

# LLY-DML

## Teil des LILY-Projekts

Urheberrechtsschutz und alle Rechte vorbehalten.

Kontakt: [info@lilyqml.de](mailto:info@lilyqml.de)

Webseite: [lilyqml.de](http://lilyqml.de)

Dies ist LLY-DML, ein Modell des LILY Quantum Machine Learning Projekts.

Seine Aufgabe ist es, Datensätze mit sogenannten L-Gates, Quanten-Maschinenlern-Gates, auf einen Zustand zu trainieren.

Eingangsdaten werden in Teilen der Maschinenlern-Gates verwendet, und andere Phasen werden optimiert, sodass ein Zustand besonders wahrscheinlich wird.

## QUANTUM LLY-DML TRAININGSBERICHT

**Datum:** 01.08.2024

**Autor:** LILY Team

**Version:** 1.0

**Kontakt:** [info@lilyqml.de](mailto:info@lilyqml.de)

**Webseite:** [lilyqml.de](http://lilyqml.de)

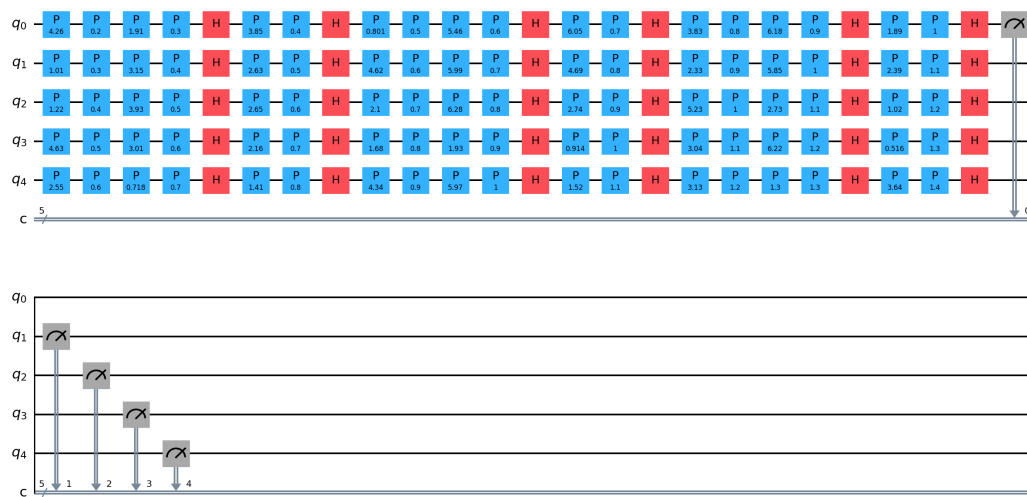
Dieser Bericht zeigt alle Daten zum durchgeführten Training am: **10.10.2024**

# Inhaltsverzeichnis

- 1. Initialisierte Daten
- 2. Liste der Optimierungsmethoden
- 3. Vergleich zwischen Methoden
- 4. Quantenschaltkreis
- 5. Endergebnisse

## 1. Initialisierte Daten

### Anfangsquantenschaltkreis:



| Qubits | Tiefe | Shots | Maximale Iterationen |
|--------|-------|-------|----------------------|
| 5      | 3     | 1024  | 10                   |

## 2. Liste der Optimierungsmethoden

### ***Basic Gradient Descent (GD)***

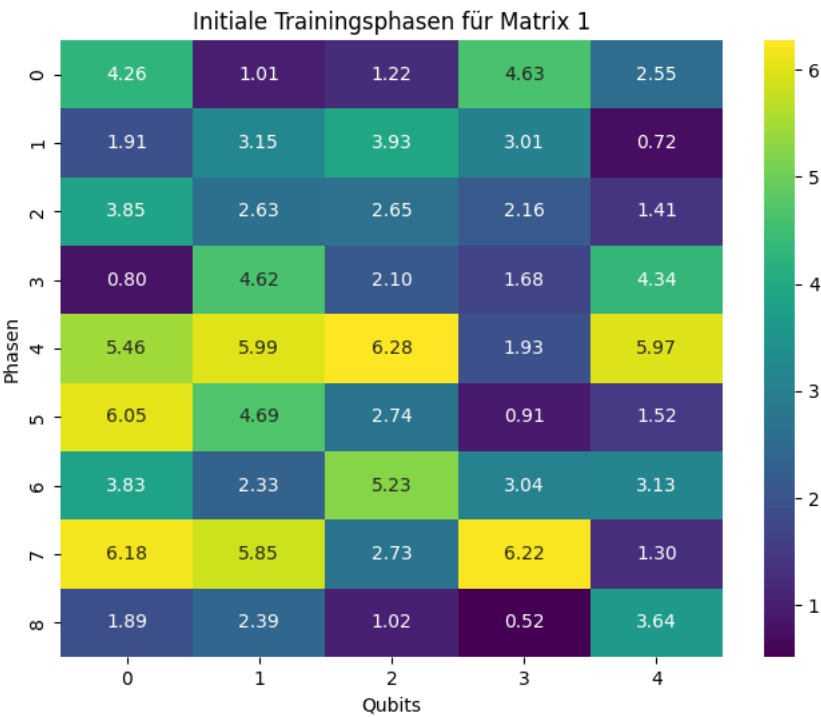
**Beschreibung:** Ein einfacher Optimierungsalgorithmus, der die Parameter in entgegengesetzter Richtung des Gradienten der Zielfunktion aktualisiert.

Keine Ergebnisse für diesen Optimierer.

Momentum

**Beschreibung:** Eine Erweiterung des grundlegenden Gradientenabstiegs, die die Konvergenz beschleunigt, indem sie einen Teil der vorherigen Aktualisierungsrichtung berücksichtigt.

Matrix 1



Initiale Phasenmatrix 1

|      |      |      |      |      |
|------|------|------|------|------|
| 4.26 | 1.01 | 1.22 | 4.63 | 2.55 |
| 1.91 | 3.15 | 3.93 | 3.01 | 0.72 |
| 3.85 | 2.63 | 2.65 | 2.16 | 1.41 |
| 0.80 | 4.62 | 2.10 | 1.68 | 4.34 |
| 5.46 | 5.99 | 6.28 | 1.93 | 5.97 |
| 6.05 | 4.69 | 2.74 | 0.91 | 1.52 |
| 3.83 | 2.33 | 5.23 | 3.04 | 3.13 |
| 6.18 | 5.85 | 2.73 | 6.22 | 1.30 |
| 1.89 | 2.39 | 1.02 | 0.52 | 3.64 |

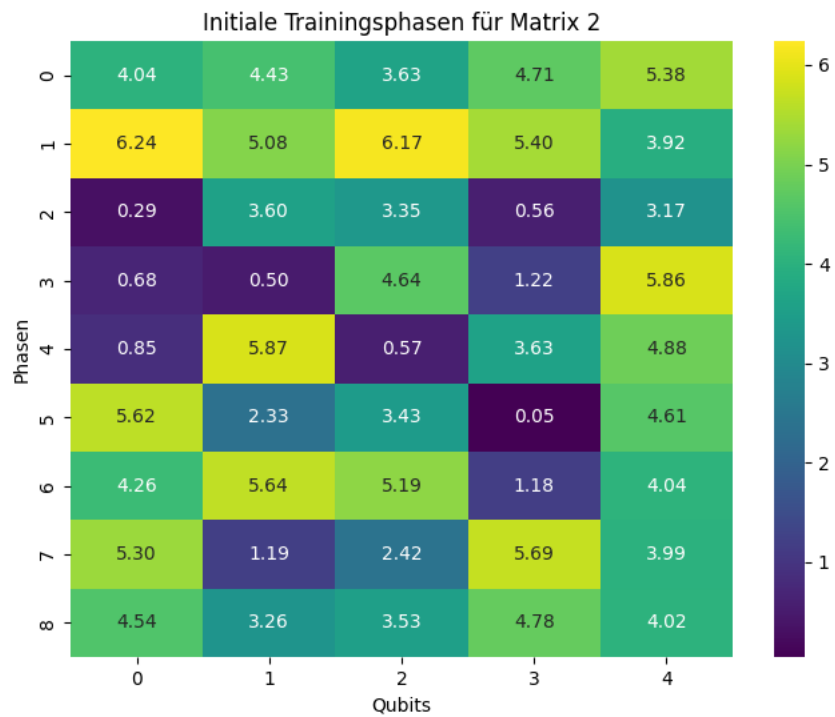


Optimierte Phasenmatrix 1

|      |      |      |      |      |
|------|------|------|------|------|
| 4.28 | 1.01 | 1.21 | 4.64 | 2.58 |
| 1.95 | 3.12 | 3.97 | 2.98 | 0.72 |
| 3.89 | 2.63 | 2.65 | 2.17 | 1.39 |
| 0.85 | 4.61 | 2.10 | 1.69 | 4.33 |
| 5.48 | 5.97 | 6.29 | 1.91 | 5.96 |
| 6.02 | 4.70 | 2.71 | 0.91 | 1.56 |
| 3.84 | 2.32 | 5.27 | 3.00 | 3.11 |
| 6.18 | 5.82 | 2.72 | 6.23 | 1.32 |
| 1.89 | 2.40 | 1.07 | 0.50 | 3.63 |

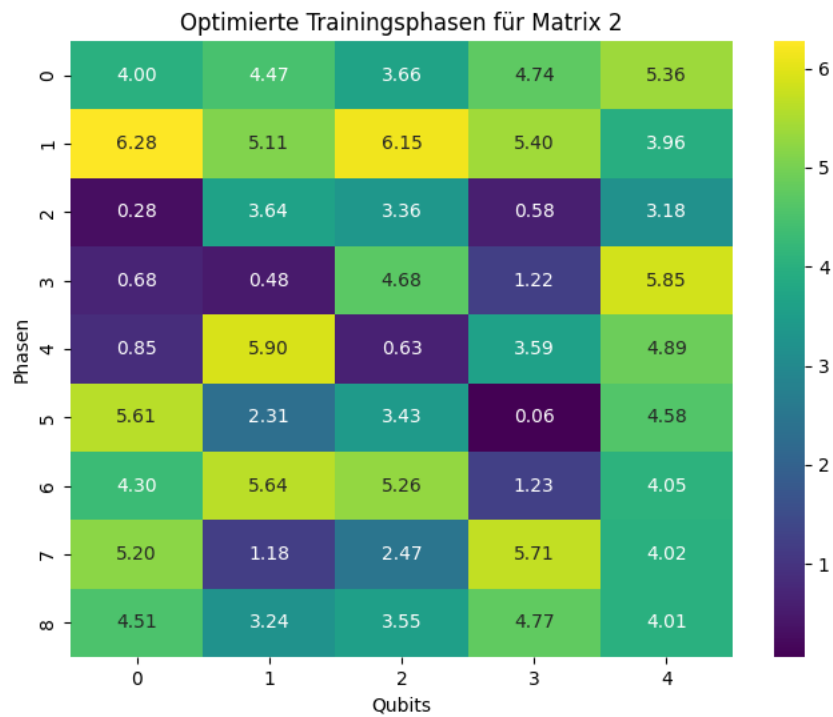
| Matrix   | Zielzustand | Wahrscheinlichkeit | Wahrscheinlichkeit des nächstliegenden Zustands |
|----------|-------------|--------------------|---|
| Matrix 1 | 10110       | 0.1000             | 0.3000  |

**Matrix 2**



Initiale Phasenmatrix 2

|      |      |      |      |      |
|------|------|------|------|------|
| 4.04 | 4.43 | 3.63 | 4.71 | 5.38 |
| 6.24 | 5.08 | 6.17 | 5.40 | 3.92 |
| 0.29 | 3.60 | 3.35 | 0.56 | 3.17 |
| 0.68 | 0.50 | 4.64 | 1.22 | 5.86 |
| 0.85 | 5.87 | 0.57 | 3.63 | 4.88 |
| 5.62 | 2.33 | 3.43 | 0.05 | 4.61 |
| 4.26 | 5.64 | 5.19 | 1.18 | 4.04 |
| 5.30 | 1.19 | 2.42 | 5.69 | 3.99 |
| 4.54 | 3.26 | 3.53 | 4.78 | 4.02 |

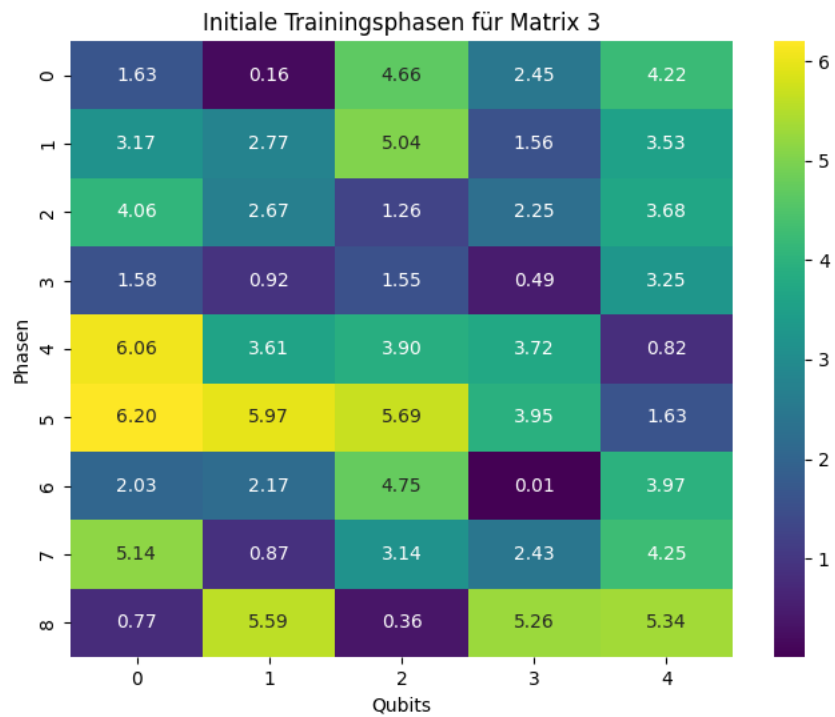


Optimierte Phasenmatrix 2

|      |      |      |      |      |
|------|------|------|------|------|
| 4.00 | 4.47 | 3.66 | 4.74 | 5.36 |
| 6.28 | 5.11 | 6.15 | 5.40 | 3.96 |
| 0.28 | 3.64 | 3.36 | 0.58 | 3.18 |
| 0.68 | 0.48 | 4.68 | 1.22 | 5.85 |
| 0.85 | 5.90 | 0.63 | 3.59 | 4.89 |
| 5.61 | 2.31 | 3.43 | 0.06 | 4.58 |
| 4.30 | 5.64 | 5.26 | 1.23 | 4.05 |
| 5.20 | 1.18 | 2.47 | 5.71 | 4.02 |
| 4.51 | 3.24 | 3.55 | 4.77 | 4.01 |

| Matrix   | Zielzustand | Wahrscheinlichkeit | Wahrscheinlichkeit des nächstliegenden Zustands |
|----------|-------------|--------------------|---|
| Matrix 2 | 11100       | 0.8000             | 0.1000  |

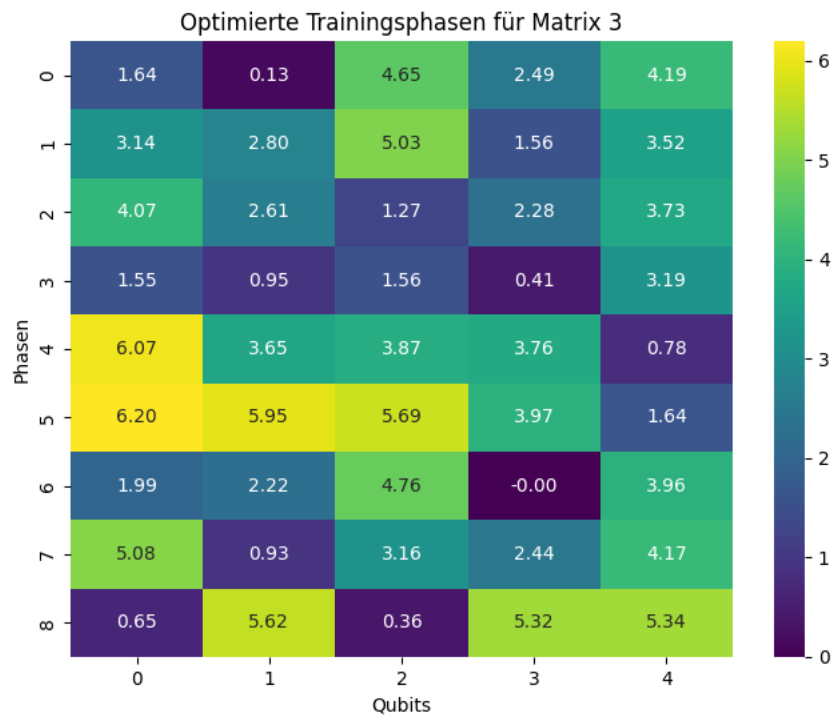
**Matrix 3**



Initiale Phasenmatrix 3

|      |      |      |      |      |
|------|------|------|------|------|
| 1.63 | 0.16 | 4.66 | 2.45 | 4.22 |
| 3.17 | 2.77 | 5.04 | 1.56 | 3.53 |
| 4.06 | 2.67 | 1.26 | 2.25 | 3.68 |
| 1.58 | 0.92 | 1.55 | 0.49 | 3.25 |
| 6.06 | 3.61 | 3.90 | 3.72 | 0.82 |
| 6.20 | 5.97 | 5.69 | 3.95 | 1.63 |
| 2.03 | 2.17 | 4.75 | 0.01 | 3.97 |
| 5.14 | 0.87 | 3.14 | 2.43 | 4.25 |
| 0.77 | 5.59 | 0.36 | 5.26 | 5.34 |





Optimierte Phasenmatrix 3

|      |      |      |       |      |
|------|------|------|-------|------|
| 1.64 | 0.13 | 4.65 | 2.49  | 4.19 |
| 3.14 | 2.80 | 5.03 | 1.56  | 3.52 |
| 4.07 | 2.61 | 1.27 | 2.28  | 3.73 |
| 1.55 | 0.95 | 1.56 | 0.41  | 3.19 |
| 6.07 | 3.65 | 3.87 | 3.76  | 0.78 |
| 6.20 | 5.95 | 5.69 | 3.97  | 1.64 |
| 1.99 | 2.22 | 4.76 | -0.00 | 3.96 |
| 5.08 | 0.93 | 3.16 | 2.44  | 4.17 |
| 0.65 | 5.62 | 0.36 | 5.32  | 5.34 |

| Matrix   | Zielzustand | Wahrscheinlichkeit | Wahrscheinlichkeit des nächstliegenden Zustands |
|----------|-------------|--------------------|---|
| Matrix 3 | 11110       | 0.0000             | 0.2000  |

### ***Adam (Adaptive Moment Estimation)***

**Beschreibung:** Kombiniert die Vorteile von RMSProp und Momentum, passt die Lernrate für jeden Parameter an und hält gleitende Mittelwerte der Gradienten und ihrer Quadrate bei.

Keine Ergebnisse für diesen Optimierer.

## ***Genetic Algorithm (GA)***

**Beschreibung:** Inspiriert von der natürlichen Selektion verwendet dieser Algorithmus Operationen wie Mutation, Kreuzung und Selektion, um Lösungen über Generationen hinweg zu entwickeln.

Keine Ergebnisse für diesen Optimierer.

## ***Particle Swarm Optimization (PSO)***

**Beschreibung:** Ein populationsbasierter Optimierungsalgorithmus, der soziales Verhalten simuliert, wobei Partikel ihre Positionen basierend auf eigenen und Nachbarerfahrungen anpassen.

Keine Ergebnisse für diesen Optimierer.

## ***Bayesian Optimization***

**Beschreibung:** Verwendet ein probabilistisches Modell, um die Zielfunktion zu schätzen und konzentriert sich auf Bereiche mit hoher Wahrscheinlichkeit, das Minimum zu finden.

Keine Ergebnisse für diesen Optimierer.

## ***Simulated Annealing***

**Beschreibung:** Imitiert den Annealing-Prozess in der Metallurgie, reduziert die 'Temperatur' im Laufe der Zeit, um lokalen Minima zu entkommen und ein globales Minimum zu finden.

Keine Ergebnisse für diesen Optimierer.

## ***Quantum Natural Gradient (QNG)***

**Beschreibung:** Eine quantenbewusste Optimierungstechnik, die die geometrischen Eigenschaften des Parameterraums berücksichtigt, oft mit besserer Konvergenz in der Quantenschaltkreisoptimierung.

Keine Ergebnisse für diesen Optimierer.

### 3. Vergleich zwischen Methoden

#### *Matrix 1*

**Optimizer:** SimulatedAnnealing  
**Zielzustand:** 10110  
**Anfangswahrscheinlichkeit:** 0.2000  
**Endwahrscheinlichkeit:** 0.1000  
**Verbesserung:** -0.1000

**Optimizer:** Adam  
**Zielzustand:** 10110  
**Anfangswahrscheinlichkeit:** 0.2000  
**Endwahrscheinlichkeit:** 0.2000  
**Verbesserung:** 0.0000

**Optimizer:** Basic  
**Zielzustand:** 10110  
**Anfangswahrscheinlichkeit:** 0.2000  
**Endwahrscheinlichkeit:** 0.0000  
**Verbesserung:** -0.2000

**Optimizer:** Momentum  
**Zielzustand:** 10110  
**Anfangswahrscheinlichkeit:** 0.2000  
**Endwahrscheinlichkeit:** 0.1000  
**Verbesserung:** -0.1000

**Optimizer:** Bayesian  
**Zielzustand:** 10110  
**Anfangswahrscheinlichkeit:** 0.2000  
**Endwahrscheinlichkeit:** 0.3000  
**Verbesserung:** 0.1000

**Optimizer:** PSO  
**Zielzustand:** 10110  
**Anfangswahrscheinlichkeit:** 0.2000  
**Endwahrscheinlichkeit:** 0.0000  
**Verbesserung:** -0.2000

#### *Matrix 2*



**Optimizer:** SimulatedAnnealing  
**Zielzustand:** 11100  
**Anfangswahrscheinlichkeit:** 0.3000  
**Endwahrscheinlichkeit:** 0.5000  
**Verbesserung:** 0.2000

**Optimizer:** Adam  
**Zielzustand:** 11100  
**Anfangswahrscheinlichkeit:** 0.3000  
**Endwahrscheinlichkeit:** 0.6000  
**Verbesserung:** 0.3000

**Optimizer:** Basic  
**Zielzustand:** 11100  
**Anfangswahrscheinlichkeit:** 0.3000  
**Endwahrscheinlichkeit:** 0.2000  
**Verbesserung:** -0.1000

**Optimizer:** Momentum  
**Zielzustand:** 11100  
**Anfangswahrscheinlichkeit:** 0.3000  
**Endwahrscheinlichkeit:** 0.8000  
**Verbesserung:** 0.5000

**Optimizer:** PSO  
**Zielzustand:** 11100  
**Anfangswahrscheinlichkeit:** 0.3000  
**Endwahrscheinlichkeit:** 0.0000  
**Verbesserung:** -0.3000

**Optimizer:** Bayesian  
**Zielzustand:** 11100  
**Anfangswahrscheinlichkeit:** 0.3000  
**Endwahrscheinlichkeit:** 0.3000  
**Verbesserung:** 0.0000

### ***Matrix 3***

**Optimizer:** SimulatedAnnealing  
**Zielzustand:** 11110  
**Anfangswahrscheinlichkeit:** 0.2000  
**Endwahrscheinlichkeit:** 0.0000  
**Verbesserung:** -0.2000

**Optimizer:** Basic  
**Zielzustand:** 11110  
**Anfangswahrscheinlichkeit:** 0.2000  
**Endwahrscheinlichkeit:** 0.0000  
**Verbesserung:** -0.2000

**Optimizer:** Momentum  
**Zielzustand:** 11110  
**Anfangswahrscheinlichkeit:** 0.2000  
**Endwahrscheinlichkeit:** 0.0000  
**Verbesserung:** -0.2000

**Optimizer:** Adam  
**Zielzustand:** 11110  
**Anfangswahrscheinlichkeit:** 0.2000  
**Endwahrscheinlichkeit:** 0.1000  
**Verbesserung:** -0.1000

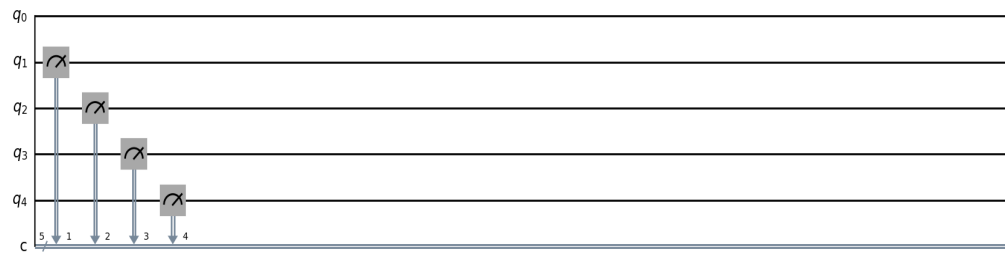
**Optimizer:** PSO  
**Zielzustand:** 11110  
**Anfangswahrscheinlichkeit:** 0.2000  
**Endwahrscheinlichkeit:** 0.1000  
**Verbesserung:** -0.1000

**Optimizer:** Bayesian  
**Zielzustand:** 11110  
**Anfangswahrscheinlichkeit:** 0.2000  
**Endwahrscheinlichkeit:** 0.0000  
**Verbesserung:** -0.2000

***Zusammenfassung der Endwahrscheinlichkeiten des Zielzustands für jede Matrix und jeden Optimierer:***

| Matrix   | SimulatedAnnealing | Adam   | Basic  | Momentum | Bayesian | PSO    |
|----------|--------------------|--------|--------|----------|----------|--------|
| Matrix 1 | 0.1000             | 0.2000 | 0.0000 | 0.1000   | 0.3000   | 0.0000 |
| Matrix 2 | 0.5000             | 0.6000 | 0.2000 | 0.8000   | 0.0000   | 0.3000 |
| Matrix 3 | 0.0000             | 0.0000 | 0.0000 | 0.1000   | 0.1000   | 0.0000 |

#### 4. Quantenschaltkreis



## 5. Endergebnisse

### Endergebnisse

Die effektivste Optimierungsmethode war **Momentum**, die die höchste Verbesserung der Zielzustandswahrscheinlichkeit erreichte.