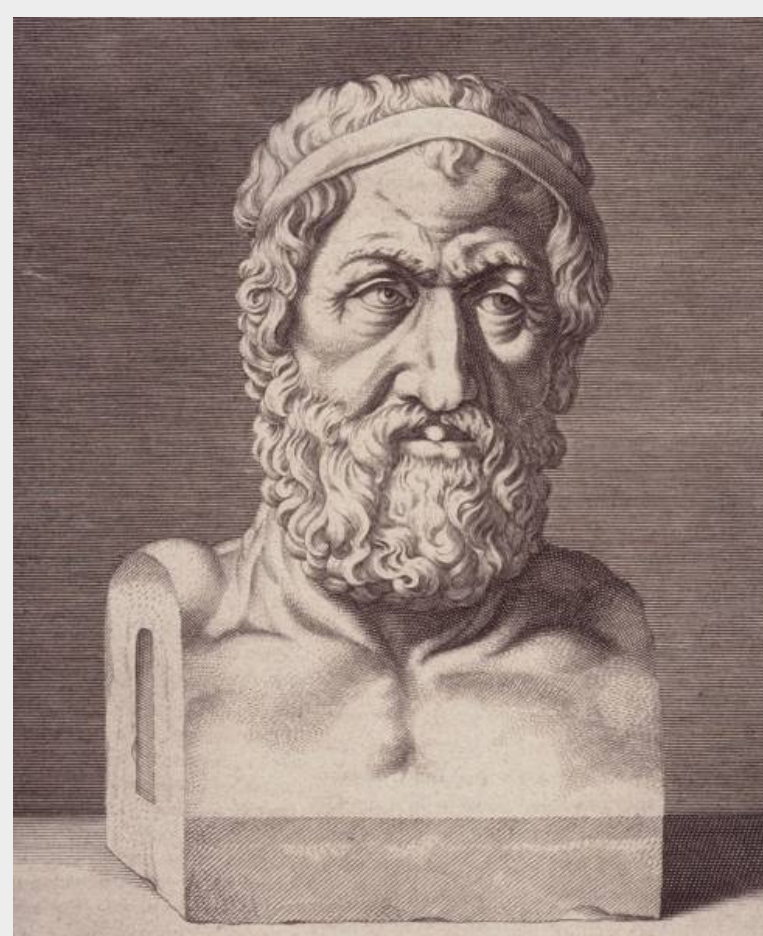


1 Einführung und Motivation

- Quantencomputer könnten bestimmte Aufgaben, wie z.B. die Primzahlzerlegung oder die Suche in großen Datenbanken, deutlich schneller bearbeiten als klassische Computer.
- Quantenphänomene lassen sich auf klassischen Computern nur vergleichsweise ineffizient simulieren.
→ Quantencomputer könnten große Fortschritte bewirken!
- **Aber:** Während die vielversprechenden theoretischen Möglichkeiten seit langer Zeit bekannt sind, ist es sehr schwierig einen Quantencomputer zu bauen.
- Es gibt mehrere verschiedene Ansätze zum Bau eines Quantencomputers. Dabei werden die Quantenbits z.B. durch Ionen in Ionenfallen oder *Lichtteilchen* (photons) dargestellt. Diese Diplomarbeit verfolgt einen Ansatz mittels Lichtteilchen.
- *Verschränkung* (entangling) ist ein zentrales Quantenphänomen, das letztlich für die theoretische Überlegenheit eines Quantencomputers verantwortlich ist. Ein Quantengatter, das zwei Lichtteilchen kontrolliert verschränken kann (sog. Quanten-CNOT) ist ein wichtiger Baustein auf dem Weg zum Quantencomputer.
- Dieses verschränkende Quantengatter mithilfe des *Quanten-Zeno-Effekts* zu realisieren, ist das Ziel dieser Diplomarbeit.

2 Der Quanten-Zeno-Effekt

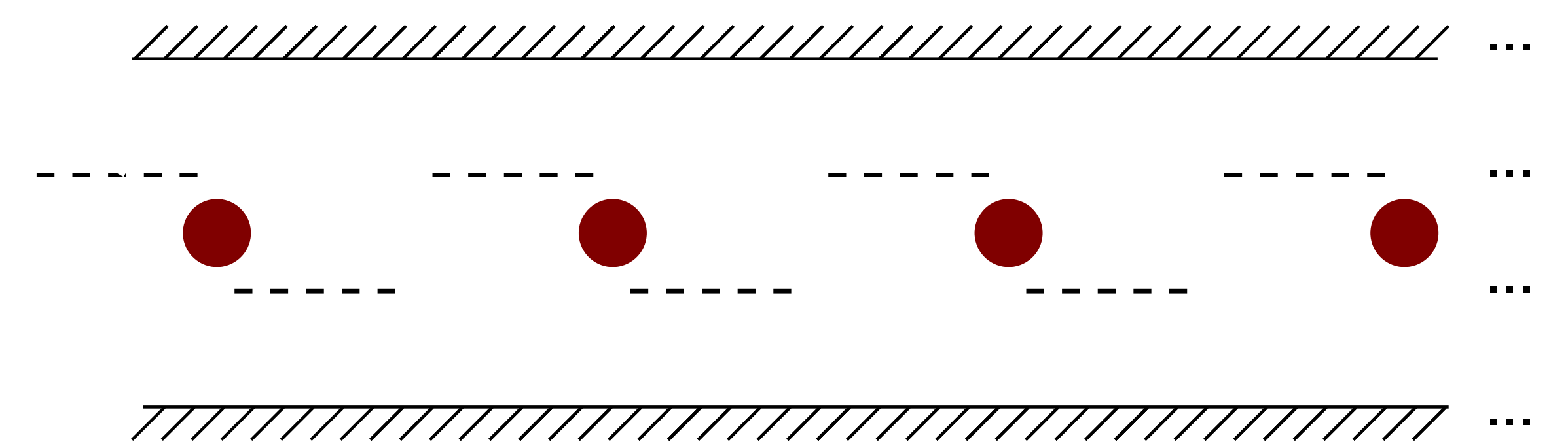


- Der Quanten-Zeno-Effekt beschreibt die Verlangsamung bzw. Unterdrückung von quantenphysikalischen Vorgängen durch häufige Messungen. Er ist benannt nach dem griechischen Philosophen "Zenon von Elea" der sich mit dem Verhältnis von Raum, Zeit und Bewegung beschäftigt hat (z.B. mit dem Pfeilparadoxon).
- Einfaches Beispiel: **Radioaktiver Zerfall**
Ein instabiler (unbeobachteter) Atomkern zerfällt nach einer gewissen Zeit.
→ **Aber:** Dauerndes "nachschaun" ob der Kern schon zerfallen ist, verlangsamt bzw. verhindert den Zerfall!
- Der Effekt hat mit den fundamentalen Gesetzen der Quantenmechanik zu tun und kommt in der klassischen Physik (und daher auch im Alltag) nicht vor.

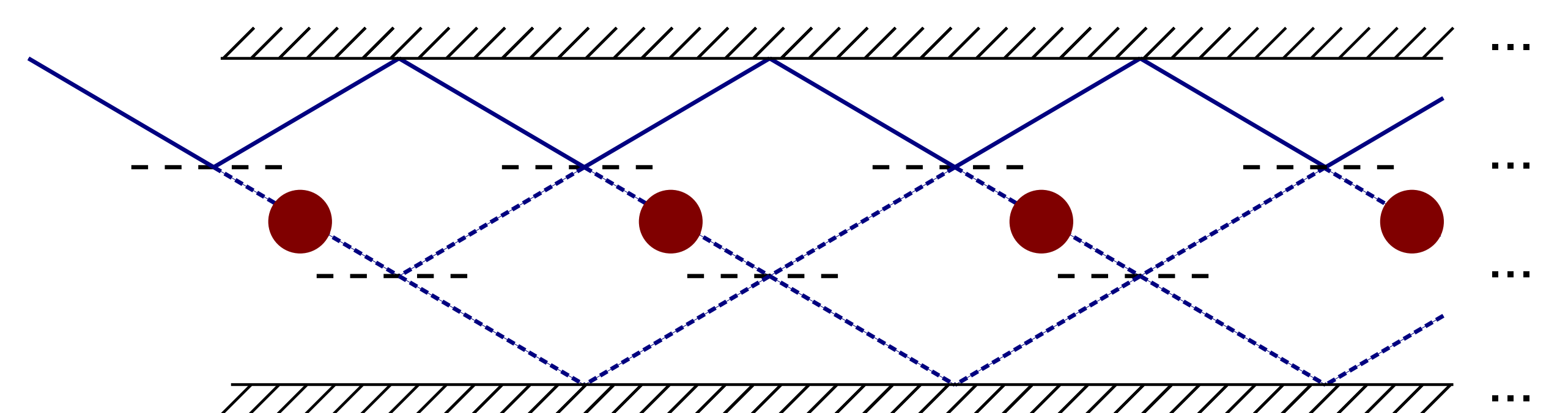
Danksagungen

Für die finanzielle Unterstützung während des Studiums danke ich der Studienstiftung des deutschen Volkes, dem Land NRW und der Sparkasse Essen. Prof. Dr. Ralf Schützhold und Dr. habil. Andreas Osterloh danke ich für die Betreuung der Arbeit, sowie der ganzen AG Schützhold für wertvolle Diskussionen und Anregungen.

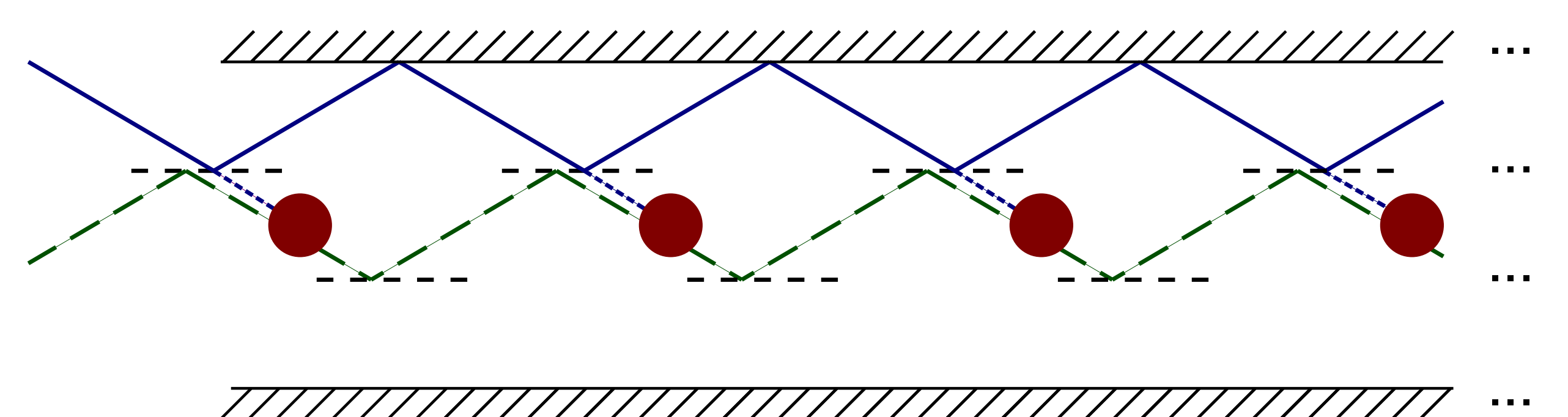
3 Optischer Aufbau des Quantengatters



- Der optische Aufbau des in der Arbeit vorgeschlagenen Quantengatters. Die zwei horizontalen Linien oben und unten symbolisieren nach innen gerichtete Spiegel. Die gestrichelten, horizontalen Linien im Inneren stehen für Strahlteiler. Diese funktionieren ähnlich wie Spiegel, lassen jedoch einen kleinen Bruchteil des einfallenden Lichtes durch, anstatt alles zu reflektieren.
- Man kann sich das Gatter als aufgeteilt in drei "Zweige" vorstellen, die jeweils durch eine Reihe von Strahlteilern getrennt sind.
- Die roten Kreise stehen für Absorber, die nach jedem Strahlteiler messen, ob sich **ein** oder **zwei** Lichtteilchen im mittleren Zweig aufhalten. Falls sich dort nur ein Lichtteilchen aufhält, so passiert nichts. Wenn aber zwei Lichtteilchen auftreffen, so werden beide absorbiert.



- Fliegt nun in den oberen Zweig ein Lichtteilchen ein (dargestellt durch die blaue Linie), so gelangt es durch die beiden Reihen von Strahlteilern erst in den mittleren Zweig und dann auch in den unteren Zweig. Die Absorber spielen in diesem Fall keine Rolle.
- Am Ende des Gatters befindet sich das Lichtteilchen im unteren Zweig. Man sagt, es ist zum **gegenüberliegenden Zweig "getunnelt"**.



- Falls nun zusätzlich zu dem Lichtteilchen im oberen Zweig (blaue Linie) auch ein Lichtteilchen in den mittleren Zweig einläuft (gestrichelte grüne Linie), so sorgt die wiederholte Messung durch den Absorber im mittleren Zweig dafür, dass das obere Photon **im oberen Zweig bleibt!**
- In diesem Sinne werden die beiden Lichtteilchen **verschränkt**: Ob das Lichtteilchen, das oben hereinkommt, am Ende im oberen Zweig oder im unteren Zweig ist, ist durch das Vorhandensein oder Nicht-Vorhandensein des zweiten Lichtteilchens bestimmt!

References

- P.W. Shor, SIAM J. Comput. **26**, 1484 (1997)
L.K. Grover, PRL **79**, 325 (1997)
R.P. Feynman, Int. J. Theor. Phys. **21**, 467 (1982)
B. Misra and E.C.G. Sudarshan, J. Math. Phys. **18**, 756 (1977)
N. ten Brinke, A. Osterloh and R. Schützhold, PRA **84**, 022317 (2011)