



Universiteit  
Leiden  
The Netherlands

## Strategies for braiding and ground state preparation in digital quantum hardware

Herasymenko, Y.

### Citation

Herasymenko, Y. (2022, April 20). *Strategies for braiding and ground state preparation in digital quantum hardware*. *Casimir PhD Series*. Retrieved from <https://hdl.handle.net/1887/3283760>

Version: Not Applicable (or Unknown)  
License: [Leiden University Non-exclusive license](#)  
Downloaded from: <https://hdl.handle.net/1887/3283760>

**Note:** To cite this publication please use the final published version (if applicable).

# Samenvatting

Dit proefschrift behandelt fundamentele aspecten van de bouw en toepassing van digitale quantum computers. Door de wetten van de quantum mechanica te benutten, kunnen deze apparaten op een efficiënte wijze sommige problemen oplossen die te moeilijk zijn voor gewone computers. Hoewel ze veelbelovend zijn, bevinden digitale quantum computers zich nog in het beginstadium van hun ontwikkeling.

Eén manier om deze apparaten te realiseren is om materialen te gebruiken die deeltjes bevatten die anyonen worden genoemd. Hoewel de theorie voorspelt dat er met deze deeltjes op een heel robuuste manier gerekend kan worden (door gebruik te maken van hun niet-Abelse uitwisselingsstatistiek), is de praktische uitwerking tot nu toe niet mogelijk gebleken. Deze problematiek is de motivatie voor hoofdstukken 2 en 3, waarin we een nieuwe strategie ontwikkelen om anyonen te detecteren. De methode maakt gebruik van zogenaamde topologische supergeleiders, die de mogelijkheid bieden om anyonen langs de rand van het materiaal te laten lopen in zogenaamde Majorana kanalen. De niet-Abelse uitwisselingsstatistiek kan gedetecteerd worden door de anyonen te laten passeren langs een magnetische vortex in het binnenste van de supergeleider (zie hoofdstuk 2). Het is ook mogelijk om het ene anyon langs het andere te laten passeren (zie hoofdstuk 3). Een voordeel van onze implementatie is dat detectie volledig elektrisch kan plaatsvinden.

Hoofdstuk 4 behandelt hetzelfde thema van de anyonen van een andere soort, zogenaamde parafermionen. De theorie voorspelt dat deze verschijnen aan de randen van een halfgeleider in een sterk magneetveld, als het fractionele quantum Hall effect optreedt. We beschrijven een methode om de correlaties (verstrengeling) tussen de parafermionen te meten. Verstrengeling is een intrinsiek quantum mechanisch effect, zonder analogon in de klassieke fysica.

De volgende hoofdstukken betreffen toepassingen van quantum computers. Hiervoor onderzoeken we de klasse van algoritmes die berusten op een variatieprincipe. Zo'n principe stelt ons in staat om de grondtoestand (laagste energie-toestand) van een quantum mechanisch systeem te vinden. In hoofdstuk 5 onderzoeken we het cruciale onderdeel van het variatie algoritme, namelijk het vinden van een circuit van qubits dat als eerste

benadering (“Ansatz”) voor de grondtoestand kan dienen. We ontwikkelen een methode om het gewenste circuit zo efficiënt mogelijk te realiseren. Onze nieuwe methode is getest op het Ising model en is aantoonbaar meer efficiënt dan de bestaande methode. Een andere manier om de grondtoestand te bereiken is door het natuurlijke proces van afkoelen op de quantum computer na te bootsen. In hoofdstuk 6 laten we zien dat een enkele qubit de koelende werking van een warmtebad kan nabootsen. We ontwikkelen twee verschillende algoritmes voor het koelproces: één die geschikt is voor de huidige generatie van quantumcomputers, maar een beperkte nauwkeurigheid heeft, en een andere die nauwkeuriger is maar hogere eisen stelt aan de quantumcomputer. In hoofdstuk 7 beschrijven we een techniek om een willekeurige toestand (niet noodzakelijk de grondtoestand) op een quantumcomputer te realiseren, door gebruik te maken van een serie van metingen die het systeem maar heel weinig verstoren (een zogenaamde “zwakke” meting). Dit is een bekende techniek, ons doel in dit hoofdstuk is om sneller tot de gewenste toestand te geraken. Hiervoor vergelijken we twee methodes, die beiden de bestaande methodes een factor tien versnellen.