



Lehrertrack Tools und Spiele

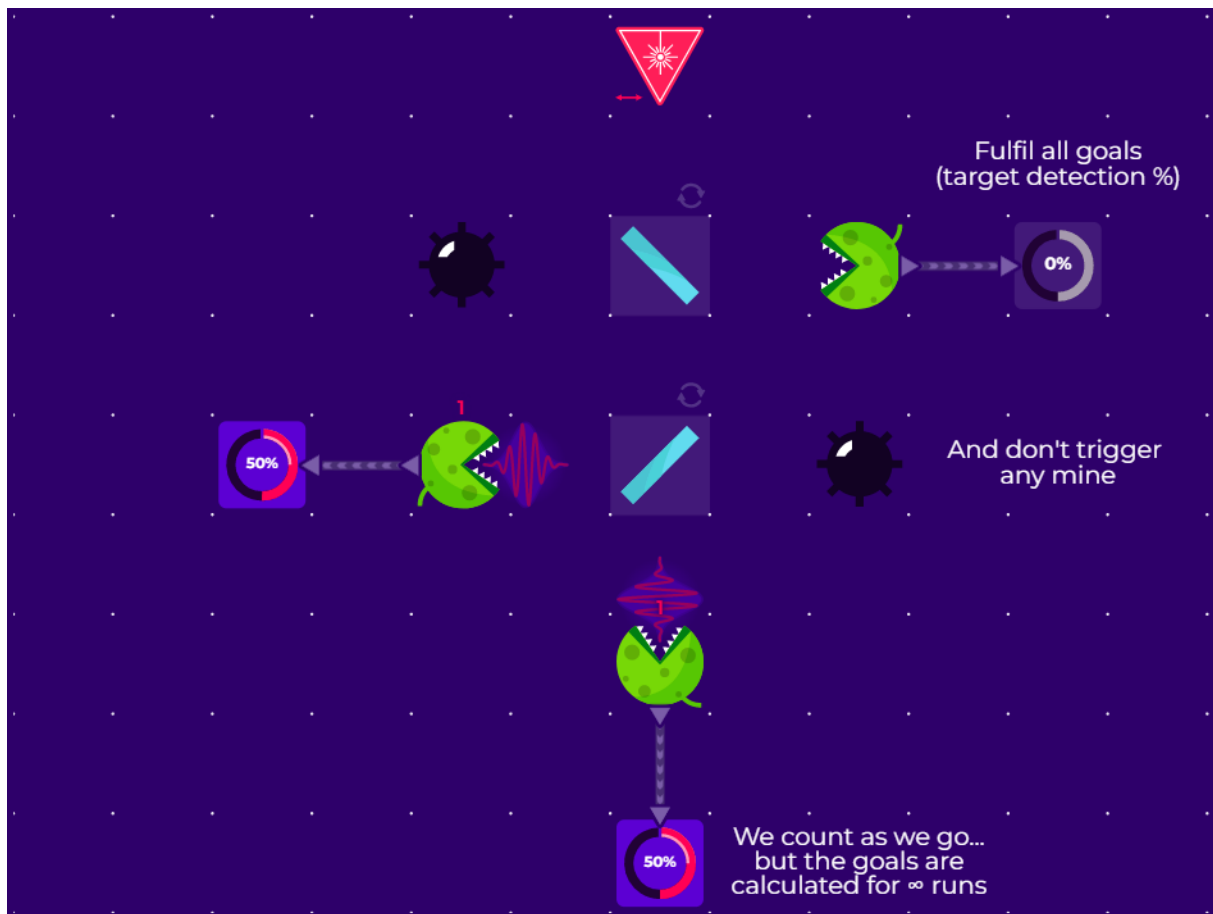
1 Tools, Spiele und Skripte für die Lehre

Quantencomputing ist ein neues Thema. Aufgrund der erwarteten Potentiale für die Wirtschaft und dem Fachkräftemangel in diesem Bereich haben sehr viele Firmen, Unis und Enthusiasten Materialien für die Lehre erstellt, die teilweise sogar ab dem Grundschulalter Anwendung finden kann.



1.1 Spiele

Das erste Spiel in der Liste heißt *Quantum Game* (<https://quantumgame.io/>) und hat tatsächlich mit der Lehrerweiterbildung weniger zu tun. In diesem Spiel geht es um photonische Systeme, die verwendet werden, um einen Quantencomputer zu realisieren. Dennoch ist das Spiel evtl. z.B. für einen fächerverbindenden Unterricht mit der Physik interessant. In dem Spiel werden verschiedene optische Elemente verwendet, um die Superposition, Verschränkung und Interferenz zu erzeugen.

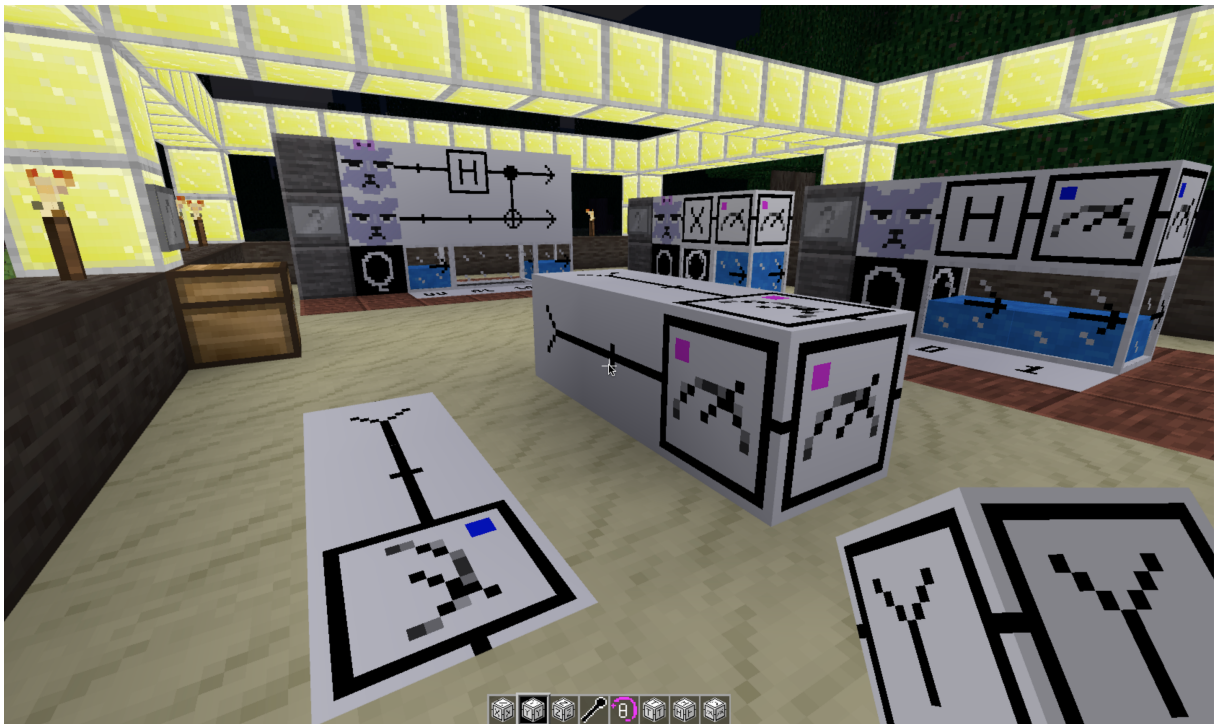




Qiskit Blocks (<https://slides.com/javafxpert/qiskitblocks>) ist ein Spiel, das in einer Minecraft-ähnlichen Umgebung namens *Minetest* (<https://www.minetest.net/>) läuft. Dort kann man 16 Aufgaben lösen und so das Quantencomputing in einer Blockwelt erproben.

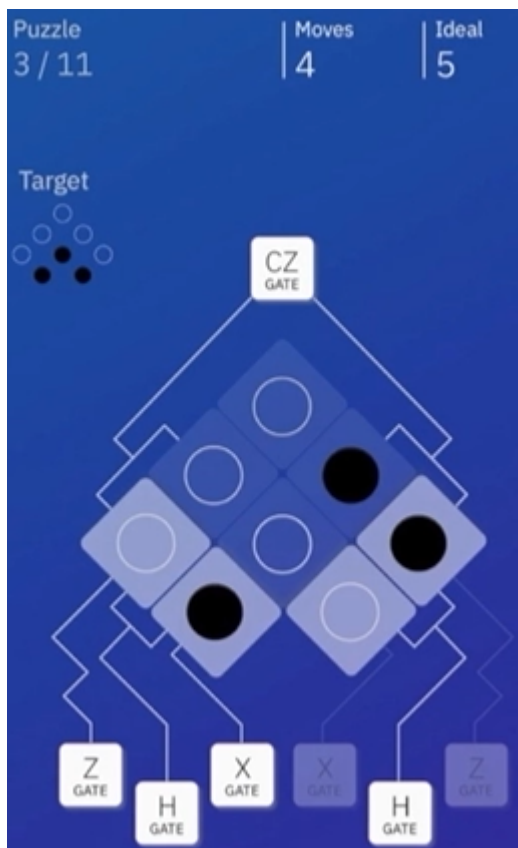
Hier müssen wir noch einen Fehler beheben, bevor wir das Spiel spielen können: Minetest settings → All settings → Server/Singleplayer → Security → Trusted mods

And add: q.command





Hello Quantum (<https://helloquantum.mybluemix.net/>) ist ein Handyspiel von IBM. Bei diesem Spiel werden das H -, Z -, X - und CZ -Gate verwendet, um dabei verschiedene Puzzle zu lösen. Gleichzeitig lernt man die Grundlagen des Quantencomputings.





1.2 Simulation

QuVis (<https://www.st-andrews.ac.uk/physics/quvis/>) ist eine Webseite, auf der verschiedene Algorithmen simuliert werden. Für die Lehrerweiterbildung ist hier vor Allem das Thema BB84 (https://www.st-andrews.ac.uk/physics/quvis/simulations_html5/sims/cryptography-bb84/Quantum_Cryptography.html) relevant. Gezeigt wird hier, wie der Quantenschlüsselaustausch nach dem BB84 Protokoll funktioniert.

Simulation

Challenges

Quantum key distribution (BB84 protocol) with spin $\frac{1}{2}$ particles

Alice
(source)

→ In vacuum

Bob

☐ Z
 ☒ X

☒ Random orientations
 ☐ Fixed orientations

☒ Z
 ☐ X

Alice		Eve	Bob		Alice and Bob	Key
Basis	Value	Basis	Outcome	Basis	Outcome	
X	0			Z	1	NO
X	1			Z	0	NO
Z	1			X	0	NO
X	1			Z	0	NO
Z	1			X	0	NO
Z	0			X	0	NO

Display controls

☒ Show key generation

☒ Show key bits

☒ Show total errors

Main controls

Send spin $\frac{1}{2}$ particles to Bob

Let Eve intercept and resend particles

Most recent key bits (same bases)

Alice 1 0 1 0 0 1 0 0 1 0 1 0 1 0 0 0 1 1 0 0 0 1 1 0 1 0 1 0 1 1 1 0 0 0 1 1 1 0 1 1	Bob 1 0 1 0 0 1 0 0 1 0 1 0 1 0 0 0 1 1 0 0 0 1 1 0 1 0 1 0 1 1 1 0 0 0 1 1 1 0 1 1
---	---

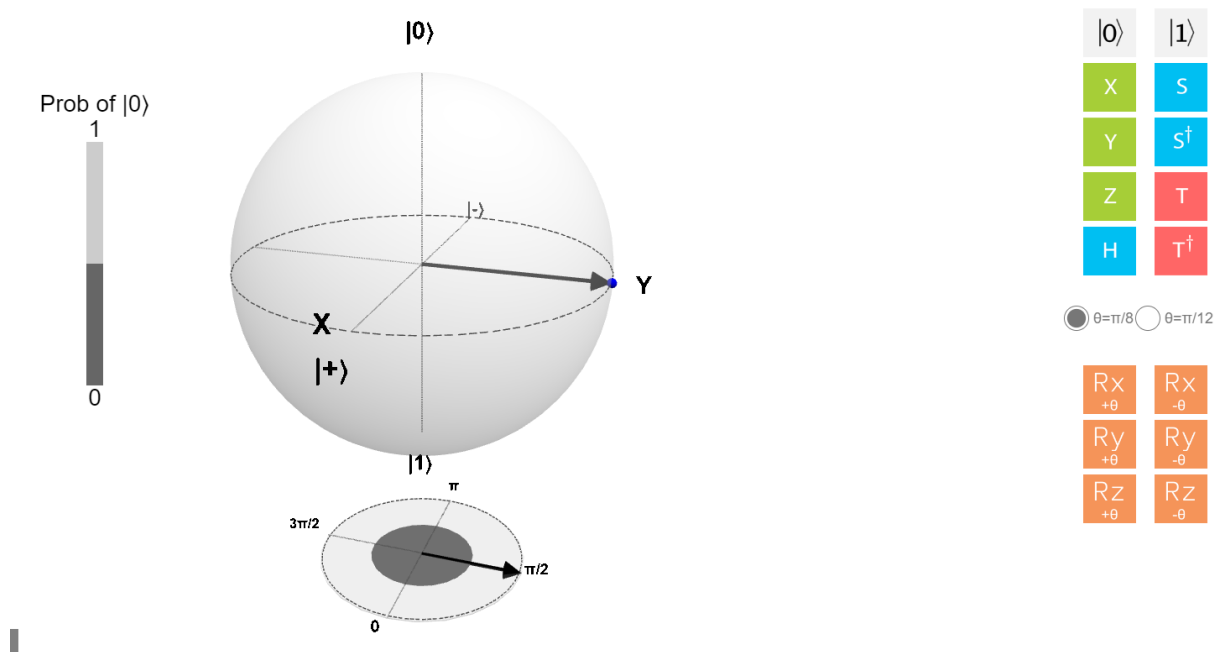
Errors (all measurements)

		Theoretical
Total:	$N_{\text{tot}} = 326$	0.5 N_{tot}
Key bits:	$N_{\text{key}} = 155$	
Errors:	$N_{\text{err}} = 0$	
Probability:	$\frac{N_{\text{err}}}{N_{\text{key}}} = 0.000$	0



Ein weiteres Tool fokussiert sich auf die *Bloch Sphere* (<https://javafxpert.github.io/grok-bloch/>). Hier kann man alle 1 Qubit Operationen verwenden, um den Zustand zu verändern und sieht die Auswirkungen sofort.

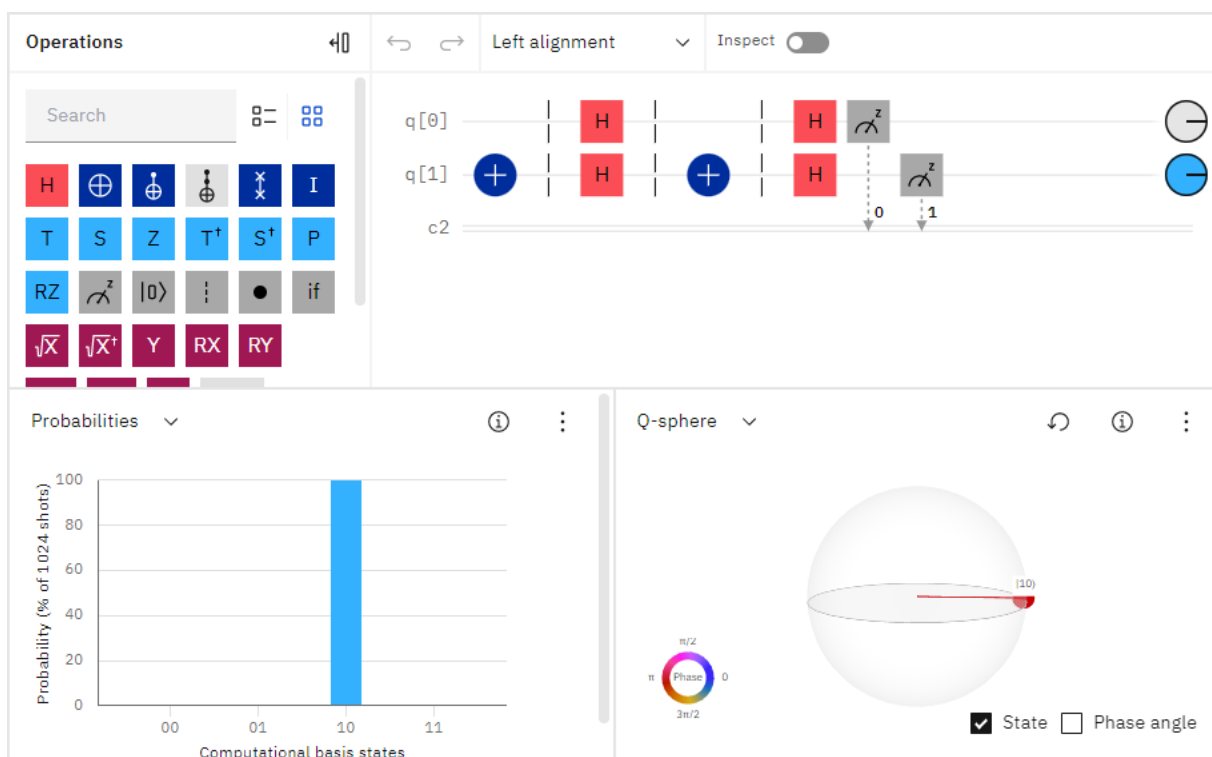
$$|\psi\rangle = \sqrt{0.50} |0\rangle + (\sqrt{0.50})e^{i\pi/2} |1\rangle$$





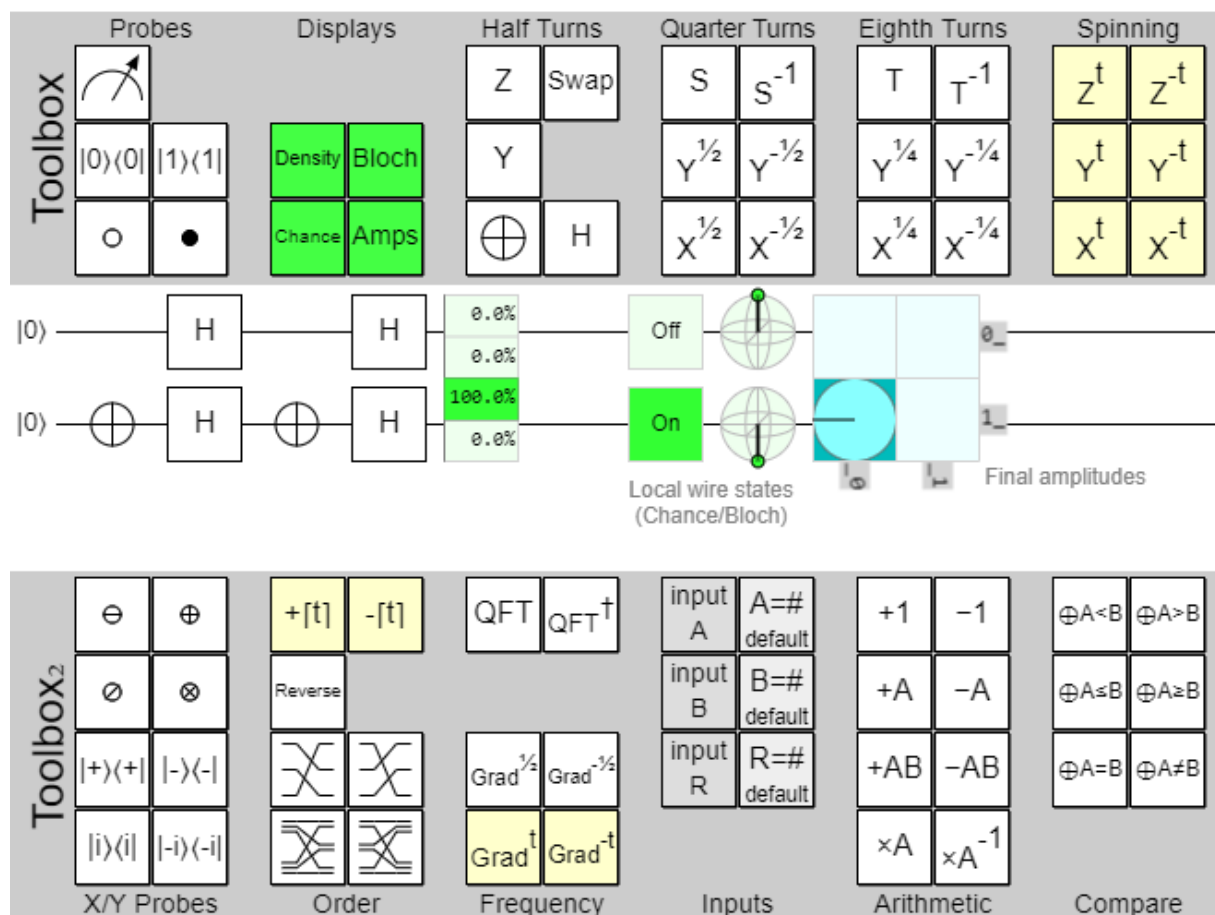
1.3 Tools

Der *IBM-Composer* (<https://quantum-computing.ibm.com/composer>) ist ein grafisches Tool, um Schaltkreise zu erzeugen, zu simulieren und auf echten Quantencomputern auszuführen. Hier wird zwar zwingend ein Account bei IBM benötigt, allerdings bietet es auch gleichzeitig die leichteste Lösung, um auf ein großes Portfolio an Quantencomputern zuzugreifen.





Auf der anderen Seite ist *Quirk* (<https://algassert.com/quirk>) ein Composer, der zwar nicht auf echte Quantencomputer zugreifen kann, dafür aber auch keinen Account benötigt. Insgesamt funktioniert das Ausführen von Schaltkreisen schneller und die Schaltkreise können per Link geteilt werden. Man kann Schaltkreise auf einer großen Menge von Qubits ausführen und kann viele verschiedene Darstellungen wählen, um den Quantenzustand zu untersuchen.





1.4 Skripte, Handbücher und Videos

2021 wurde auf der Webseite der *Gesellschaft für Informatik* (<https://turing-bus.de/themen/quanten-21>) der Turing Bus zum Thema Quantencomputing veröffentlicht. Dabei ist umfangreiches *Material für Lehrveranstaltungen* (<https://computingeducation.de/TuringBus-Broschu%CC%88re-ALICE-und-BOB.pdf>) zum Thema entstanden. In dem Heft wird, auf für Kinder verständliche Weise, das Thema Quantencomputing auf verschiedene bereits bekannte Konzepte heruntergebrochen.

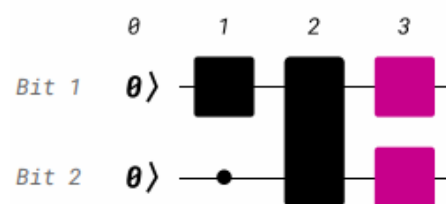
Schaltkreise

Mehrere Gatter bilden zusammen einen **Schaltkreis** und sind so die Basis für Computer, wie wir sie kennen. Ein **Algorithmus**, der von einem Computer ausgeführt werden kann, ist dann nichts anderes als eine präzise Beschreibung, wann welches Gatter angewendet werden muss. Um zu verstehen, wie ein herkömmlicher Computer im Innersten arbeitet, ist es daher hilfreich zu verstehen, wie diese Gatter funktionieren.

Schaltkreise können ähnlich wie Musiknoten in Diagrammen dargestellt werden. Eine Musikerin bzw. ein Musiker beginnt links im Moment Null und geht in der Zeit vorwärts, indem sie oder er nach rechts liest. Am Notenschlüssel ist zu erkennen, wie die Noten zu interpretieren sind.



In ähnlicher Weise stellen Schaltkreise Gatteroperationen als eine Reihe von Momenten in der Zeit dar. Wie die Noten ist das Diagramm beginnend beim Moment Null von links nach rechts zu lesen. Hier haben wir einen Schaltkreis, der 3 Momente lang ist und mit 2 Bits arbeitet.



Lehrerweiterbildung: Quantencomputing 2022

Prof. Dr. Jörg Lässig, Daniel Müssig



Die *Bibel des Quantencomputings* (<https://www.cambridge.org/highereducation/books/quantum-computation-and-quantum-information/01E10196D0A682A6AEFFEA52D53BE9AE#overview>) wurde von Nielsen und Chuang bereits 2010 veröffentlicht. Es gibt übrigens auch eine gleichwertige Deutsche Veröffentlichung *Quantum Computing verstehen* (<https://link.springer.com/book/10.1007/978-3-658-22884-2>).

Nielsen hat sich mit Andy Matuschak zusammengetan und erste Kapitel in ein "mnemonic medium" dem *Quantum Country* (<https://quantum.country/>) übertragen. Diese Webseite versteht sich als Karteikartenbox und Ebook zugleich. Sie speichert den Fortschritt des Lesers u.a. durch Tests und schlägt ihm vor, wann er das nächste Mal das Kapitel prüfen soll.

Alright, let's review what we've learnt. Please indulge me by answering the questions just below. It'll only take a few seconds – for each question, think about what you believe the answer to be, click to reveal the actual answer, and then mark whether you remembered or not. If you can recall, that's great. If not, that's also fine, just note the correct answer, and continue.

How many dimensions does the state space of a qubit have?

2

in-text 1 week 3 weeks 3 months long-term

Didn't remember Remembered

Quantum computing for the very curious

Part I: The state of a qubit

A medium which makes memory a choice

Connecting qubits to bits: the computational basis states

How to use (or not use) the questions

How to approach this essay?

General states of a qubit

What does the quantum state mean?

Why is it a vector in a complex vector space?

Part II: Introducing quantum logic gates

Part III: Universal quantum computing

How the quantum search algorithm works

How quantum teleportation works

Quantum mechanics distilled

Sign in

Support us on Patreon

Our future projects are funded in part by readers like you.

Special thanks to our sponsor-level patrons,

Adam Mosseri, Adam Pribitkin, Paul R. Hertz



IBM hat auch ein Buch zum Thema veröffentlicht, welches den Fokus auf Qiskit legt. Das *Qiskit Textbook* (<https://qiskit.org/textbook>) erklärt viele Konzepte sehr oberflächlich und legt dabei sehr viel Wert auf die Implementierung mit Qiskit. Dennoch kann es als Begleitmaterial zu einem Textbuch hilfreich sein.

Learn Quantum Computation using Qiskit

What is Quantum?

0. Prerequisites

1. Quantum States and Qubits

- 1.1 Introduction
- 1.2 The Atoms of Computation
- 1.3 Representing Qubit States
- 1.4 Single Qubit Gates
- 1.5 The Case for Quantum

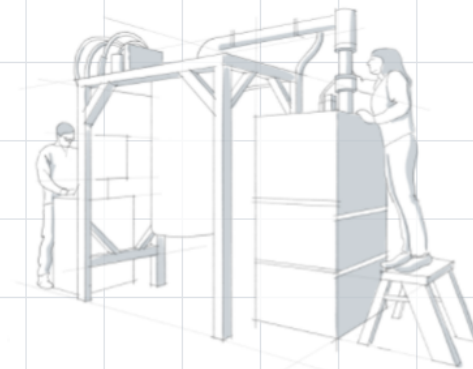
2. Multiple Qubits and Entanglement

- 2.1 Introduction
- 2.2 Multiple Qubits and Entangled States
- 2.3 Phase Kickback
- 2.4 More Circuit Identities
- 2.5 Proving Universality
- 2.6 Classical Computation on a Quantum Computer

3. Quantum Protocols and Quantum Algorithms



Learn Quantum Computation using Qiskit

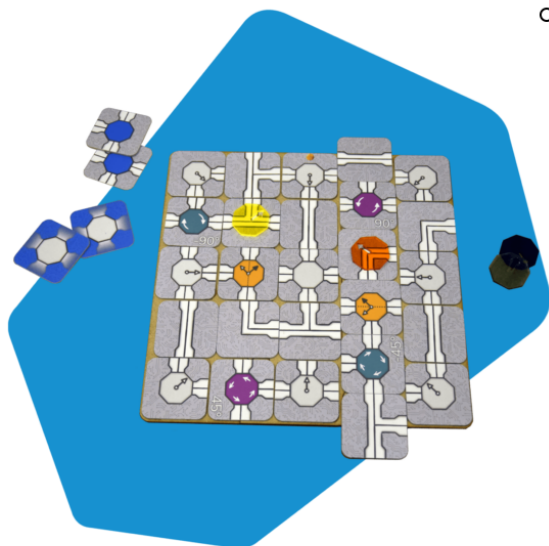


Greetings from the Qiskit Community team! This textbook is a university quantum algorithms/computation course supplement based on Qiskit to help learn:



Die *HTW Berlin* (https://iug.htw-berlin.de/oer_quexplained/) hat eine Webseiten aufgesetzt auf denen Schülerinnen und Schüler selbständig mit Hilfe von Videos Infos über das Thema Quantencomputing lernen können.

Die Webseite verweist außerdem auf die der *Tüftelakademie* (<https://tueftelakademie.de/quanten1x1>). Hier kann man sich auch über das Thema Quantencomputing informieren. Zusätzlich gibt es hier aber auch Brettspiele, die einem das Quantencomputing näher bringen, die man kaufen kann.



Startseite / Tüftelboxen / TüftelBox Quanten – Labyrinth

TüftelBox Quanten – Labyrinth

29,90 €

inkl. 19 % MwSt.

— english version below —

Klassische Computer arbeiten mit Logikgattern. Bei Quantencomputern ist das ähnlich, aber hier gibt es die Quantengatter, schließlich werden hier auch QuBits (Quanten-Bits) genutzt. Baut euer Quantenlabyrinth so, dass ihr mit euren QuBits die richtigen Gatter erreicht. Schließlich könnt ihr nur Punkten, wenn euer QuBit durch die richtigen Gatter rotiert und gespiegelt wurde, bevor es im Zielzustand ankommt.

👉 Das Quantenlabyrinth, versteht spielend die Supercomputer der Zukunft und wie die QuBits genutzt werden.

👉 ab 12 Jahren

Zuletzt möchte ich noch auf eine Veröffentlichung mit dem Namen *Quantum Computing as a High School Module* (<https://arxiv.org/pdf/1905.00282.pdf>) verweisen. Hier wird der Lerninhalt für ein eigenes Schulfach Quantencomputing vorgeschlagen.

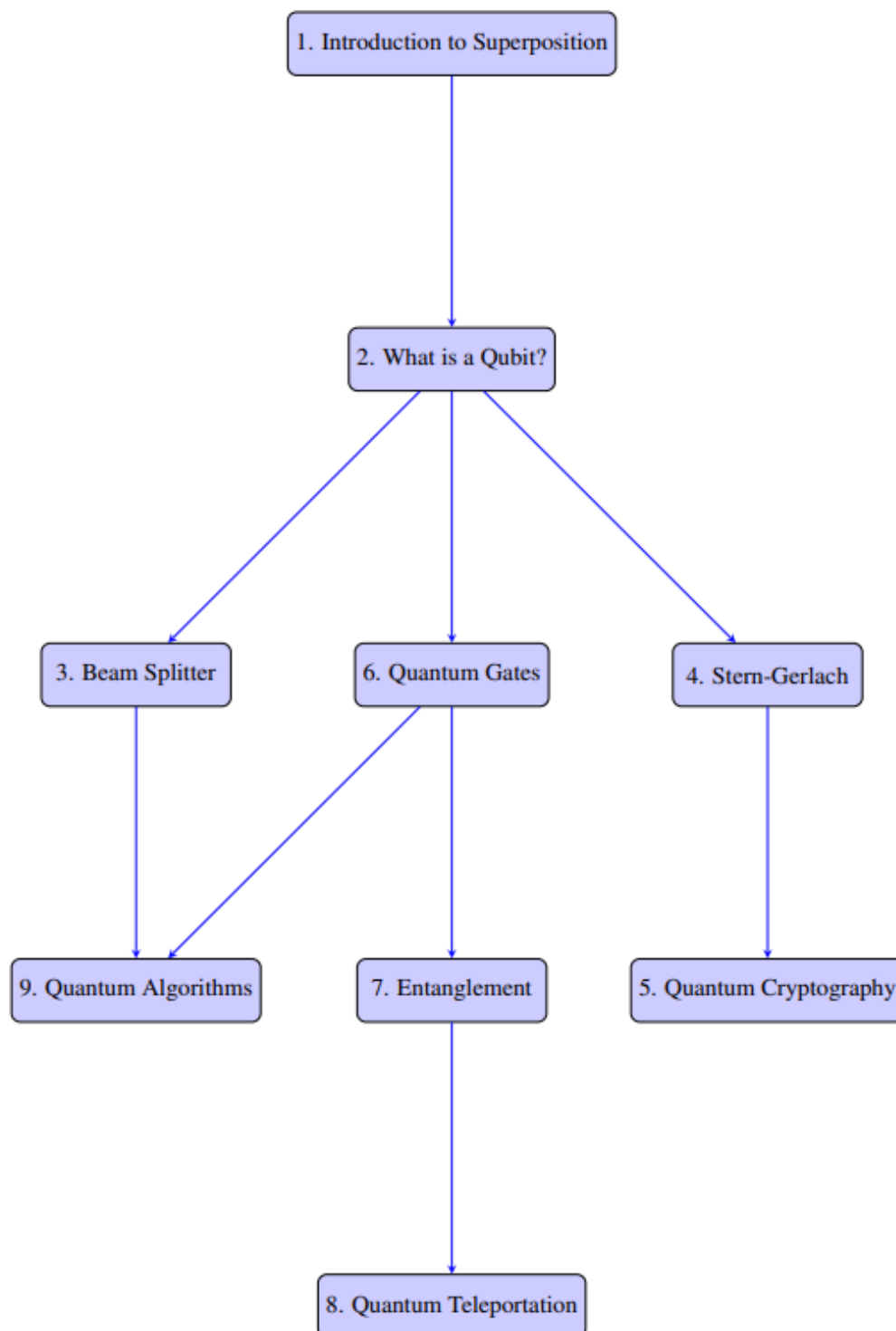


Figure 1: Flowchart of learning outcomes.