

## Forskningsprogrammet

# Wallenberg Centre for Quantum Technology

En teknikrevolution – den andra kvantrevolutionen – är på gång, med bland annat kvantdatorer, avlyssningssäker kommunikation och hyperkänsliga mätmetoder i sikte. Wallenberg Centre for Quantum Technology är en tioårig miljardsatsning med målet att ta svensk forskning och industri till fronten av denna teknikrevolution.

Kvantteknologi bygger på att kunna kontrollera och manipulera individuella kvantsystem, så som enstaka atomer och fotoner. Vanligtvis delas kvantteknologin in i fyra delområden: kvantkommunikation, kvantsensorer, kvantdatorer och kvantsimulatorer. Läs mer i *Kvantteknologi – populärvetenskaplig beskrivning*.

Wallenberg Centre for Quantum Technology, som till stor del finansieras av Knut och Alice Wallenbergs stiftelse, ska utveckla och säkra svensk kompetens inom alla de fyra delarna av detta mycket snabbt expanderande teknikområde. Forskningsprogrammet innefattar därför dels ett fokusprojekt med mål att utveckla en kvantdator, dels ett excellensprogram i de fyra delområdena. Forskningsprogrammet leds av och är till stor del lokaliserat på Chalmers. Övriga medverkande universitet är KTH och Lunds universitet. Programmet har också flera industripartners.

## Kvantteknologi



**Forskningsprogrammets fem delar** En kvantdator utvecklas i ett fokuserat projekt på Chalmers av fastanställda specialister och doktorander/postdoks. Kvantteknologins fyra delområden utforskas genom akademiska excellensprogram med ett stort inslag av industridoktorander för att säkerställa att kunskaperna snabbt kommer till nytta i industrin.

Forskningsprogrammet leds av Per Delsing, professor i kvantkomponentfysik vid Chalmers. Per Delsing har även varit med i styrkommittén för EU:s kommande flaggskeppssatsning inom kvantteknologi.

## Fokusprojekt: Kvantdatorer

Fokusprojektets mål är att utveckla och bygga en kvantdator, baserad på supraledande kretsar, med långt större beräkningskraft än dagens bästa superdatorer. För att upprätthålla en mycket hög kompetensnivå under hela detta utmanande projekt kommer utvecklingen främst att ligga i händerna på fastanställda specialistforskare. Doktorander och postdoks inom excellenssatsningarna inom kvantdatorer och kvantsimulatorer kommer att bidra genom att undersöka specifika frågeställningar som är relevanta för kvantdatorbygget.

Projektet är placerat på Chalmers där rätt kompetens och nödvändig infrastruktur i form av ett avancerat renrum och kryoteknik finns tillgänglig. Fokusprojektets huvudforskare har arbetat med supraledande kvantbitar i många år och levererat många bidrag till kunskapsbygget inom fältet. De var bland de första i världen att skapa en supraledande kvantbit, och har utforskat helt ny fysik genom omfattande experiment på enskilda kvantbitar. En av grundpelarna i chalmersforskarnas framgångar är ett ovanligt starkt samarbete mellan experimenter och teoretiker.

Kvantdatorprojektets första delmål är att inom fyra år ha byggt två sammankopplade block med tio kvantbitar i varje. Det gör det möjligt att demonstrera grundläggande kvantsimuleringar av små system, till exempel en liten molekyl.

Slutmålet är att utveckla en kvantdator med hundra kvantbitar inom tio år (världsrekordet idag är 16 kvantbitar). En sådan kvantdator bör kunna utföra beräkningar som överträffar en vanlig dator. Kvantdatorn kommer till exempel att kunna användas för förbättrad maskininlärning och för att beräkna egenskaperna hos större molekyler, vilket möjliggör effektivare design av läkemedel och material.

Kvantfysiken strider mot människans vardagsintuition, och kvantdatorn har säkerligen många fler användningsområden än vad vi kan se idag. Därför ingår det även i projektet att ytterligare utforska vad en kvantdator bäst kan användas till. I samarbete med forskningsprogrammets industripartners kommer olika tillämpningsområden att utvecklas.

## Huvudforskare

De experimentella delarna leds av professor Per Delsing och docent Jonas Bylander vid avdelningen för kvantkomponentfysik, Chalmers. De teoretiska insatserna leds av professor Göran Johansson vid avdelningen för tillämpad kvantfysik, Chalmers. Professor Göran Wendin, tillämpad kvantfysik, Chalmers, är senior rådgivare.

## Excellensprogram

Forskningsprogrammets största del är en excellenssatsning som innefattar en forskarskola med 60 doktorander, varav 20 industridoktorander, ett postdok-program med 40 postdoks,

ett gästforskarprogram för att attrahera världsledande forskare att komma och forska under en kortare tid (1–12 månader) samt medel för rekrytering av 12 biträdande lektorer. Det kommer att säkerställa att Sverige får en långsiktig kompetensförsörjning inom kvantteknologiområdet, även efter programmets slut.

Excellenssatsningen sker inom alla kvantteknologins delområden: kvantdatorer, kvantsimulatorer, kvantkommunikation och kvantsensorer.

## Kvantdatorer och kvantsimulatorer

Den här delen av excellenssatsningen är integrerad med fokusprojektet och kommer huvudsakligen att vara lokaliserad på Chalmers. Doktorander, postdoks, biträdande lektorer och gästforskare kommer att stötta utvecklingen av fokusprojektets kvantdator genom att undersöka specifika frågeställningar, både kring utformningen av hårdvaran, implementering av felkorrigering och kring hur kvantdatoren mest fördelaktigt kan programmeras och användas.

Delområdet kvantsimulatorer hänger nära samman med kvantdatorer. En kvantsimulator är nämligen en enklare typ av kvantdator som är specialdesignad för att lösa en viss typ av problem. Under projektets gång ska forskarna även bygga en kvantsimulator. Med kvantsimulatorens förväntas de sig att kunna demonstrera så kallad kvantfördel (på engelska *quantum supremacy*), vilket innebär att lösa ett problem som är utom räckhåll för en klassisk dator.

Områdena kvantdator och kvantsimulering leds från Chalmers, av samma huvudforskare som i fokusprojektet.

## Kvantkommunikation

Kvantkommunikation handlar om att säkert sända krypterad information. Den är helt avlyssningssäker, men för närvarande begränsad till avstånd runt 100 kilometer på grund av bristen på förstärkare för kvant signaler, så kallade kvantrepeterare. För att garantera säkerheten i nästa generations kommunikationssystem måste ett globalt kvantnätverk, som snabbt och säkert kan överföra information mellan många olika punkter, utvecklas.

Ett av målen i det här projektet är att utveckla en kvantrepeterare som kan förstärka och vidarebefordra kvantinformation. Ett annat mål är att framställa bra källor för att generera de enskilda fotoner som är kvantkommunikationens informationsbärare – det ska gå snabbt, och man ska kunna välja våglängd såväl som form på ljuspulsen. En tredje utmaning är att utveckla ett kvantminne som kan lagra information i en foton under en viss tid, och sen läsa ut informationen.

Området kvantkommunikation är lokaliserat mestadels till KTH och Stockholms universitet och leds av Gunnar Björk, professor i fotonik, KTH.

## Kvantsensorer

Inom delområdet kvantsensorer utnyttjas enskilda partiklar, som atomer och fotoner, för att möjliggöra mer känslig detektion än vad klassiska mätmetoder kan åstadkomma. Satsningar

kommer att göras på att utveckla kvantsensor-tekniker som bygger på så kallade spinnkvantbitar respektive optomekanik, det vill säga en kombination av optik och nanomekanik. Dessutom kommer helt nya vägar att utforskas, till exempel genom att använda material där man kan öka eller minska ljusets hastighet för ökad mät känslighet. En viktig del är också att förskjuta den ofrånkomliga mätosäkerheten till en annan variabel än den man vill mäta.

På längre sikt förväntas högkänsliga sensorer för användning inom bland annat medicin, och för att genom extremt noggranna gravitationsmätningar lokalisera exempelvis mineralfyndigheter eller varna för jordbävningar och vulkanutbrott.

Området kvantsensorer leds av Stefan Kröll, professor i atomfysik, Lunds universitet.