

Quantencomputing & DNA-Computing

Denis Holub, Fabian Nedoluha

Univ. Salzburg - Computerwissenschaften

October 17, 2019

Agenda

- 1 Quantencomputing
 - Bit vs. Qubit
 - Quanten Computing
 - Geschichte
 - IBM Q System ONE (20 Qubits)
 - Computing
 - Quantum Algorithmen
- 2 DNA-Computing
 - Einführung
 - Meilensteine
 - DNA als Computation Maschine
 - Hilfsmittel
 - Wissenschaftliche Papers

Bit vs. Qubit

- Binärsystem
- Bit – 0/1
- Qubit – 0/1/Superposition von beiden
- Angeregter Zustand von Elektron, Photon Polarisation

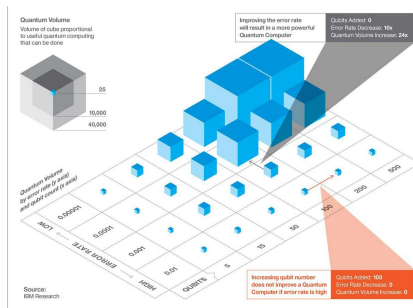
$$|\psi\rangle = a|0\rangle + b|1\rangle \quad (1)$$

Bit vs. Qubit

- Bits – 1 Zustand des Computers
- Qubit – Mehrere Zustände gleichzeitig
- Qubit – 2^n Möglichkeiten

Quanten Computing

- Mehrere Zustände -> parallel rechnen
- Verbinden von Qubits
- Probleme mit dem Messen
- Fehlerrate
- 0,015 Kelvin -> Supraleiter
- D-Wave behauptet 2048 verbundene Qubits -> kein Quantum Computing



Geschichte – Quantum Computers

- 2016
 - IBM 5 Qubits
- Anfang 2017
 - IBM und Intel haben 17 verbundene Qubits
 - IBM verkauft Quantum Computer an NASA und Google
- September 2017
 - Größte Molekule Simulation Beryllium Hybride (BeH_2)
- 2018
 - Google 72 Qubits
 - Intel 49 Qubits
- 2019
 - IBM Q System ONE (20 Qubits) – kommerziell verkauft
 - IBM Im September 53 Qubits
 - Google 53 Qubits

IBM Q System ONE (20 Qubits)

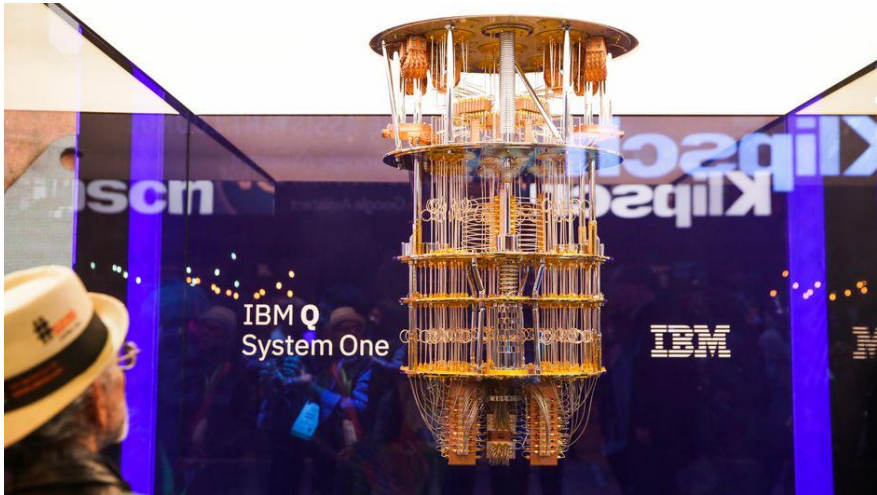


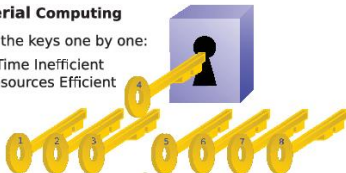
Figure: <https://www.cnet.com>

Computing

Serial Computing

Try all the keys one by one:

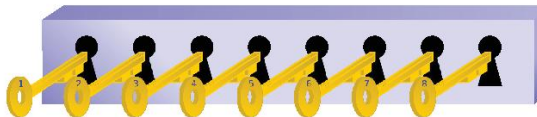
Time Inefficient
Resources Efficient



Quantum Computing

Try all the keys in parallel to a single box:

Time Efficient
Resources Efficient



Parallel Computing

Create as many boxes as the keys
and try all the keys in parallel:

Time Efficient
Resources Inefficient



Figure: <https://www.semanticscholar.org>

Quantum Algorithmen

- Faktorisierung ganzer Zahlen -> RSA Verschlüsselung
- Algorithmen für normalen Rechner
 - $O((\log N)^3)$
- Shor's Algorithmus (1994) für Quantum Computer
 - $O((\log n)^2 (\log \log n) (\log \log \log n))$

Agenda

- 1 Quantencomputing
 - Bit vs. Qubit
 - Quanten Computing
 - Geschichte
 - IBM Q System ONE (20 Qubits)
 - Computing
 - Quantum Algorithmen
- 2 DNA-Computing
 - Einführung
 - Meilensteine
 - DNA als Computation Maschine
 - Hilfsmittel
 - Wissenschaftliche Papers

Biocomputer

- Biochemische Computer
- Biomechanische Computer
- Bioelektronische Computer

DNA Computing

- Verarbeiten von Daten mit Hilfe von biologischen Systemen
- DNA kann zum Programmieren verwendet werden
- Parallelismus (jeder DNA Strang ist ein Prozessor)
- Molekulare Größen (10^{-9} m)

Desoxyribonukleinsäure und Ribonukleinsäure

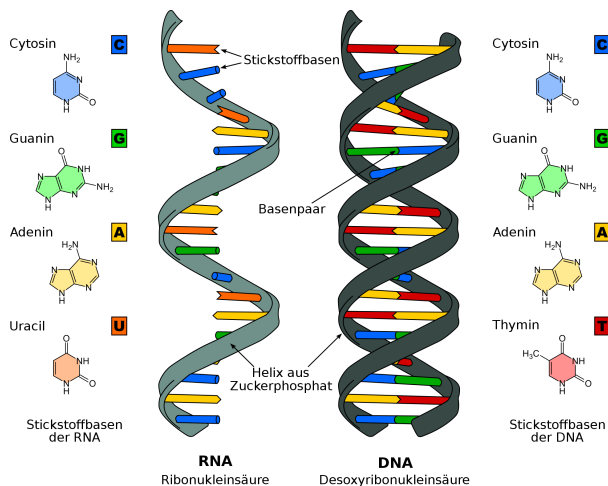


Figure: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Difference_DNA_RNA-DE.svg

Basisoperationen

Manipulation anhand von Enzymen

- Polymerasen (verlängern)
- Nukleasen (aufschneiden)
- Ligasen (verbinden)

Vervielfältigung

Dank der Polymerase-Kettenreaktion (PCR)^a kann DNA recht einfach kopiert werden.

^aKary Mullis (1985)

Meilensteine

- 1950er Richard Feynman: Erste Ideen
- 1994 Adleman löst Hamiltonkreisproblem mit DNA
- 1999 William Ditto baute einen organischen Computer mit Blutegel Neuronen
- 2012 Harvard enkodiert ein Buch mit 55.000 Wörtern in DNA
- 2013 Stanford entwickelt ersten biologischen Transistor "Transcriptor"
- 2017 Cornell Implemented a non-deterministic universal Turing machine using DNA
- 2017 Yaniv Erlich und Dina Zielinski entwickeln Kodierungssystem welches das Speichern von 215 Petabyte in 1 Gram DNA ermöglicht

DNA als Computation Maschine

- Derzeit eher theoretischer Natur
- Eignet sich gut für viele kleine Probleme
- Reduzierte Rechenzeit (Parallelismus)
- Dynamische Programmierung

Hilfsmittel

- Simulations Software für Genome und Moleküle
- Drucker
- Lesegeräte

Wissenschaftliche Papers

- DNA computation: Theory, practice and prospects (1998)
- Toward molecular programming with DNA (2008)
- The DNA query language DNAQL (2013)
- High capacity data hiding method in DNA with mutation handling (2014)
- A dual security scheme using DNA key based DNA cryptography (2014)
- A secure image based authentication scheme employing DNA crypto and steganography (2015)
- Analog and digital memory in living cells (2017)
- A DNA-based archival storage system (2016)

Das Ende

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit