

# PVL Quantentechnologie (HAW WS 2024/25)

## Programmierung eines Quanten-Annealers

Wählen Sie aus den vier gegebenen Problemen **eines** aus und lösen Sie dieses auf einem Quanten-Annealer der Firma D-Wave (**allein** oder im **Zweierteam**). Dokumentieren Sie Ihr Vorgehen und reichen Sie diese Doku samt der Lösung des gestellten Problems als PDF bis zum **18. Dez. 2024** per Email ein ([rene.gruenbauer@haw-hamburg.de](mailto:rene.gruenbauer@haw-hamburg.de)).

### 1) Das Problem des Handlungsreisenden

Ein Handlungsreisender möchte auf einer Rundreise verschiedene Städte besuchen und am Ende wieder zu seinem Ausgangsort zurückkehren. Jede Stadt muss dabei genau einmal besucht werden. Die gesamte Reisstrecke soll so kurz wie möglich sein (Abb. rechts).

In der Tabelle unten stehen die Koordinaten verschiedener Städte, die unser „Travelling Salesman“ besuchen soll. Sein Ausgangsort sei A.

Finden Sie mit Hilfe eines Quanten-Annealers die kürzeste Route für eine Reise durch die Städte **A, B, C und D**. Für diese Reise lässt sich die Hamilton-Matrix sicher noch per Hand aufstellen :-)

Zusatzaufgabe (optional!) Gelingt es Ihnen ein Programm zu schreiben, dass die Hamilton-Matrix für mehr als vier Städte berechnet? Testen Sie damit, bis zu welcher Problemgröße der Annealer richtige Lösungen liefert.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
x-Koordinate	257	101	154	212	61	121	381	249	235	400
y-Koordinate	365	99	152	333	132	251	223	233	145	370



Optimaler Reiseweg durch die 15 größten Städte Deutschlands. Diese Route ist die kürzeste von 43 589 145 600 möglichen.

### 2) Sudoku










Lösen Sie das rechts abgebildete 4x4 Sudoku mit Hilfe eines Quanten-Annealers. Überlegen Sie hierfür, welche Rolle die Qubits bei diesem Problem einnehmen...

	2		3
1			
3		4	2
			1

### 3) Das Springerproblem (schwer)

Das Springerproblem ist ein kombinatorisches Problem, das darin besteht, für einen Springer auf einem leeren Schachbrett eine Route zu finden, auf der dieser jedes Feld genau einmal besucht (siehe Wikipedia). Aufgrund der begrenzten Anzahl (logischer) Qubits kann dieses Problem auf einem D-Wave Annealer nur für ein 3x3 Feld gelöst werden. Das Feld in der Mitte kann der Springer hierbei nicht erreichen.

Stellen Sie eine Hamilton-Matrix auf, um dieses Problem für einen Springer zu lösen, der auf einem 3x3 Feld zu Beginn in der oberen linken Ecke steht.

Ausgangslage	Mögliche Lösung		
			
			
			

### 4) Das Rucksack-Problem (knapsack problem) (für kreative Köpfe ;-)

Untersuchen Sie die Übertragbarkeit des „Rucksack-Problems“ auf einen Quanten-Annealer. Erstellen Sie hierzu selbst eine Musteraufgabe und lösen Sie diese.

5) Programmieren Sie für den in der Vorlesung vom 28.11.2024 erarbeiteten QA-Simulator eine GUI.