



Titel: Klar til Kvant – styrkelse af danske virksomheders position i kvanteteknologiens værdikæder

1. Kort introduktion

Kvanteteknologi bliver i stigende grad sat på dagsordenen, og det er en teknologi, som også har stor betydning for Danmarks fremtid. Over hele verden arbejder forskere og virksomheder på at udvikle verdens første fungerende kvantecomputer. Med Novo Nordisk Fondens investering på DKK 1,5 mia. til at bygge en kvantecomputer i 2035 og nye investeringspuljer fra Innovationsfonden, m.fl., er Danmark godt placeret i kapløbet. Målt i investerede kroner pr. indbygger ligger Danmarks strategiske investeringer på en global sjettepladsⁱ, og i 2023 har regeringen udstukket en "National Strategi for Kvanteteknologi"ⁱⁱ.

Visionen for indsatsområdet er at samle og fokusere de relevante kompetencer på Teknologisk Institut og Alexandra Instituttet for at udvikle ny og unik udviklings- og testinfrastruktur til at afprøve komponenter, datastrømme og kvantedevices samt foretage materialekarakterisering på nanometerområdet. Indsatsen vil desuden samle danske kvanteteknologi-underleverandører i et nyt internationalt synligt netværk inspireret af Instituttets BigScience.dk virksomhedsnetværk samt træne virksomheder i anvendelse af kvantecomputere, så de er klar til at udnytte de store erhvervsmæssige fordele.

2. Markeds- og samfundsbehov

Konstruktionen af verdens første fungerende kvantecomputer er et stort teknologiprojekt, der fordrer en stærk base af velkvalificerede leverandørvirksomheder og en veludbygget infrastruktur til udvikling, test og validering af nye løsninger. Markedet for kvanteteknologi bevæger sig med rasende fart, og det er vanskeligt for både brugere og underleverandører, især SMV, at finde ud af, hvor meget de skal investere, og hvilke teknologier de skal beherske. Indsatsområdet vil reducere disse barrierer ved at bringe danske leverandører og eksperter sammen og fungere som en kobling til initiativer i udlandet.

Ved at etablere avancerede testinfrastrukturer og udviklingsplatforme mindskes barriererne for SMV til at innovere og konkurrere inden for kvanteteknologi. Dette afhjælper den markedsfejl, hvor private virksomheder måske ikke har råd til eller er villige til at investere i sådanne faciliteter på egen hånd på grund af de høje omkostninger og risici.

Dette bekræftes i Teknologisk Udsyn "[Kvanteteknologi i Danmark](#)" fra december 2023. En af rapportens konklusioner er: *"Virksomheder skal have adgang til en innovationsinfrastruktur med en forståelse for både den teknologiske udvikling og virksomhedernes praktiske, forretningsmæssige virkelighed. Desuden skal de have mulighed for at teste de nye kvanteløsninger."*

Udviklingsplatforme og testfaciliteter skal etableres ud fra det udtrykte markedsbehov og i dialog med de øvrige danske aktører. I løbet af indsatsområdets første 2 år igangsættes aktiviteter, der tilpasser partnernes nuværende udviklingsplatforme inden for 3 områder: indkapsling, coating og software. Baseret på en dialog med markedet og anbefalinger fra en nylig engelsk rapportⁱⁱⁱ om behov for testinfrastruktur til kvantemarkedet etableres testinfrastruktur til kryogene test (evt. i samarbejde med andre aktører i Danmark og udlandet) af konventionelle systemer og kvantedevices (fx sensorer) samt en unik karakteriseringsplatform til kvantematerialer, der etableres ovenpå Teknologisk Instituts eksisterende testinfrastruktur, som er den mest omfattende i Danmark.

3. Ny teknologisk serviceydelse, kompetence og teknologi

Indsatsområdet skal føre til:

- Etablering af **teknologiske testinfrastrukturer** og **udviklingsplatforme** til at understøtte **produktionsvirksomheder**, der er aktive i leverandørkæder inden for kvanteteknologier
- Etablering af en **virksomhedsplatform** af leverandører til kvanteteknologi-markedet til at understøtte udviklingen af en dansk styrkeposition inden for kvanteteknologi-leverandørområdet



igennem videnfacilitering og samarbejde på tværs af værdikæden samt med henblik på erhvervsmæssige anvendelser af kvantecomputere

- Skabelse af **et internationalt synligt dansk fyrtårn** af kvanteteknologi-virksomheder, hvor der gennem besøg og interaktion med internationale interessenter bringes både forretning og viden til Danmark samt monitoreres interessante muligheder i udlandet for danske virksomheder

Som udtrykt i del 2 af den danske kvantestrategi, er testinfrastruktur et nøgleelement i opbygningen af stærke kvanteøkosystemer for at sikre højteknologiske SMV'er adgang til både faciliteter og viden på området. Ved at forankre relevante teknologier og testinfrastruktur hos GTS sikres en blivende infrastruktur, og det styrker Danmark som et attraktivt område at etablere sig i for udenlandske aktører på kvanteområdet, hvilket også er en del af den danske kvantestrategi.

Del 1 af den danske kvantestrategi understreger Danmarks forskningsmæssige kvalitet på kvanteområdet. Gennem indsatsområdet vil Teknologisk Institut medvirke til at udløse det massive erhvervsmæssige potentiale i kvanteteknologien ved at etablere en platform for test og viden, som både kommer iværksættervirksomheder til gode, men også understøtter etablerede virksomheder og muliggør accelereret design af nye industrielle løsninger ved anvendelse af AI og kvantecomputere i de produktionsdomæner, hvor Danmark i forvejen er stærke. Dermed tager partnerne handsken op og medvirker til implementeringen af kvantestrategiens Del 2, især vedr. Quantum House Denmark (pkt. 1), "use cases" (pkt. 3), forum for økosystemer (pkt. 5 – også med i Del 1), og koblingen til internationale netværk og samarbejdspartnere (pkt. 9-10).

4. Centrale aktiviteter

Aktivitet 1: Opbygning af QT-netværk af leverandørvirksomheder som nyt dansk fyrtårn

Etablering af et netværk af virksomheder, der allerede er aktive på kvantemarkedet, samt af højteknologiske leverandørvirksomheder inden for fx vakuumteknologi, kryodesign, coatings, højpræcisions-bearbejdning og signaldetektion. Teknologisk Institut følger og præsenterer udviklingen på det globale kvantemarked i en årlig rapport. Det omfatter analyser af teknologisk udvikling, markedsaktører og præsentation af nye produkter. Endvidere etablerer Instituttet en AI-drevet monitorering af relevante udbud og aktiviteter fra de primære udenlandske HUBs på kvanteområdet.

Aktivitet 2: Etablering af kvanteudviklingsplatforme

Gennem aktiviteten opbygges teknologiplatforme til at supportere udviklingen af ny kvanteteknologi med udgangspunkt i partnernes styrkepositioner. I løbet af indsatsområdets første 2 år arbejdes med:

Udvikling af avancerede indpakninger til kvantekomponenter, som kan klare de store termiske variationer fra stuetemperatur til milli-Kelvin. Her er der brug for helt nye materialer, både PCB og limtyper, hvis termiske udvidelses-koefficienter matcher halvlederne GaAs og Si.

Udvikling af coatings til fx vakuumkamre, kabler og kryoovergange, som er centrale for at udvikle komponenter til kvanteteknologier. I denne aktivitet bringes Teknologisk Instituts unikke coating-plattform i spil til at udvikle overfladebelægninger til fx høj-vakuum (HV)/ultra-HV-anvendelser.

Dataplatform målrettet produkt- og materialeoptimering for at imødekomme fremtidens øgede krav til kvantekomponenter. Målet med denne aktivitet er at sikre kvaliteten og robustheden af kvantekomponenter og software produceret af danske virksomheder.

Aktivitet 3: Etablering af kvantetestinfrastruktur

Her etableres testinfrastruktur inden for efterspurgte områder som en overbygning på Teknologisk Instituts og Alexandra Instituttets eksisterende testinfrastruktur. Følgende etableres i de første 2 år:

Etablering af kryogene test af både materialeegenskaber og komponenter, fx superledere til kvantedevices. Infrastrukturen skal hjælpe virksomheder med at vælge de bedste materialer, overgange og processer for at sikre mekanisk stabilitet og levetid af kvantesystemerne under kryogene forhold.



Materialekarakterisering på mikro- og nanoskala er i forvejen en af Teknologisk instituts styrkepositioner og skal i aktiviteten udvikles og målrettes karakterisering af kvantestrukturer, blandt andet ved brug af målinger fra stor-skala faciliteter, fx imaging med nano-beams og probing af magnetiske momenter.

Aktivitet 4: Klar til virksomhedsanvendelser af kvantecomputere

Kvanteteknologien udvikler sig hurtigt, og der kan være endog meget store gevinster i form af arbejdspladser og eksport for virksomheder, der forstår at rykke foran konkurrenterne ved udnyttelse af kvantecomputere til deres udvikling af produkter og services. Virksomhedernes erhvervmæssige anvendelse af kvantecomputere kan "trænes" gennem adgang til High-Performance Computing (HPC) systemer og "No Instruction Set Computing" (NISC).



1. Kvantevirksomhedsnetværk

- QT-virksomhedsnetværk
- Kvanteteknologiske analyser
- Kvanteklar virksomhedafklaringsforløb



2. Udviklingsplatforme

- Indpakning af kvantekomponenter
- Coatings
- Dataplatform



3. Testinfrastruktur

- Kryo- og vakuumløb
- Kvantematerialekarakterisering



4. Erhvervmæssige kvanteanvendelser

- Quantum computing
- Kvantensensorik

5. Mulige samarbejdspartnere

Koordinering med initiativer under regeringens kvantestrategi, herunder særligt Quantum House Denmark, samt Quantum Foundry P/S og andre testinfrastruktur til kvanteteknologi fx Maybell (kryogentest) og DFM. Kvanteteknologi-leverandørnetværket er støttet af både Novo Nordisk Foundation Quantum Computing Programme (NQCP) og Danish Quantum Community, der begge forventes at deltage i følgegruppen for indsatsområdet.

Øvrige samarbejder inkluderer:

- Koordinering med DFM og andre GTS-indsatser på området
- Kobling til forskningen, bl.a. gennem Q-MAT projektet (ESS Fyrtårn), og til NQCP på KU, med særlig fokus på at hjælpe universiteterne med at uddanne de rigtige personer til virksomhederne
- Koordinering med hovedaktører i DK på kvanteområdet gennem Danish Quantum Community og Digital Lead om anvendelse af HPC/kvantecomputere
- Support til start-ups på kvanteområdet i samarbejde med bl.a. NATO's DIANA Quantum Centre

ⁱ "Kvanteteknologi i Danmark", Teknologisk Udsyn, Nr. 2, december 2023

ⁱⁱ "National Strategi for Kvanteteknologi", Del 1 (Forskning og innovation i verdensklasse) og Del 2 (Kommercialisering, sikkerhed og internationalt samarbejde).

ⁱⁱⁱ R. Dandridge, "Quantum Industry Needs Assessment 2022-2023", NPL REPORT TQE 26 (2023).