

• 14. MAJ 2022

Kampen om kvantecomputeren er som et rumkapløb – og den foregår midt i København

840 meter fra hinanden kappes to forskergrupper om at knække koden til kvantecomputerens byggesten.



»Normalt har jeg altid t-shirt på. Men de seneste uger har jeg haft skjorte på hver dag,« siger lektor Morten Kjaergaard. Hans kollegaer driller ham med det, for det er kun, når pressen er på besøg, at han hopper i skjorten. [Foto: Frederik Guy Hoff Sonne]

\ Artikel er skrevet af

Frederik Guy Hoff Sonne
Journalist



»T V2 filmede 3 timer i går. Mine kollegaer er nok lidt trætte af det,« joker Morten Kjaergaard og 'undskylder' overfor en kollega, der kigger op bag en computerskærm, da han træder ind i 'computer-laboratoriet'.

Niels Bohr Institutet har nærmest været en svingdør for pressen, i ugerne efter at militæralliancen NATO 5. april meldte ud, at de har valgt at lægge et nyt kvanteforskningscenter på instituttet i København.

Og som en anden portier har Morten Kjaergaard, adjunkt i fysik på det historiske institut, budt velkommen ind til Center for Kvanteelektronik, hvor han og et kompagni på næsten 100 fysikere jager et teknologisk gennembrud, der ofte sidestilles med rumkapløbs-manien i 1950'erne:

Udviklingen af kvantecomputeren. Eller nærmere bestemt den hypede computers bittesmå byggesten – kvantebits. Forbedringen af kvantebits er nøglen til kvantecomputerens gennembrud, der ifølge eksperter på området kan ændre vores verden radikalt.

Derfor kappes alle forskere, virksomheder og investorer i kvantecomputer-gamet lige nu om at blive de første til at forbedre og skalere de mikroskopiske bits.

»De er herinde,« siger Morten Kjaergaard og peger på kryostatens – eller køleskabet, som han kalder det cykelhjul-brede monstrum af en cylinder, der hænger ned fra en metal konstruktion et par hoveder over ham.

Køleskabet tvinger de skrøbelige kvantebits ned til en temperatur på minus 273,1 grader – 0,05 grader over det absolutte nulpunkt og samme temperatur som i det ydre rum. Hvis ikke kvantebits holdes iskolde, tager de skade, og så regner de forkert.

»Kvantebits er egentlig ikke svære at lave. Vi kan nemt lave 100 kvantebits. Tricket er at lave bedre kvantebits og at lave kvantebits, der mærker omgivelserne så lidt som muligt, men stadig så meget, at vi rent faktisk kan arbejde med dem,« forklarer Morten Kjaergaard, der har bygget computere, siden han var en lille knægt.



[\ Læs mere](#)



Danmark kan blive »Silicon Valley for kvanteteknologi« med ny NATO-satsning

Oppiftet kontorlandskab

Udover de 7 tunge kryostatere, der afgiver en metallisk pumpende lyd, ser alt ret 'normalt' ud i det aflange lokale, som Morten Kjaergaard ellers forsøger at revolutionere vores verden i.

Forskningslaboratoriet er mest af alt et åbent kontorlandskab piftet op med hyper-avanceret fysiklokale-teknologi; kasseformede måleinstrumenter med bølgende grafer, uendeligt mange ledninger, der som lianer snor sig ind og ud af de loftshøje stålreoler.

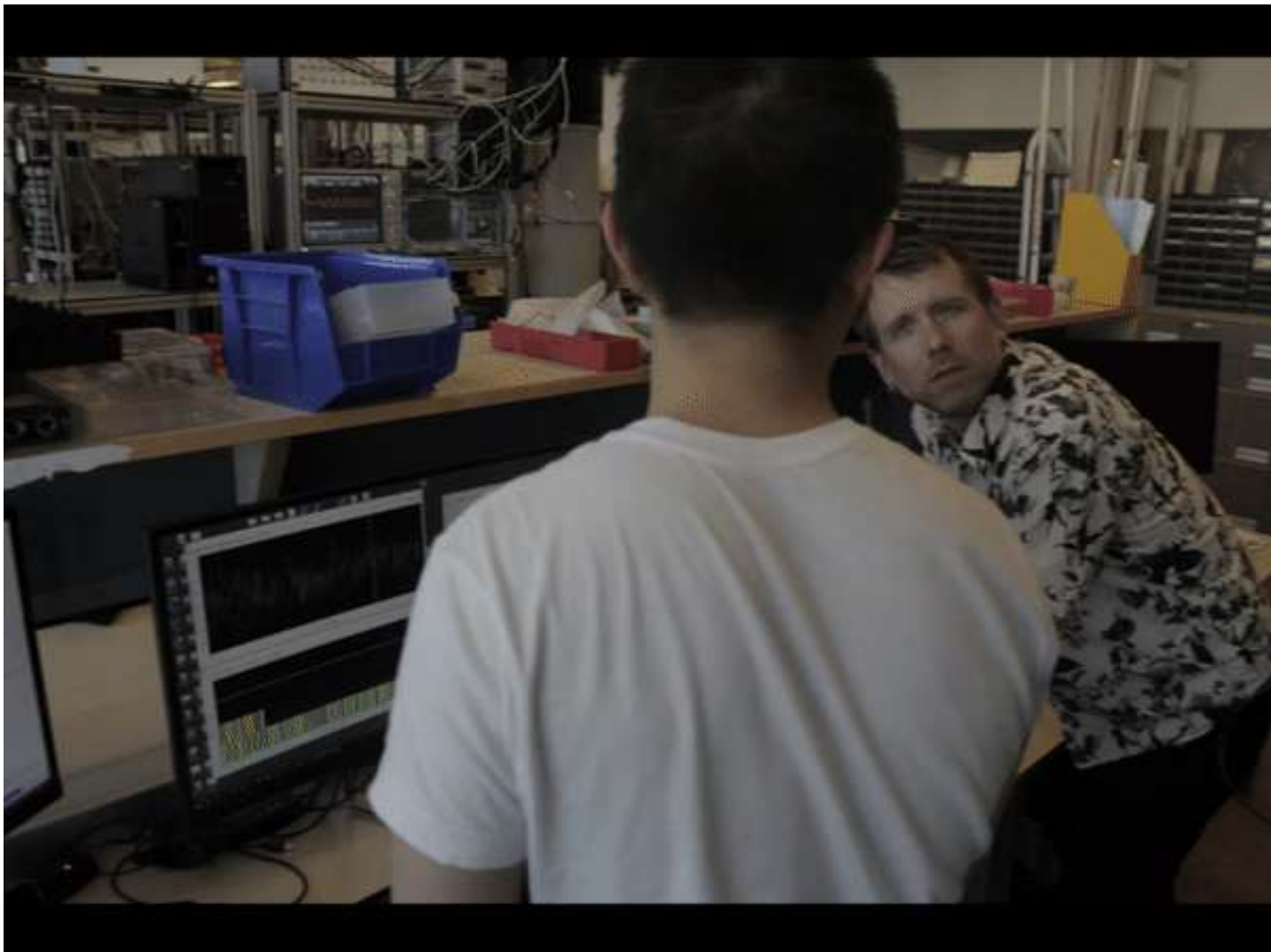
Trods sammenligninger med rumkapløbet ses ingen monstrøse 'rumraketter'. Og det er ikke så underligt.

Kvantebits er fysik i sin allermindste skala. En kvantebit skabes af en kvantefysisk nanopartikel som en elektron, en foton eller et atom, der altså kan udnyttes til at lagre information.

Konkret gøres det ved at indkapsle partiklerne i et lidt større – men stadig meget, meget småt – stykke hardware i form af en mikrochip, der kan være omkring 10 gange mindre end tykkelsen på et hårstrå. På den måde kan partiklerne holdes under kontrol og bruges som bits.

Spørgsmålet om, *hvilken* partikel der så er bedst til det formål, er blandt andet det, som deler kvantebit-ræset i flere felter. Lige nu er der i omegnen af 8 felter i kvante-ræset, vurderer Morten Kjaergaard.

Flere af dem forskes der i på Niels Bohr Institutet.



Morten Kjaergaard kalibrerer med sin kollega Yu Liu de superledende kvantebits, der blandt andet udvikles på Center for Kvanteelektronik (Fotos: Frederik Guy Hoff Sonne).

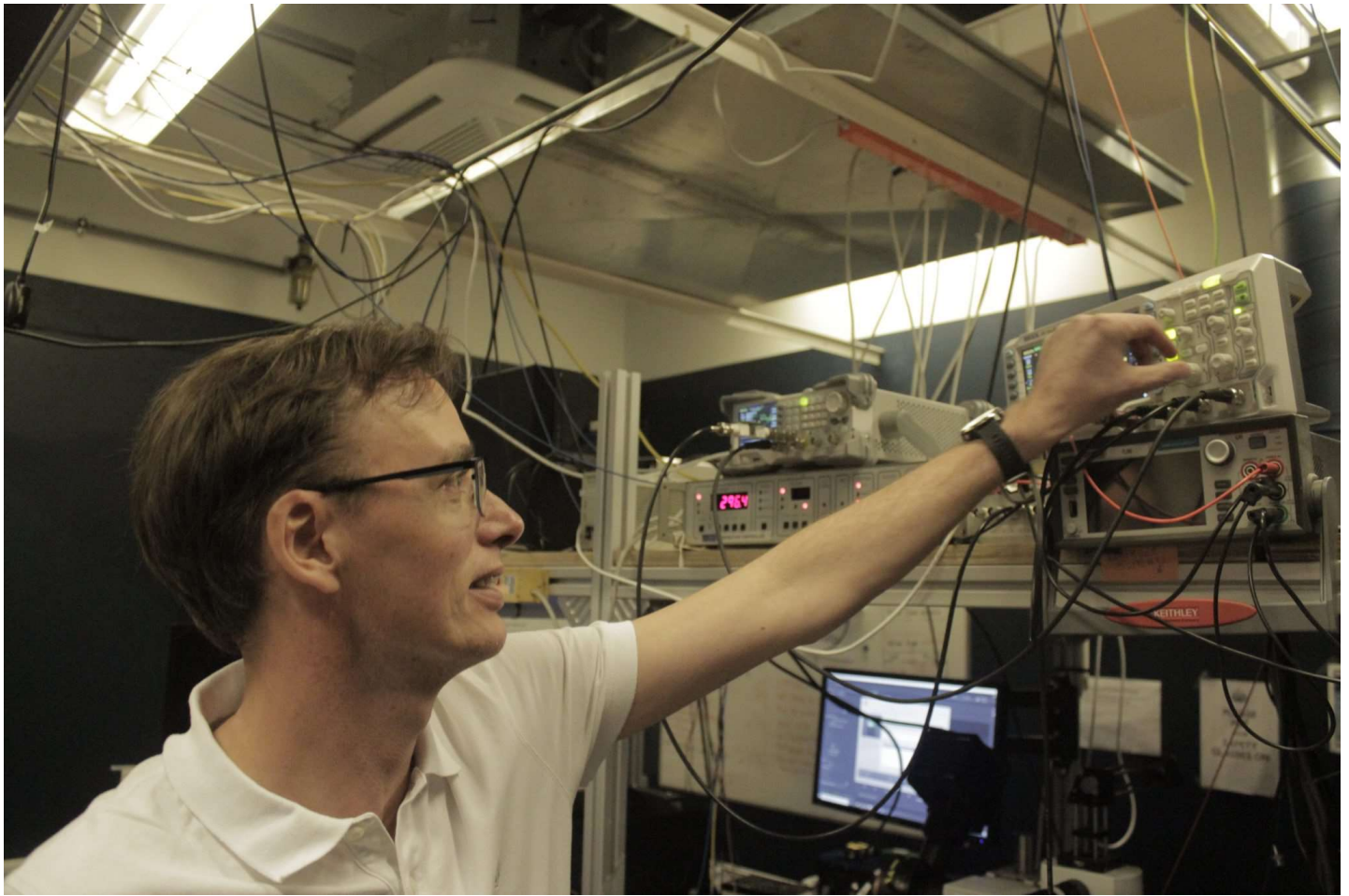
»En forpligtigelse«

I en kælder et stenkast derfra på bare 840 meter over Fælledparken, går professor og kvantefysiker Peter Lodahl og tumler med de samme problemer som Morten Kjaergaard.

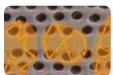
Under samme fane endda – Niels Bohr Institutets – men i en anden bygning og i et andet forskningscenter, leder Peter Lodahl også efter 'de vises sten' inden for kvantebit.

»Havde du spurgt mig for 10 år siden, om vi vil få kvantecomputere, havde jeg nok trukket på det,« siger Peter Lodahl og åbner døren til endnu et 'computer lab', der ligger i selvsamme kælder, som Niels Bohr blandt andet udviklede teorien for kvantemekanik i.

»Jeg blev heller ikke kvantefysiker for at bygge kvantecomputere. Men nu fungerer teknologien så godt, at jeg ser det lidt som min forpligtigelse at give det et skud: For hvad nu hvis jeg har en af de byggeklodser, der kan give kvantecomputeren sit gennembrud?«.



\ Læs mere



Uorden gør optiske chips effektive

Hvorfor er kvantebits vigtige?

Byggeklodserne er selvfølgelig kvantebits. Men hvorfor er de bits egentlig så vigtige?

Kvantebits er de kvantefysiske enheder, som en kvantecomputer skal bruge til at lagre information og løse opgaver. Helt ligesom den computer eller telefon, du sidder på lige nu, bruger bits, når den skal arbejde for dig.

Alle computere – også kvantecomputeren – regner gennem et binært sprog, der består af en uendelig række af 0 og 1:

En 'almindelig' bit gemmer på informationen 1. En anden på 0. Og tilsammen gemmer de på den binære kode 10.

Men 'almindelige' bits kan kun være enten 0 eller 1. Til forskel kan kvantebits – som alle andre ting i kvantefysikken – være to steder samtidig. Det betyder, at en kvantebit kan være både 0 og 1.

Fordi kvantebits både kan være 0 og 1, stiger kvantebits' regneevne eksponentielt med antallet af kvantebits – i modsætning til normale bits, som skalerer lineært.

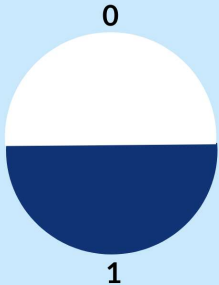
»Det betyder, at når man er oppe på at have en kvantecomputer på 80 kvantebits, så kan man faktisk kode mere information i den computer, end mennesket nogensinde har kodet før,« forklarer Peter Lodahl, der leder grundforskningscentret Hy-Q, [i en anden artikel til Videnskab.dk](#).

»Det er dét, der gør teknologien så potent,« fastslår han.

Kvante- computer

vs.

Almindelig computer

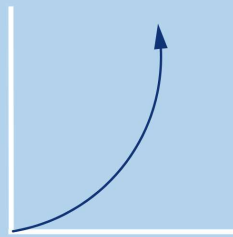


Udregner vha. kvantebits, som kan repræsentere 0 og 1 på samme tid

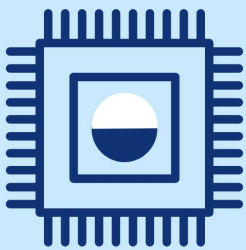
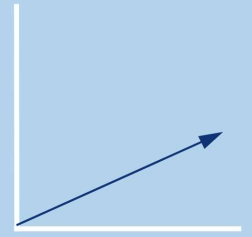


Udregner vha. bits, som kan være enten 0 eller 1

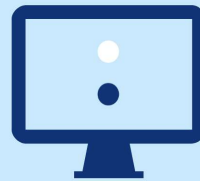
Regnekraften øges eksponentielt ift. antal kvantebits



Regnekraften øges 1:1 ift. antal bits



Kvantecomputere har høje fejlratere og skal opbevares køligt



Almindelige computere har lave fejlratere og kan opbevares ved stuetemperatur

Velegnede til opgaver som optimering, datanalyse og simulationer



De fleste opgaver i hverdagen håndteres af almindelige computere



\ Læs mere



Kvantecomputeren kan ændre vores verden radikalt! Men hvorfor er den så vild?

At få en kvantecomputer til at regne med over 50 kvantebits er et mål, der er kendt som 'kvantefordel', fordi de 50 kvantebits markerer det punkt, hvor kvantecomputeren slår supercomputerens regnekraft.

[I 2019 opnåede Google kvantefordelen, da deres kvantecomputer brugte 53 kvantebits](#) til på blot 3 minutter at løse et regnestykke, som det ville tage verdens største supercomputer cirka 4 uger at løse.

»Det er nok overdrevet at sammenligne med første mand på Månen, men det er næsten på det niveau,« sagde professor i fysik på DTU Ulrik Lund Andersen dengang til Videnskab.dk om gennembruddet.



Hvordan ser en kvantecomputer ud? Her ser du i hvert fald 'indmaden' af Googles fra 2019. Når computeren er i brug, pakkes de superledende materialer ind, og det hele bliver holdt afkølet, næsten ned til det absolutte nulpunkt. [Foto: Google]

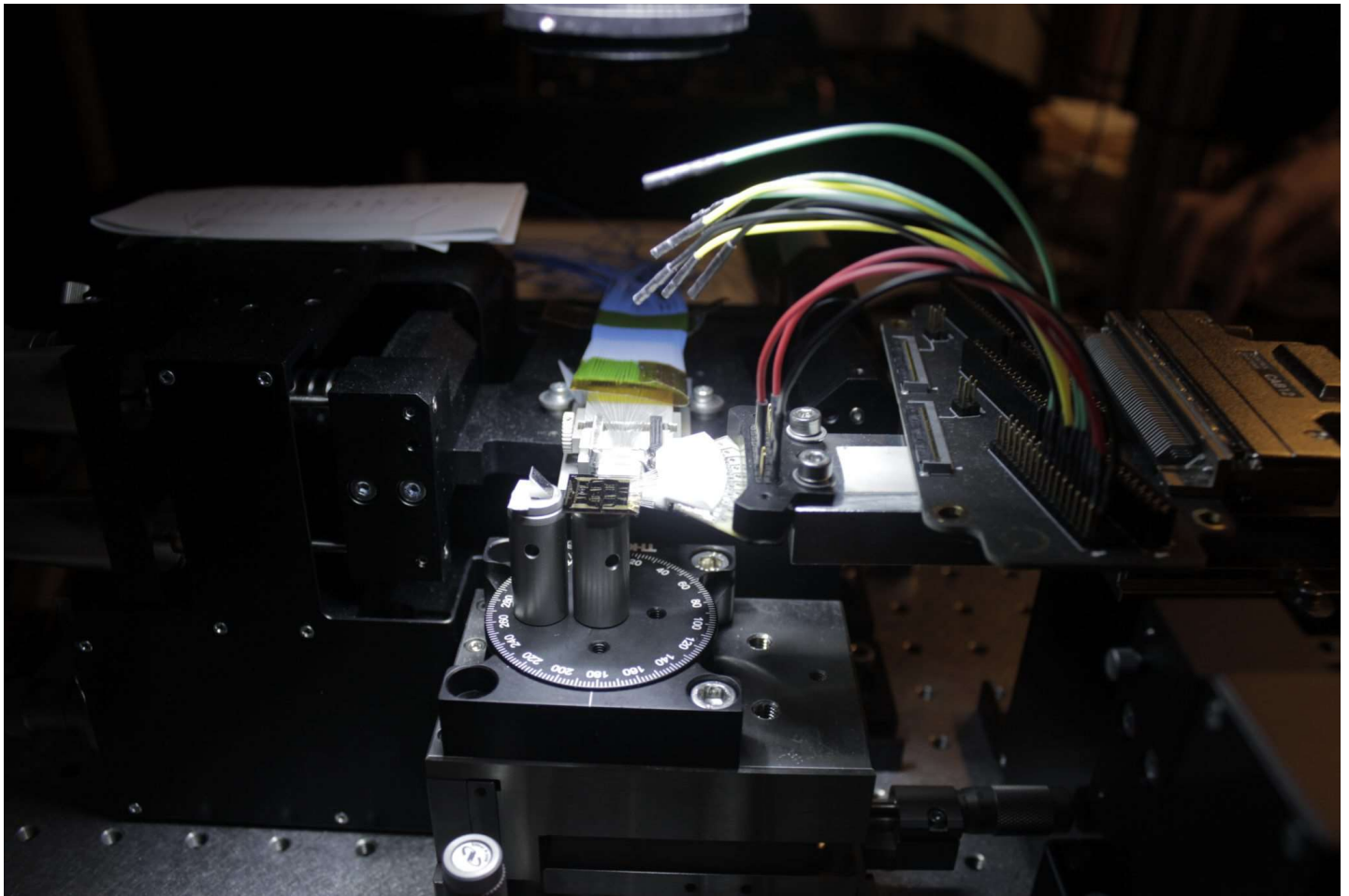
Kvantebits kan laves af lys

I kælderens har Peter Lodahl og hans forskerhold gennem 20 år sat deres penge på den såkaldte fotoniske kvantebit – det vil sige bits baseret på lys. Idéen bag er en direkte udnyttelse af principperne fra Niels Bohrs atommodel.

Gennem Bohrs 100 år gamle atommodel ved vi, at når et atom henfalder fra en såkaldt anslået tilstand til en lavereliggende tilstand, så fødes et foton – altså en lyspartikel.

»Et atom er forudsætningen for at skabe et foton. Det er det princip, som vi bruger her,« forklarer Peter Lodahl, mens han fægter med armene foran et mikroskop-lignende instrument, der har en lille sort chip liggende i midten.

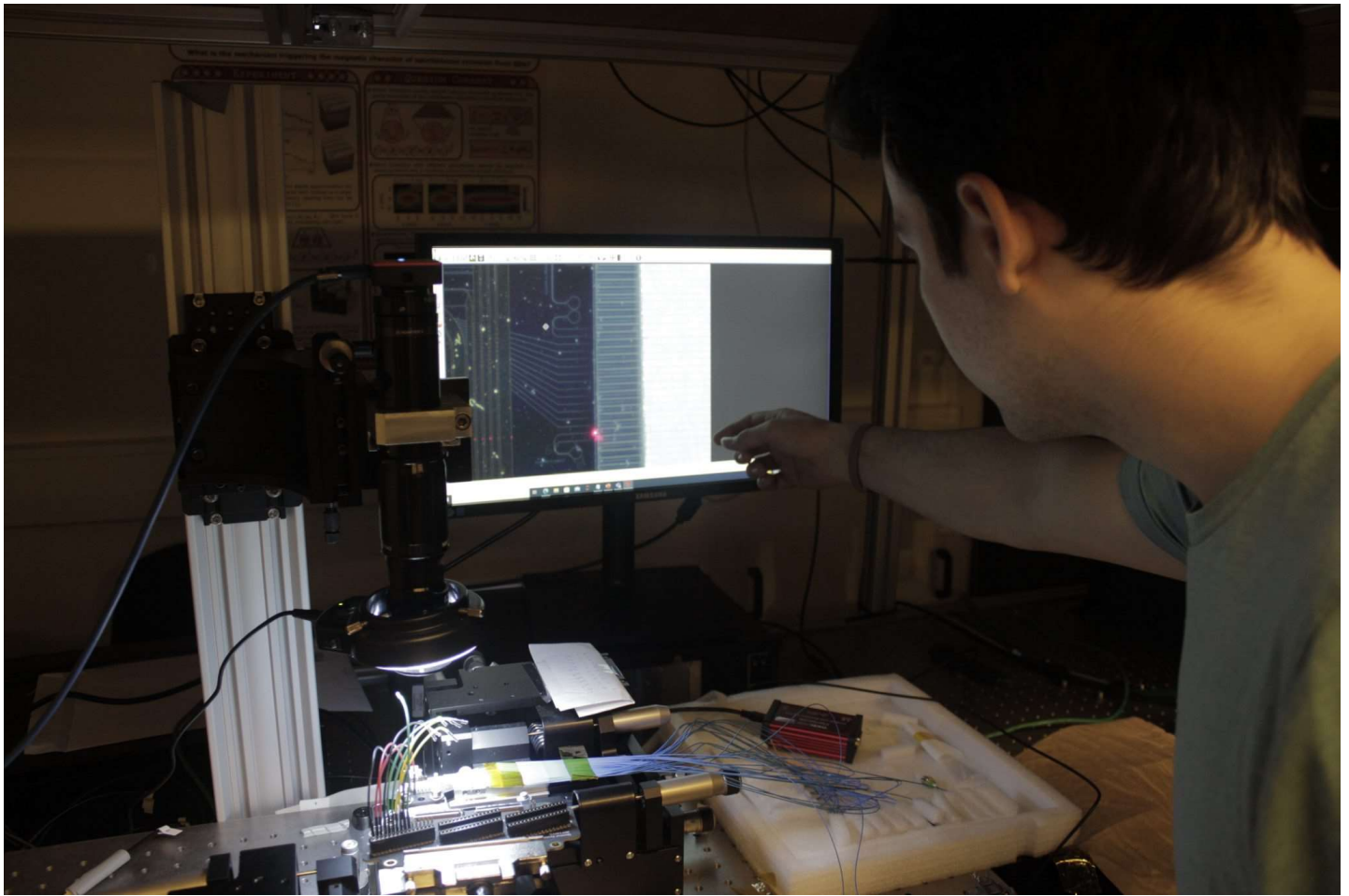
»Magien ligger i chippen,« påpeger Peter Lodahl.



Inde i chippen har forskerne nemlig indlejret et enkelt atom i fast stof. Det kalder de for et kvantepunkt.

Når forskerne trykker på en knap, sendes en laser ind på chippen, så kvantepunktet – det vil sige atomet – henfalder efter et nanosekund og skaber en foton, som Peter Lodahl og hans kollegaer opfanger og udnytter som kvantebits.

Hver gang, Peter Lodahl trykker på knappen, skabes altså et fotonisk kvantebit, og de kan faktisk skabe uendeligt mange uden det store besvær. Det er styrken bag deres teknologi.



I en videnskabelig artikel fra 2020, [som Videnskab.dk skrev om](#), kunne Peter Lodahls forskningsgruppe endda fortælle, at de kunne sende 115 fotoner ud i træk som perler på en snor, der alle sammen var så gode, at de kunne udnyttes som kvantebits.

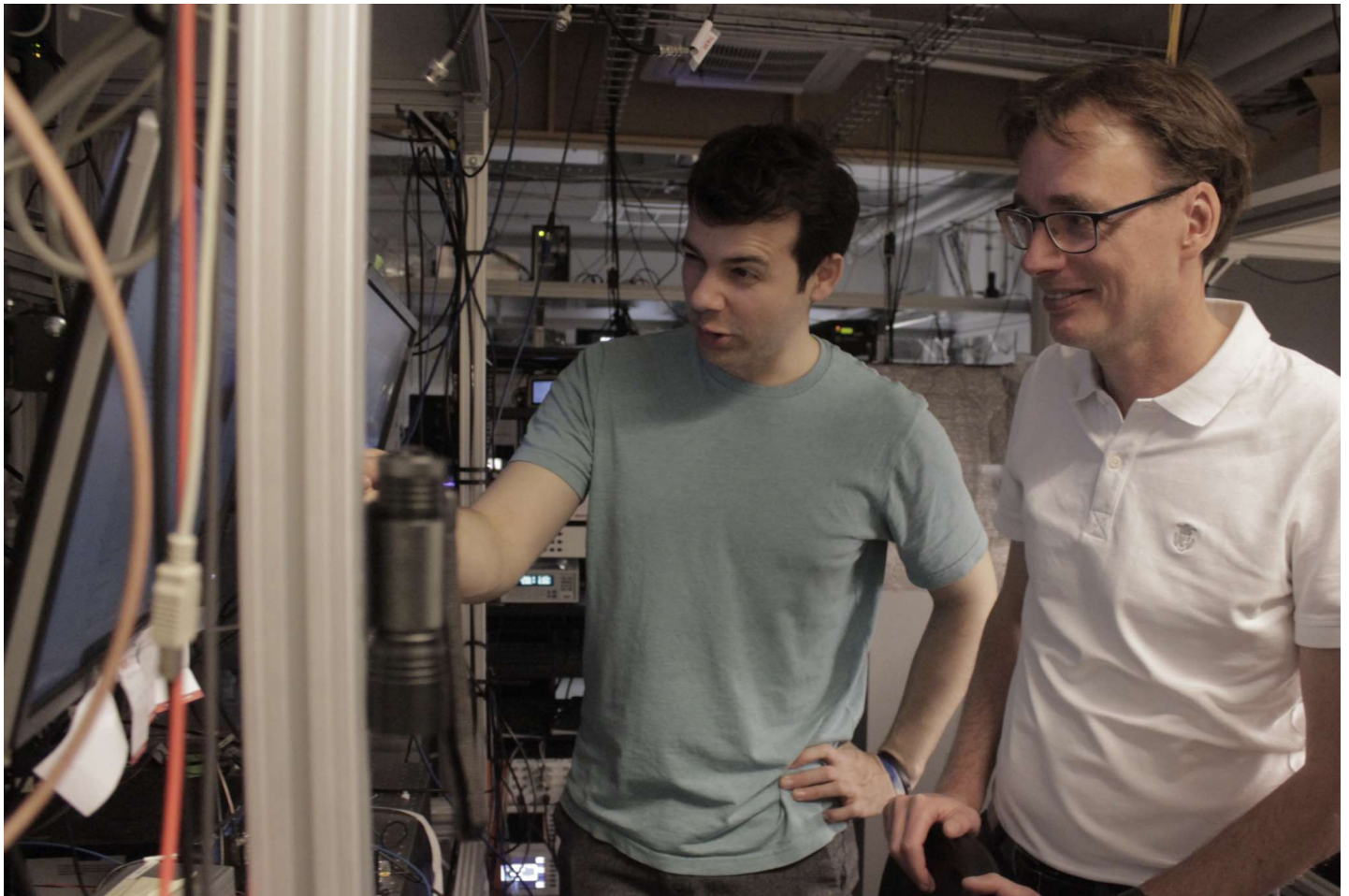
Så Peter Lodahl har faktisk opnået delmålet om kvantefordelen med sine kvantebits. Men der er også udfordringer:

»Mine fotoner kan stadig tabes, hvis jeg ikke passer godt nok på dem. The name of the game er at undgå at tabe fotonerne. Det er det primære problem, der skal løses, før vi kan skalere teknologien op,« forklarer Peter Lodahl.

Nøglen til at løse det problem ligger i det kvantefysiske princip kaldet entanglement – eller sammenfiltrering på dansk. Hvis to kvantepartikler er sammenfiltrede, vil en måling på den ene partikel direkte påvirke den anden. De opfører sig med andre ord ens. Også selvom de befinder sig forskellige steder i universet.

Hvis Peter Lodahls grupper kan producere fotoner, der sammenfiltres med andre fotoner, vil det være et gedigent gennembrud for deres kvantebits. Når et foton er sammenfiltret med 30, 100 eller 1 million andre fotoner, kan man nemlig gennem den ene foton påvirke alle de andre.

»Det er en meget mere potent ressource, og det er den ressource, som man kan udnytte i en kvantecomputer baseret på lys,« siger Peter Lodahl.



\ [Læs mere](#)



Kvante-gennembrud: Dansk opfindelse kan give computere superkræfter

Superledende kvantebits skaber kunstige atomer

Tilbage på den anden side af Fælledparken hos Morten Kjaergaards Center for Kvanteelektronik forsker de i superledende kvantebits – samme type kvantebits, der blev brugt, da Google i 2019 nåede kvantefordelen som de allerførste.

Dykker man ned i designet bag deres bits, er det iøjnefaldende, hvor anderledes det er fra Peter Lodahls lysbaserede kvantebits.

Som navnet afslører bygger superledende kvantebits på superledende materialer. Det vil sige kobber- eller jernmaterialer, hvori elektroner kan fise rundt helt uden modstand.

\ **Hvad er en superleder?**

En superleder er et materiale, der kan lede elektricitet uden elektrisk modstand og dermed uden spild af energi.

I en almindelig ledning mister elektriciteten en stor mængde energi, da den hele tiden støder på ting. En superleder er i realiteten en ledning uden modstand.

I princippet kan alle superledende materialer bruges til at lave kvantebits med. Men i praksis bruger forskerne i dag kun aluminium eller niobium, påpeger Morten Kjaergaard.

Når superledende materiale køles ned til deres kritiske temperaturer, opfører materialet sig, som om det er én stor masse. Under de iskolde forhold kan det superledende materiale og dets elektroner dermed betragtes som ét stort kunstigt atom.

Og helt ligesom et 'ægte' atom, har det kunstige atom kvantefysiske egenskaber, som forskerne kan udnytte til at skabe kvantebits, når de klatter det superledende materiale sammen på mikroskopiske nanochips.

Styrken ved de superledende kvantebits er, at man har en uforlignelig kontrol over dem. Og så kan de – til forskel fra Peter Lodahls fotoner – ikke tabes. Til gengæld kan de tage skade, hvis de udsættes for støj såsom for varme temperaturer eller for stærke magnetfelter.

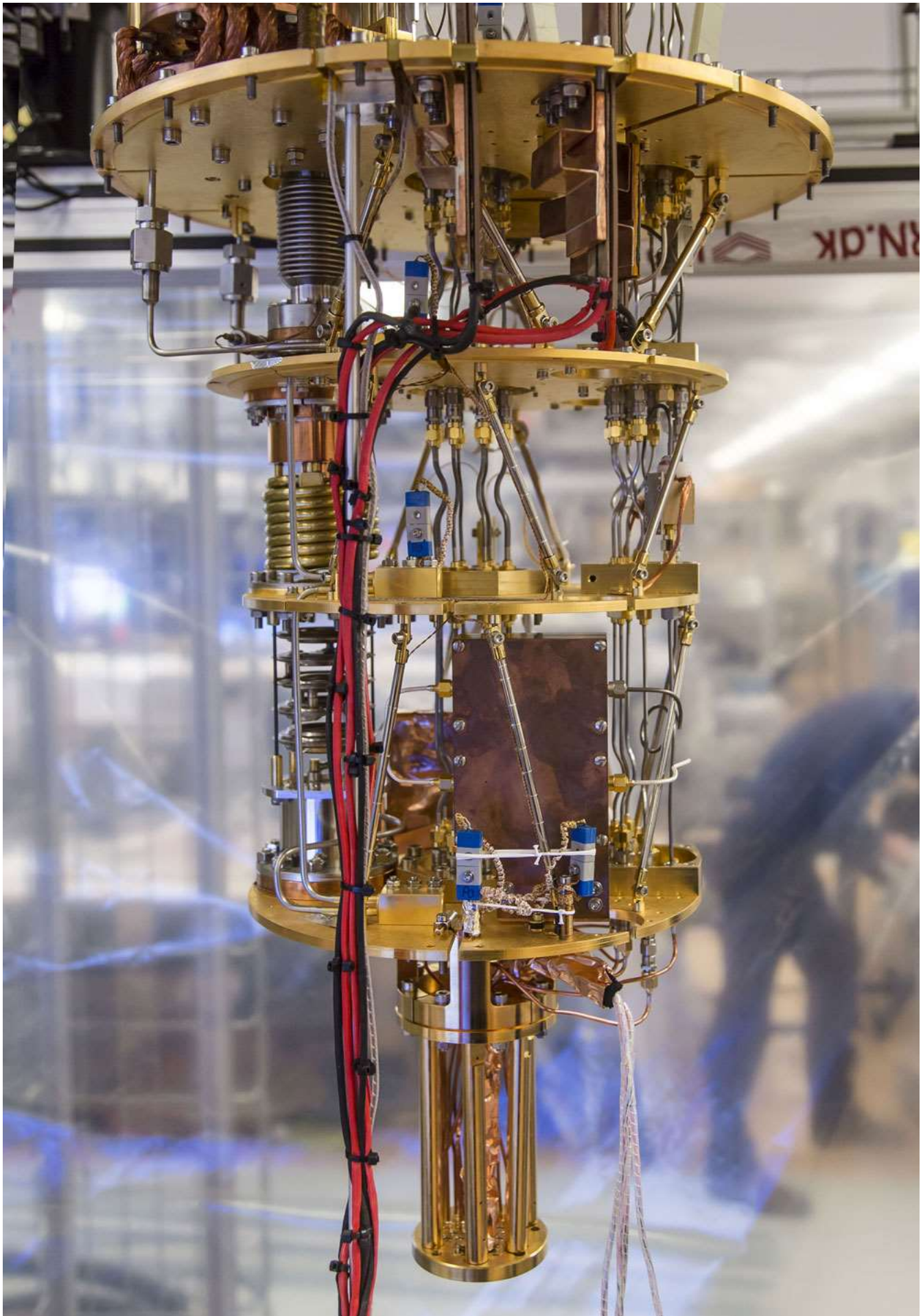


Derfor består en stor del af Morten Kjaergaards arbejde af at sende signaler ned til sine kvantebits i køleskabet og kalibrere dem.

»Lige nu har vi en fejlrate på en promille. En normal transistor (elektronisk komponent, der står for regnekraften i en klassisk computer, red.) har en fejlrate på en milliard-milliardende-del. Det sker med andre ord aldrig,« lyder det fra Morten Kjaergaard.

»Så vi har lang vej,« konstaterer han og sammenligner kvantebit-ræset med udviklingen af de tidligste computere:

»De første computere fra 1940'erne kørte på vakuumrør, og de havde nogenlunde samme fejlrate som kvantebits i dag. Men så kom der en ny teknologi i form af transistoren, der viste sig at være totalt overlegen. Det, vi ikke ved i dag, er – lidt groft sagt – hvilke kvantebits der er transistoren, og hvilke der er vakuumrør.«



\ [Læs mere](#)



På jagt efter computerens næste kvantespring

Et ekko fra Niels Bohr

Om det bliver de fotoniske-, superledende- eller en helt tredje kvantebit, der bliver den nye transistor må tiden vise.

Morten Kjaergaard kalder det brede felt af kvantebits for »en perfekt situation«.

»Felterne kan lære af hinanden. De løser forskellige problemer. Og mange af de store fremskridt er sket, når nogle fra det ene felt er gået over til det andet felt og har sagt: 'Har I styr på, hvordan man gør det her?',« forklarer adjunkten.

Men faktisk behøver der ikke kun at være én vinder. Der forskes nemlig også i, hvordan de forskellige kvantebits kan kobles til hinanden og fungere sammen i et system.

Ifølge Peter Lodahl kan denne hybrid-model meget vel blive den vindende strategi. Derfor anser han også mere Morten Kjaergaard som kollega end konkurrent:

»Det er faktisk meget vigtigt for mig at understrege,« siger han.

»Alle kan blive forelskede i deres kvantebits. Men man bygger ikke ny kvanteteknologi i et elfenbenstårn i kælderen her i konkurrence med alle andre. Det kræver virkelig at vi kan arbejde sammen og udnytte hinandens styrker,« pointerer professoren, så det nærmest lyder som et ekko fra Niels Bohr.

\ [Læs mere](#)



Hvis NATO's nye kvantecenter i København ikke gør dig svimmel, har du ikke forstået noget som helst

\ [Læs mere](#)



3 nye våben, som militæret kan få med kvanteteknologi

\ Kilder

- [Morten Kjaergaards profil \[NBI\]](#)
- [Peter Lodahls profil \[NBI\]](#)



Træt af dårlige nyheder?

Få Videnskab.dk's nyhedsbrev 'Red Verden' med inspirerende løsninger på Jordens største udfordringer.

Tilmeld

\ TOP 6

Mest læste om Teknologi

1

Bakterier 'tryller' overskuds-CO2 om til polyester

2

\ KORT NYT

Arkæolog har opdaget tre romerske militærlejre med Google Earth

3

\ SPØRG VIDENSKABEN \ VIDEO

Hindenburg-katastrofen: Hvor var passagererne?

4

Roser, pandekager og mojito: Nu er vi et skridt tættere på dufte i Virtual Reality

5

\ ANBEFALET

Saddam Husseins superkanon skulle sende satellitter ud i rummet

6

\ KORT NYT

Rumvæsner vil kunne kortlægge Jorden ud fra vores mobilmaster, viser nyt studie



Sprogligt stærk studentermedhjælper med interesse for video søges til Videnskab.dk



Bakterier 'tryller' overskuds-CO2 om til polyester



\ ANBEFALET

'Pan-genomet': Forskere tager stort skridt mod det ultimative genom



De fremmedartede exoplaneter

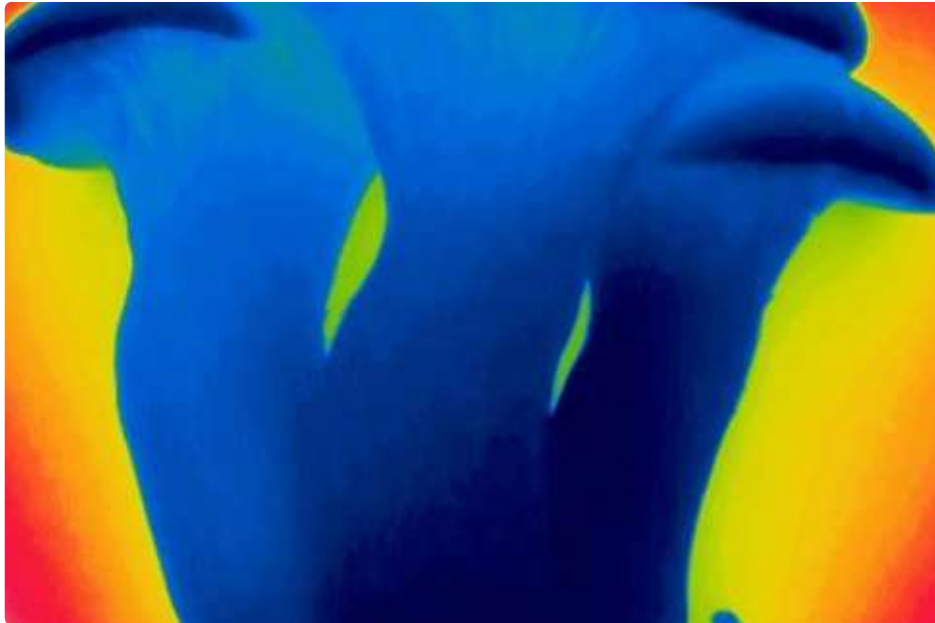


Forsker om 41 millioner kroner dyr T-rex: »Fatter ikke, nogen vil give så mange penge for det der«



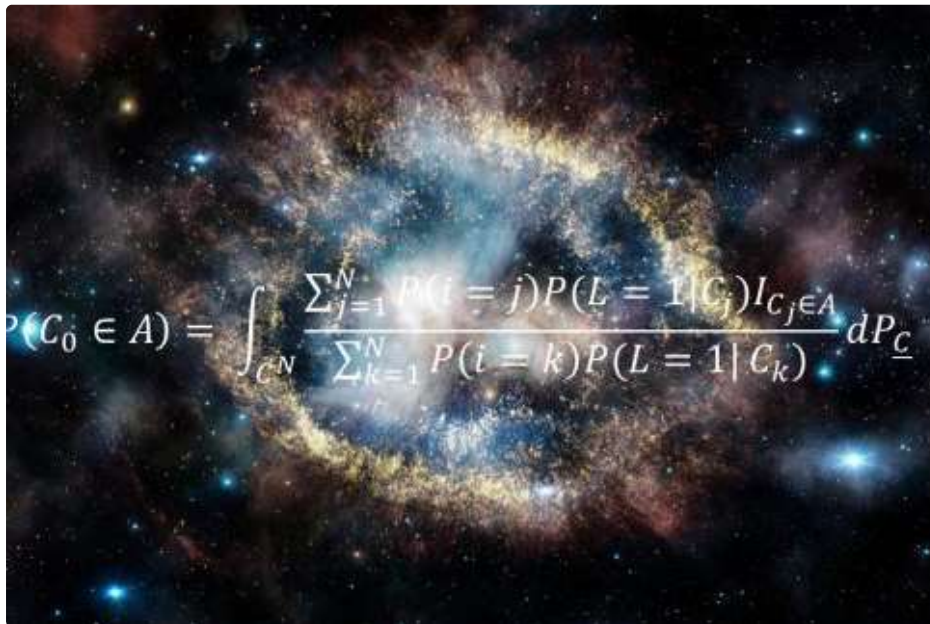
\ KORT NYT

Lad myretuerne stå: De er grundlæggende for dyrelivet og biodiversitet



\ KORT NYT

Svampe kan holde din madpakke kold ligesom køleelementer



\ ANBEFALET

Danske forskere: Sådan kan vi regne ud, om multiverset eksisterer

\ FRA ARKIVET

Det bedste fra arkivet

Gå på opdagelse i mere end 35.000 artikler.



\ FRA ARKIVET \ SPØRG VIDENSKABEN

Hvorfor smager øl bedre fra flaske end fra dåse?

Mad & Ernæring

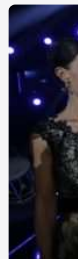
Thomas Hoffmann
Journalist - Twitter: @Tuffmann

\ FRA ARKIVET \ SPØRG VIDENSKABEN

Får jeg lort i næsen, når det lugter af bæ?

Krop & Sundhed

Niels Ebdrup
Journalist



\ FRA A

Melod sange

Antrop

Anders
Journalist

Søg i arkivet



\ KORT NYT

Dansk professor udnævnt til medlem af prestigefyldt videnskabeligt selskab



\ KORT NYT

Lær at sætte komma på et par timer: SDU og Sprognævnet har udviklet kommakursus

\ VIDEO

Video, video, video!

Foretrækker du at se historierne udfolde sig i levende billeder? Så tjek vores seneste videoer, eller følg Videnskab.dk på YouTube.

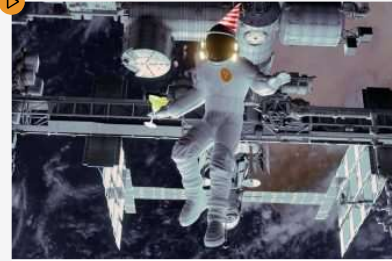


\ SPØRG VIDENSKABEN

Hvorfor kan jeg se to sole på himlen?

Solen

Sara McClymont Bangsbo
Redaktionsassistent



Rumturisme: Kan din næste ferie gå til rummet?

Rumfart

Caroline Higgins Overskov
Redaktionsassistent



\ ANBE

18-årig løse p

Optinc

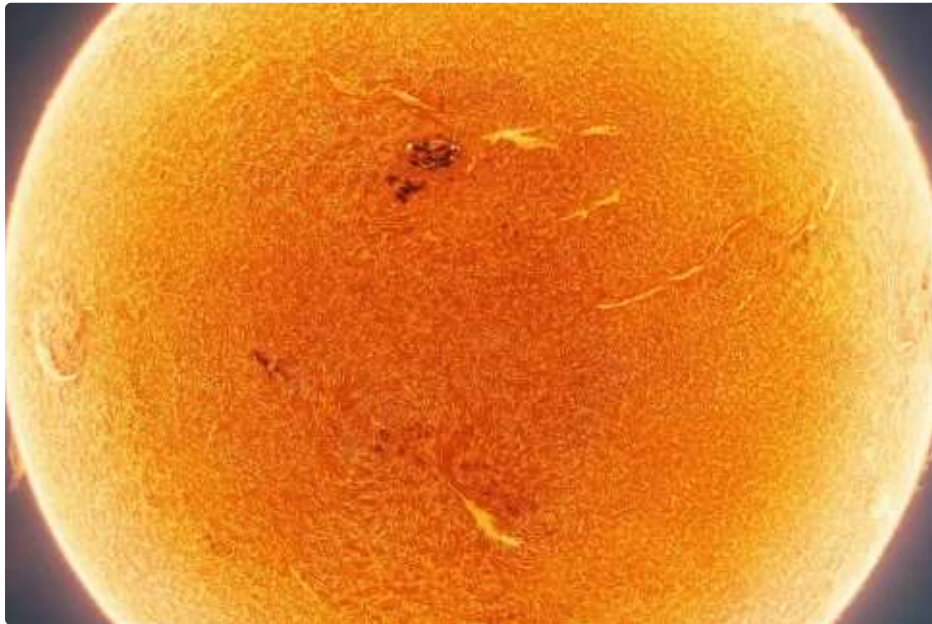
Johan
Journali

Find flere videoer



\ KORT NYT

Forskere forundres af nyt studie: Mos er en af naturens superhelte



\ KORT NYT

Fotograf fanger Den Internationale Rumstation lige foran Solen på betagende billede



\ ANBEFALET \ SPØRG VIDENSKABEN

Hvilke typer motion er bedst for vores mentale helbred?

\ PODCAST

På med hørebofferne!

Luk øjnene, og lad forskernes viden strømme ind ad øregangen. Her finder du Videnskab.dk's seneste podcasts.



\ ANBEFALET

Topforsker: »Afhængighed er den moderne pest«

Hjemmen

Anne Sophie Thingsted
Journalist



Derfor skal du spise mere tang

Planter

Jais Baggestrøm Koch
Podcastredaktør



**Ny po
på Vi**

Plante

Jon Ma
Journali

Lyt til flere podcasts

VIDENSKAB DK

ADRESSE

**Carl Jacobsens Vej 16, opg. 16, 2. sal
2500 Valby**

Ansvarshavende chefredaktør:
Vibeke Hjortlund

Kontakt medarbejdere

CVR-NR: 31111048 EAN: 5798000555174 ISSN: 1903-301X

PERSONDATA OG COOKIES RETTIGHEDER

Vi tager ansvar for
indholdet og er tilmeldt

**PRESSE
NÆVNET**