

hebben

Streamingliefhebber kan weinig met Apple Music

Apple is erg laat met zijn muziekdienst Apple Music. Er zijn al veel muziekstreamingdiensten, en die doen het allemaal best goed voor dezelfde prijs (ca. 10 euro per maand). Spotify is de grootste en bekendste. Apple zal flink over de brug moeten komen om klanten (mij) bij Spotify weg te trekken. Dat doet Apple nog niet. Apple Music is niet slecht, maar ook niet beter dan de andere streamingdiensten. Apple heeft wat meer muziek: 37 miljoen liedjes, tegen 30 miljoen bij Spotify. En er zijn wat exclusives, zoals 1989 van Taylor Swift, een video van Pharrell, een nieuwe liveplaat van Jett Rebel en *The Chronic* van Dr. Dre. Leuk, maar geen dealbreakers (voor mij). De playlists, waar Apple bij de aankondiging zo over opschepte, zijn inderdaad behoorlijk goed. Er zijn leuke lijstjes als 'Metal voor mensen die niet van metal houden' en met onbekend werk van bekende artiesten. De aanbevelingsfunctie werkt goed. Ook Beats 1 Radio is best sterk. De zender heeft bekende dj's, nieuwe muziek en is dag en nacht live. Leuk, maar gewoon een radiozender dus, die ook zonder abonnement is te beluisteren. Bovendien worden scheldwoorden ouderwets weggeblipt. Vervelend is dat Apple geen makkelijke manier heeft om muziek tussen je apparaten te streamen, terwijl dat in Spotify supermakkelijk is met Connect. Muziek doorzetten

vanaf je pc of iMac naar iPad of telefoon kan alleen met een duur Airplay-apparaat. Nog vervelender is de algehele user experience, die door het samengaan van Apple Music en iTunes schizofreen overkomt. Je hebt soms geen idee waar je nu precies in zoekt, of waar de playlists staan die je hebt gemaakt.

Je hebt soms geen idee waar je nu precies in zoekt, of waar playlists staan die je hebt gemaakt

Onderwijl zorgt de synchronisatie van Apple Music en iTunes er bij sommige gebruikers voor dat hun hele muziekbibliotheek volledig overhoop is gegooid. Je eigen gekochte of geripte muziek van iTunes wordt zelfs voorzien van een kopieerbeveiliging, waardoor je ze voortaan alleen nog maar op Apple-spullen kan afdraaien. Dat kun je uitzetten. Maar voor je erachter bent hoe, ben je wel even verder. Voor wie nog niet streamt, is Apple Music best een aardige instapdienst. Voor wie al een streamingdienst heeft en daar tevreden mee is, biedt Apple weinig.

PETER VAN DER PLOEG

Apple Music, voor Windows, OS X en iOS, 9,99 euro per maand

code poetry

```

<theWatch><on_my_wrist/>
#is_getting{ so:smart;
so_much: use;} for {h,i,m}
<we:can_t be = "apart"/>

myHouse = "is the same";
/*she knows*/ if (to < start){
push(ON[on], theWasher)
&&_bake.me(a, tart)}

{they say.its(t,h,e),end:
with this $weShould -> stop();
but(); // sooner or later
(!they^ll('GO_TO')||the^shop('!'))
  
```

ILLUSTRATIE: ANNA CLITAN

HANDLEIDING voor de QUANTUMCOMPUTER

[1] QUANTUMCOMPUTER VS. KLASSIEKE COMPUTER

AAN **UIT**

BIT
Computers van nu rekenen met schakelaars (bits) die 'aan' of 'uit' staan.

AAN **UIT**

QUBIT
Bij een quantumcomputer kan de schakelaar tegelijk 'aan' en 'uit' staan.

[2] DE GEVOELIGHEID VAN DE QUBIT

UIT

Zodra er 'interactie' met de omgeving is, bevindt de schakelaar zich op één positie.

[3] DIT IS SCHRÖDINGERS KAT:

De kat is, zolang ze onzichtbaar in een doos verstopt zit, tegelijkertijd dood en levend.

[4] DE WET VAN DE QUANTUMMECHANICA:

Pas als de doos opengaat 'kiest' de natuur voor een van de twee opties.

De computer van de toekomst

Quantumcomputers Het Delftse lab QuTech krijgt 135 miljoen euro voor de ontwikkeling van de quantumcomputer. **Zo zet Nederland in op de computertechnologie van de toekomst.**

BRUNO VAN WAYENBURG

AMSTERDAM. Hoe 135 miljoen aan onderzoeksfinanciering eruitziet? „A bunch of noisy tubes”, zeg Maja Cassidy te midden van het lawaaiige gepomp van dertien koelinstallaties.

De postdoctorale onderzoeker, gepromoveerd aan Harvard en afkomstig uit Australië, doet hier onderzoek naar quantumcomputers: een nog-niet-bestaand computertype, dat problemen supersnel kan doorrekenen door gebruik te maken van quantummechanica. Ze werkt bij QuTech, het laboratorium van het quantumcomputer-onderzoeksinstituut in Delft.

QuTech is een samenwerking van de TU Delft en TNO. Onlangs werd bekend dat het instituut 135 miljoen euro aan onderzoeksfinanciering ontvangt (verspreid over tien jaar) van NWO, het ministerie van Economische Zaken en bedrijven als Microsoft. Voor wetenschappelijk onderzoek is dat een buitengewoon fors bedrag, goed voor veertig vaste onderzoekers. Zo zet Nederland in op de computertechnologie van de toekomst. Al moet het nog wel even lukken om die quantumcomputer daadwerkelijk te bouwen, want de technologie is extreem complex.

Quantumcomputers kunnen in seconden berekeningen uitvoeren die gewone computers miljarden jaren zouden kosten

Qubits: een natuurkundige droom?

„Hier laden we onze samples in de koelers”, zegt Cassidy op de benedenverdieping aan de onderzijde van de koelmachines. Deze samples zijn chipjes, met daarop minuscule maar complexe structuren met supergeleiders, diamant, silicium of andere materialen. Ze lacht: „We gebruiken enorme apparaten om heel kleine dingen te maken.”

Onderdeel van die kleine structuren zijn quantum-bits, of qubits, die het quantummechanische gedrag vertonen dat uiteindelijk moet leiden tot een decennia-oude natuurkundige droom: quantumcomputers, speciale computers die in seconden complexe berekeningen kunnen uitvoeren die gewone computers miljarden jaren zouden kosten.

De quantumcomputer is gebaseerd op de quantummechanica, de natuurwetten die het gedrag beschrijven van het allerkleinste: atomen, elektronen, lichtdeeltjes of fotonen.

Die quantummechanische natuurwetten zijn - voor ons bewoners van de macrowereld - nogal eigenaardig. Zo hebben deeltjes geen vastomlijnde eigenschappen, totdat je er een meting op uitvoert. Ze kunnen bijvoorbeeld op meerdere plaatsen tegelijk zijn, en elektrische

stroompjes kunnen tegelijkertijd zowel linksom als rechtsom draaien.

Supersnel rekenen

Quantumcomputers maken slim gebruik van al die gespleten quantumpersoonlijkheden. Namelijk om meerdere berekeningen tegelijk uit te voeren (zie kader). Lang leek dit een hersenspinsel, tot begin jaren negentig werd aangetoond dat bepaalde rekentaken fundamenteel sneller kunnen verlopen op een quantumcomputer.

Natuurkundigen proberen sindsdien de quantumcomputer te realiseren. Delft was daar al vroeg bij. „Het onderzoek loopt in Delft al twintig jaar”, zegt Leo Kouwenhoven, wetenschappelijk directeur van QuTech. Zijn voorganger Hans Mooij maakte bijvoorbeeld een ultragekoeld, supergeleidend ringetje, waarin een stroompje zowel linksom als rechtsom stroomt.

„Inmiddels loopt het aantal kandidaat-qubits wereldwijd in de tientallen. In Delft werken ze bijvoorbeeld ook met stikstofatomen in diamantkristallen en met kleine holtes waarin microgolfsjes ronddraaien. In 2012 maakte Kouwenhoven zelf furore met de ontdekking van het Majorana-deeltje, een exotisch natuurkundig verschijnsel dat ook dienst kan

„Als de quantumcomputer toch niet blijkt te werken is het jammer, maar we hebben het wel geprobeerd”

doen als een zeer stabiele qubit. „We maken ze inmiddels bijna dagelijks”, zegt Kouwenhoven.

De volgende stap is om qubits aan elkaar te koppelen, ze samen te laten werken en quantumcomputers zo stap voor stap op te bouwen en uit te breiden. Daarin is QuTech overigens niet de enige.

De NSA wil er ook één

Tientallen andere onderzoeksgroepen werken aan quantumcomputers, onder meer aan de Amerikaanse universiteiten Yale en Harvard. Maar ook bijvoorbeeld de University of Science and Technology in Hefei, China.

Commerciële belangstelling is er ook. In 2011 presenteerde het bedrijf D-Wave-systems een speciaal type quantumcomputer. Daarvan is nu steeds niet duidelijk of het er echt een is, al kocht defensiegigant Lockheed Martin er voor de zekerheid alvast een. Bedrijven als Google, Microsoft en IBM financieren quantumcomputeronderzoek. Ook de NSA investeert in quantumcomputers, blijkt uit Edward Snowden's gelekte documenten, om versleutelingen te kraken.

De lijst toepassingen groeit: snel zoeken in databases is steeds belangrijker in deze tijden van *big data*, en quantumcompu-

ters zijn ook beter in het oplossen van complexe logistieke problemen.

De oprichting van QuTech is een stap van wetenschap naar technische uitvoering, zegt QuTech-onderzoeker Leo DiCarlo. „Een paar jaar geleden waren we nog bezig met basale algoritmen en fundamentele problemen.” Een obstakel is bijvoorbeeld 'decoherentie' van de qubits: met iedere kleine storing van buitenaf verliezen ze hun tere quantuminformatie.

Toch lijkt, na twintig jaar onderzoek, decoherentie steeds meer een beheersbaar probleem. „Een paar jaar terug realiseerden we ons: de basistechnologie staat gewoon”, aldus DiCarlo. Nu gaat het erom de technologie bruikbaar te maken. „We zijn niet langer bezig om een qubit aan de praat te krijgen, maar om hele reeksen betrouwbaar te fabriceren en de kosten te beheersen.”

Dat klinkt natuurlijk mooi. Maar is er, met zulke geldbedragen en onderzoeksinzet, niet een hype-risico? Kouwenhoven vindt van niet: „Het is duidelijk dat de technologie een enorm potentieel heeft. Als de quantumcomputer toch niet blijkt te werken is het jammer, maar we hebben het wel geprobeerd. We moeten ons pas schamen als het ergens anders werkt, maar hier niet.”

[5] STEL JE NEEMT TWEE KATTEN

OLAF IGOR

Dan is er ineens een vierdubbele superpositie mogelijk plus superposities van die vier mogelijkheden

OPTIE 1 OPTIE 2 OPTIE 3 OPTIE 4

[6] BIJ DRIE KATTEN KOM JE OP ACHT MOGELIJKHEDEN + SUPERPOSITIES

IGOR OLAF OLGA

20 qubits kunnen samen 1.048.576 mogelijkheden hebben

[7] IN HET ECHE ONDERZOEK GAAT HET NATUURLIJK NIET OM KATTEN MAAR OM QUBITS:

```

00000000000000000000
00000000010000000001
0000000011 0000000111
000000100000000001000
0000001001 0000001001
0000001010 0000001010
0000001011 0000001011
0000001100 0000001100
0000001101 0000001101
0000001110 0000001110
0000001111 0000001111
00000100000000010000
0000010001 0000010001
0000010010 0000010010
0000010011 0000010011
0000010100 0000010100
0000010101 0000010101
0000010110 0000010110
0000010111 0000010111
0000011000 0000011000
0000011001 0000011001
  
```

[8] MET IEDERE EXTRA QUBIT NEEMT DE REKENKRACHT MET EEN MACHTSFACTOR TOE

REKENKRACHT QUBIT

REKENKRACHT BIT

SCHRÖDINGERS KAT

Als quantuminformatie één mascotte heeft, is het wel Schrödingers kat: een kat die, zolang ze onzichtbaar in een doos verstopt zit, tegelijkertijd zowel dood als levend kan zijn. Dat mag volgens de wetten van de quantummechanica, de natuurkunde van kleine deeltjes als elektronen of atomen. Pas als je de doos opent, 'kiest' de natuur een van de twee opties. Tot die tijd is de kat in een 'superpositie' van twee toestanden: dood én levend.

De natuurkundige Erwin Schrödinger (1887-1961) bedacht het arme beest vooral om de filosofische onverteerbaarheid van de quantummechanica te benadrukken. Als het over dieren gaat in plaats van atomen, wordt het immers allemaal nét iets concreter (en absurder).

Stel dat je twee katten zou nemen, A en B, dan is er ineens een vierdubbele superpositie mogelijk. Er zijn namelijk vier opties: A en B levend, A dood en B levend, A levend en B dood, en A en B beiden dood. Plus allerlei superposities van die vier mogelijkheden: een beetje 1 en een beetje 0. Bij drie katten kom je op acht mogelijkheden, bij tien op 1.048.576 verschillende mogelijkheden.

In het echte quantumcomputeronderzoek draait het niet om katten maar om qubits. Dat is bijvoorbeeld een supergeleidend ringetje, een los elektron in silicium of een diamantkristal, of Leo Kouwenhovens Majorana-deeltje: een quantummechanisch onderdeel dat in twee verschillende standen kan bestaan, 1 en 0, of in een superpositie.

Die quantummechanische gespletenheid vergroot het vermogen van de qubit om informatie vast te houden dramatisch, vooral als je er meerdere samen koppelt. Een qubit in een superpositie kan '1' en '0' zijn. Twintig qubits samen kunnen al 1.048.576 standen hebben (en alle mogelijke superposities daarvan). Het idee achter de quantumcomputer is dat je, als je zo'n complexe superpositie voorzichtig manipuleert, met alle 1.048.576 verschillende beginwaarden tegelijkertijd dezelfde berekening kunt uitvoeren. Met iedere extra qubit verdubbelt dat aantal nog eens.

Als dat lukt, wordt de belofte van de quantumcomputer ingelost: een vrijwel onbegrensd aantal parallele berekeningen.

ILLUSTRATIE: MARIETTE TWILT