen Gütern pro Jahr
- Rund 20 000 LKW befahren täglich das Hafengebiet
- Hohe Auslastung der Infrastruktur mit negativen Auswirkungen auf die Lebensqualität und Emissionswerte

Die Lösung

- Anwendung der Optimierung über das gesamte System
- Komplexe Berechnungen mit einer Vielzahl an Möglichkeiten in Sekunden ermöglicht
- Input: Real-time Sensor Daten: Was passiert auf der Straße nahe der Sensoren? Output: Optimale Ampelprogramme

Business Benefit

- Bis zu 20% reduzierte Fahrzeitzeiten durch das Hafengebiet
- Ermöglichung einer höheren Auslastung und folglich mehr Gütertransport
- Bis zu 9% weniger Emissionen im Vergleich zur aktuellen Lösung



„Der prinzipielle Beweis war absolut überzeugend und übertrifft alles bisher Dagewesene.“

Hermann Grünfeld
Head of Traffic Management
Port of Hamburg

Mehr
dazu ...

Kundenherausforderung

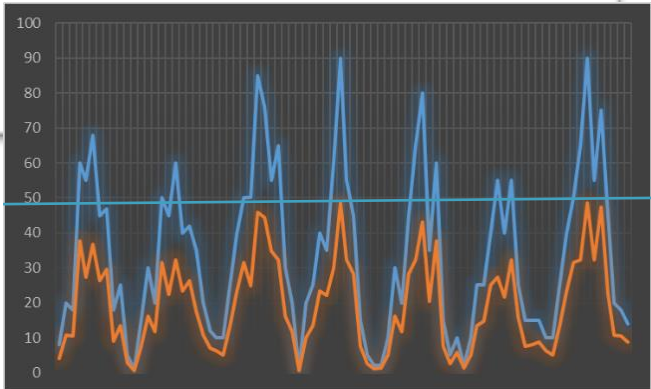
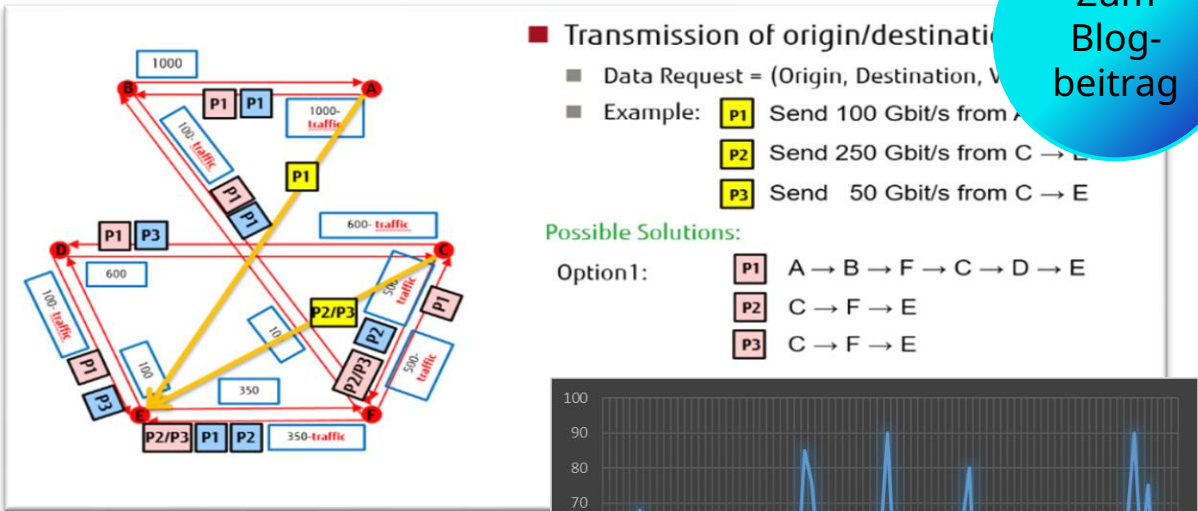
- Vermeidung von Kapazitätsspitzen im Routing des Internetverkehrs durch Deutschland mit dem Ziel geringer Latenzzeiten
- Schnelle Reaktionsfähigkeit auf hohe Netzwerklast nur ungenügend

Die Lösung

- Anwendung der Optimierung über das ganze Netzwerk
- Berechnungen alternativer Routing-Möglichkeiten in Sekunden
- Optimale Ziel einer 50%igen Auslastung des Netzwerks in allen Szenarien erreicht

Business Benefit

- 20% bessere Nutzung der vorhandenen Netzwerkkapazitäten ohne Qualitätsverluste für die Endkunden
- Digital Annealer eröffnet ganz neue Möglichkeiten, Leistungsziele zu erreichen



Router N	2	10	30	42	50
$K^{p(N)}$ [K=10] combinations	20 890	10^{28}	10^{132}	10^{208}	10^{300}
Quantum Technology					

Zum
Blog-
beitrag

Was wir mit MediaMarktSaturn gemacht haben

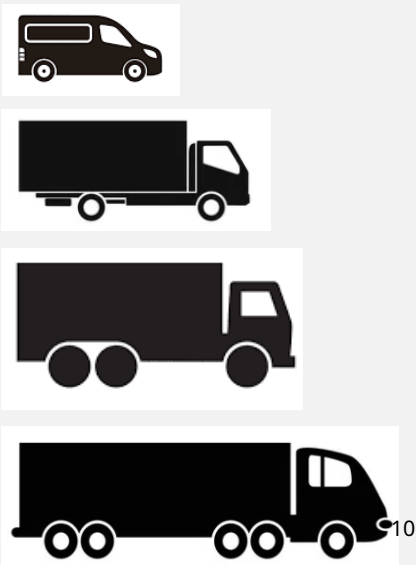
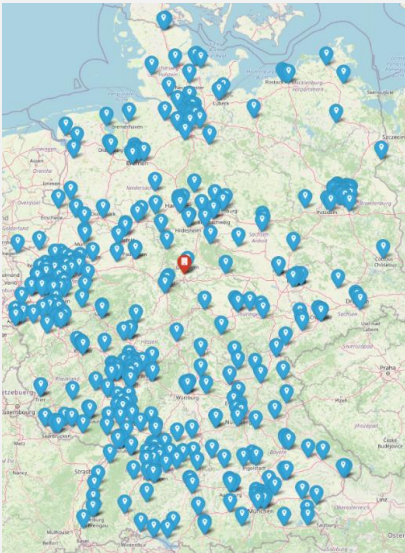
Business
problem

QUBO

Annealer

QUBO
minimum

Business
solution



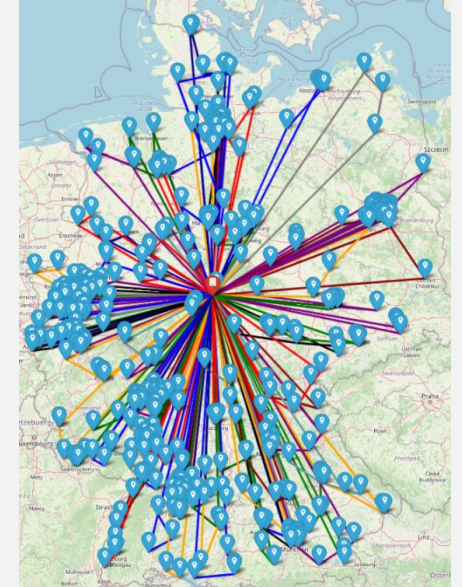
Given:

- 1 central hub: location
- 400 stores: location, demand, delivery time window
- 4 types of vehicle: fix cost, capacity
- 4×401^2 transport costs: full cost matrix per vehicle
- 401^2 Travel times: full matrix

	Vehicle	Volume
1	405 7.5t	33.22
2	532 12t	37.72
3	538 7.5t	32.73
4	545 7.5t	25.67
5	709 7.5t	29.44
6	715 7.5t	29.19
7	718 7.5t	33.42
8	720 7.5t	27.95
9	728 7.5t	30.41
10	12t	36.12

210.89	
796.68	
54430.88	

© Fujitsu 2023



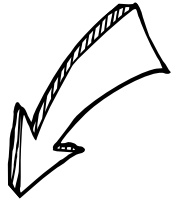
Wanted:

Cheapest routing which

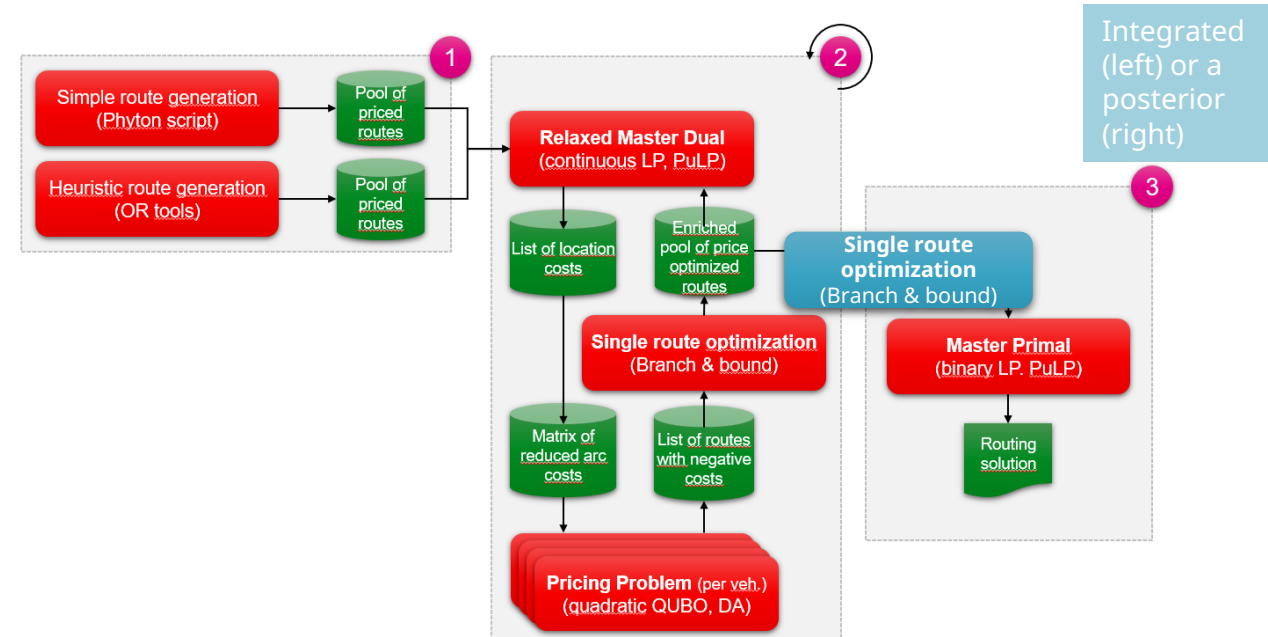
- Delivers 1 or more markets per vehicle
- Considers vehicle capacity
- Meets the time window/constraints of all markets
- Stays below 10 h travel time per vehicle

Was wir mit MMS gemacht haben

H-VRPSPD-TW with column generation and Digital Annealer



- Heterogenous
- Vehicle Routing Problem with Simultaneous Pickup and Delivery
- and Time Windows



- Zwei Datensätze: Montag + Mittwoch
- Je komplexer das Liefervolumen, die Zeitfenster usw. sind, desto mehr kann der DA helfen, ansonsten liefern heuristische Ansätze in kurzer Zeit eine gute Lösung
- 4,7 % abzüglich der Lieferkosten

EIN Quantum NRW – Gemeinsames Quantencomputing-Labor zur Beschleunigung der Kommerzialisierung

- EIN Quantum NRW (EQN) ist ein breites Netzwerk von Universitäten, nicht-universitären Forschungseinrichtungen und Unternehmen, die aktiv im Bereich der Quantentechnologien tätig sind. Dieses Ökosystem verfolgt wissenschaftliche und wirtschaftliche Interessen und fördert diese gemeinsam in Nordrhein-Westfalen (Deutschland) unter einem Dach.
- Enge Zusammenarbeit im September 2025 vereinbart: [FSAS Technologies und EIN Quantum NRW planen ein gemeinsames Quantencomputing-Labor zur Beschleunigung der Kommerzialisierung](#)

Unser Engagement:

- Gründungsmitglied und seitdem aktiv in den Arbeitsgruppen engagiert.
- Publikationen: Quantum Strategy NRW, Positionspapiere, Vorträge
- Führung bei der Planung und Einrichtung des Industrial Application Center for Quantum Technologies NRW (IsAQ NRW) mit EQN
- Entwicklung einer Quantencomputing-Plattform basierend auf der Expertise von Fujitsu & FSAS Technologies im Bereich supraleitender Quantencomputing

Quo Vadis – Optimization by Quantum

(Or Quantum in real world scenarios ...)



© [xkcd: Quantum Teleportation](https://xkcd.com/1194/)

Beware of
the Reporter



Use Case is
Key



Try it out



