

## Rechnerarchitektur im Sommersemester 2019

### Übungsblatt 11

- Abgabetermin:** 15.07.2019, 12:00 Uhr
- Besprechung:** Besprechung der T-Aufgaben in den Tutorien vom 08. – 12. Juli 2019  
Besprechung der H-Aufgaben in den Tutorien vom 15. – 19. Juli 2019
- Ankündigungen:** Bitte beachten Sie die Anmeldung zur Klausur! Die An- bzw. Abmeldung ist **bis 18. Juli 2019 um 23:59 Uhr** über UniWorX möglich (harte Deadline!). Spätere An- und Abmeldungen werden nicht mehr berücksichtigt!

#### Aufgabe 54: (F) Testen des Quantenannealers von D-Wave

(– Pkt.)

Im Rahmen der Vorlesung Rechnerarchitektur bieten wir Ihnen die Möglichkeit, den D-Wave Quantenannealer selbst auszuprobieren und damit erste praktische Erfahrungen mit einem Quantencomputer zu sammeln. Es handelt sich hierbei um ein **freiwilliges zusätzliches** Angebot. Sollten Sie dieses zusätzliche Angebot wahrnehmen wollen, so melden Sie sich bitte unter der E-Mail: [rechnerarchitektur@mobile.ifi.lmu.de](mailto:rechnerarchitektur@mobile.ifi.lmu.de). Grundkenntnisse in der Programmierung mit Python sind notwendige Voraussetzung, um an diesem Angebot teilnehmen zu können.

#### Aufgabe 55: (T) Gate-Assignment mittels Quantenannealing

(– Pkt.)

In dieser Aufgabe sollen Sie das Gate-Assignment-Problem für drei Flugzeuge  $\{1, 2, 3\}$  und drei Gates  $\{A, B, C\}$  als QUBO formulieren. Es gilt analog zur Vorlesung, dass die (Flugzeug, Gate)-Paare  $(1, A)$ ,  $(2, B)$  und  $(3, C)$  jeweils zu einer Fluggesellschaft gehören und es als besonders günstig zu bewerten ist, wenn sich die Flugzeuge jeweils am Gate ihrer Fluggesellschaft befinden. Es müssen aber auch „katastrophale“ Ereignisse bewertet werden, wie das Ereignis, dass sich ein Flugzeug gleichzeitig an zwei Gates befindet oder zwei Flugzeuge an einem Gate.

Erstellen Sie eine QUBO-Matrix für dieses Problem und füllen Sie diese mit den Zahlenwerten  $\{-2, 0, 5\}$ , je nachdem, wie günstig eine Zustandskombination zu bewerten ist, so dass die Optimierung (Minimierung) mittels Quantenannealing stattfinden kann.

#### Aufgabe 56: (T) Graph Coloring mittels Quantenannealing

(– Pkt.)

Eine Form des Graph Coloring Problems ist das  $k$ -Coloring, bei dem es darum geht, jedem Knoten eines gegebenen Graphen eine aus maximal  $k$  verschiedenen Farben zuzuordnen, so dass keine zwei Knoten, die mit einer Kante verbunden sind, die gleiche Farbe haben.

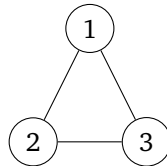
Sei folgender Graph gegeben, dessen Knoten  $\{1, 2, 3, 4\}$  mit den Farben Rot, Grün und Blau  $\{R, G, B\}$  gefärbt werden sollen, so dass keine zwei benachbarten Knoten (mit einer Kante verbunden) die gleiche Farbe haben.



**Aufgabe 58: (H) Graph Coloring mittels Quantenannealing**

(12 Pkt.)

Sei folgender Graph gegeben, dessen Knoten  $\{1, 2, 3\}$  mit den Farben Rot, Grün und Blau  $\{R, G, B\}$  gefärbt werden sollen, so dass keine zwei benachbarten Knoten (mit einer Kante verbunden) die gleiche Farbe tragen.



Füllen Sie folgenden Matrix mit den Zahlenwerten 0 und 5, je nachdem, wie günstig eine Zustandskombination zu bewerten ist, so dass die Optimierung (Minimierung) mittels Quantenannealing stattfinden kann.

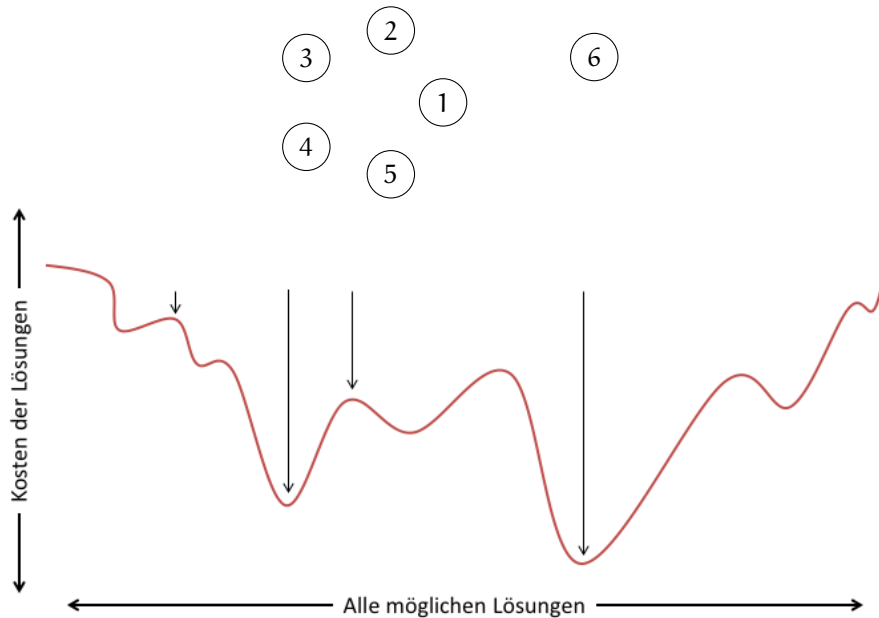
		1R	1G	1B	2R	2G	2B	3R	3G	3B
1R	-1									
1G		-1								
1B			-1							
2R				-1						
2G					-1					
2B						-1				
3R							-1			
3G								-1		
3B									-1	

**Aufgabe 59: (T) Traveling-Salesman-Problem und Annealing**

(- Pkt.)

In der Vorlesung haben Sie das Traveling-Salesman-Problem (TSP) und die Optimierung mittel Simulated Annealing kennengelernt. Bearbeiten Sie folgenden Aufgaben dazu:

- Worum geht es beim TSP?
- Beschreiben Sie die Optimierungsmethode des Simulated Annealing!
- Angenommen es liegt eine Graphstruktur vor, bei der die Knoten geografisch wie in folgender Abbildung angeordnet sind (jeder Knoten ist von jedem direkt erreichbar). Ordnen Sie Lösungskandidaten für das TSP auf dieser Graphstruktur den Pfeilen der unten gegebenen Lösungslandschaft zu.



### Aufgabe 60: (H) Einfachauswahlaufgabe: Quantencomputing und Speicherung

(5 Pkt.)

Für jede der folgenden Fragen ist eine korrekte Antwort auszuwählen („1 aus n“). Nennen Sie dazu in Ihrer Abgabe explizit die jeweils ausgewählte Antwortnummer ((i), (ii), (iii) oder (iv)). Eine korrekte Antwort ergibt jeweils einen Punkt. Mehrfache Antworten oder eine falsche Antwort werden mit 0 Punkten bewertet.

a) Wie bezeichnet man die beobachtete Grundregel in der Entwicklung neuer Computerchips nach der sich die Transistordichte auf Computerchips in etwa alle 12-18 Monate verdoppelt?			
(i) Heisenberg's Law	(ii) Zuse's Law	(iii) Moore's Law	(iv) Gordon's Law
b) Wie bezeichnet man ein klassisches Problem der Mathematik/Informatik, das darin besteht, die Reihenfolge für den Besuch mehrerer Orte zu bestimmen, so dass die gewählte Route den kleinstmöglichen Weg hat?			
(i) Gate-Assignment-Problem	(ii) Boolean-Satisfiability-Problem	(iii) Traveling-Salesman-Problem	(iv) Knapsack-Problem
c) Wie bezeichnet man eine stochastischen Optimierungsmethoden, bei der man Sprünge verschiedener Größe in der Lösungslandschaft durchführt, um eine Lösung mit möglichst geringen Kosten zu finden?			
(i) Newton-Verfahren	(ii) Scheduling	(iii) Division	(iv) Simulated Annealing
d) Was ist der übliche Zeitwert für einen Annealing-Vorgang auf dem D-Wave Quantum Annealer?			
(i) 20 Mikrosekunden	(ii) 20 Millisekunden	(iii) 20 Sekunden	(iv) 20 Minuten
e) Welchem Baustein entspricht folgende Schaltung?			
(i) Getaktetes SR-Latch	(ii) D-Latch	(iii) D-Flip-Flop	(iv) SR-Latch