

thermoscientific

Nyhedsbrev nr. 10 | November 2023
Climate Challenge Laboratory | Bygning 313

Et spørgsmål om tid

Tema: Tidlig ibrugtagning

DTU Campus Service
Danmarks Tekniske Universitet

Et spørgsmål om tid

Klimaforandringerne er i fuld gang og arbejdet med at udvikle nye bæredygtige energikilder kan kun gå for langsomt. Så selvom Climate Challenge Laboratory kun er delvis færdig, er grundforskningscenteret VISION flyttet ind i og tager snart det nye elektronmikroskop i brug for at accelerere forskningen i Power-to-X teknologier.

Et unikt transmissions-elektronmikroskop er omdrejningspunkt for forskningen i Climate Challenge Laboratory. Mikroskopet er en facilitet, et superværktøj, som forskere skal bruge i bestræbelserne på at udvikle nye katalysatorer til den Power-to-X teknologi, som skal muliggøre den grønne omstilling.

I de seneste år er klimaforandringerne taget til og der er ingen tid at spilde. Nu har grundforskningscenteret VISION, der ejer mikroskopet, helt ekstraordinært fået nøglerne til deres lokaler, mens håndværkerne bygger resten af Climate Challenge Laboratory færdig.

Fra starten af byggeriet har DTU forberedt sig på, at VISION flytter ind så tidligt ind som muligt, så centeret kan igangsætte sine ambitiøse forskningsplaner. I dette nyhedsbrev fortæller Nicolai Brogaard Bredal-Jørgensen, bygherre, Campus Service, DTU, Søren Schriver, CX-byggeleder, Børthy

Schriver Lundemann, og Asger Barkholt Moss, Floor Manager, SURFCAT/VISION, DTU Fysik, hvordan de har grebet den opgave an, og hvordan de vil installere det specialbyggede mikroskop.

“Vi har brug for mikroskopet til at realisere vores forskningsambitioner og forhåbentligt bidrage til ny viden om og ideer til nye katalysatorer til den grønne omstilling.”

– Asger Moss, Floor Manager, DTU Fysik

Ingen tid at spilde

I midten af oktober fik VISION nøglerne til deres laboratorie i Climate Challenge Laboratorys kælderarealer. Omtrent otte måneder før bygningen står helt færdigt og bliver overdraget til brugerne. Det skyldes, at VISION får leveret elektronmikroskopet i løbet af november 2023.

Climate Challenge Laboratory bliver først færdig juni 2024. Hvorfor er det så vigtigt, at VISION kommer ind allerede nu?

ABM: VISION er et grundforskningscenter, som kører over seks år. Vi har fået en bevilling til mikroskopet og det skal i gang for at realisere vores forskningsplaner. Rent forskningsmæssigt handler det også om at være først. Der er det klart, at vi vil gerne have det her mikroskop i drift og i brug så hurtigt som muligt. Det er så også vigtigt at tilføje, at VISION's forskning er godt i gang. Der er flere af vores Ph.d-studerende og Post.docs, der har opnået nogle ret vilde resultater. Men vi har brug for mikroskopet til virkelig at realisere vores forskningsambitioner og forhåbentligt bidrage til ny viden om og ideer til nye katalysatorer til den grønne omstilling. Vi håber, det bliver et superværktøj indenfor forskningen i netop det.



TÆT SAMARBEJDE FRA START TIL SLUT. Nicolai Brogaard Bredal-Jørgensen, bygherre, Campus Service, Søren Schriver, Byggeleder og ansvarlig for commissioning, Børthy Schriver Lundemann, DTU og Asger Barkholt Moss, Scientific Floor Manager, SURFCAT, har fundet løsninger på, hvordan man udvikler en ny bygning til et følsomt mikroskop og tager det i brug, mens der fortsat er byggeplads. Fotos: Børthy Schriver Lundemann/DTU

Commissioning

Commissioning er en kvalitetsstyrings proces, der verificerer, dokumenterer og tester, at et byggeri opfylder de specificerede krav. Commissioning processen opstiller målbare funktionsbaserede krav i starten af et projekt. Disse krav kontrolleres for overholdelse igennem alle projektets faser: projekteringsfaserne, udførelsesfasen og driftsfasen.

Commissioning-processen stammer fra skibsindustrien. Et commissioned skib er et skib, der er færdigbygget og klar til at sejle. Før skibet kan få denne titel, så skal det bestå en række test.

Kilde: Cx Wiki

Hvad er jeres roller og opgaver?

ABM: Officielt er jeg Scientific Floor Manager, i den her sammenhæng plejer jeg at sige Technical Lab Manager. Det er min opgave at få mikroskopet operationelt - helt fra at planlægge de tekniske detaljer sammen med producenten (Thermo Fisher Scientific Inc., red.) til at sørge for, at det kommer ind i bygningen, bliver klar og kan bruges. Min rolle er både det praktiske i at få det installeret, op at køre og virke siden hen, men også at hjælpe de Ph.d-studerende, Post.docs. og forskere, der skal bruge instrumentet.

NBBJ: Jeg er bygherre i DTU's bygherreorganisation Campus Service, og dermed ansvarlig for at byggeriet bliver designet og udført til det formål, som DTU har besluttet. I denne sag er det helt særligt, at en så stor del af bygningen bliver bygget færdig og taget i brug før tid. Vi har fra starten vidst, at VISION skulle ind så tidligt som muligt og tænkt det ind i alle faser, hvilket har krævet en nøje planlægning.

SS: Jeg er Cx-leder for commissioning (Cx, red.). Jeg har været tilknyttet siden projekteringsfasen, inden vi gik i jorden, og er tilknyttet indtil, vi er færdige. Det vil sige, når bygningen er overdraget til brugerne og driften. Vi har omkring 60 Cx-krav på projektet. Det er min opgave at drive processen og sørge for, at vi lever op til de krav og få det testet og dokumenteret.

Hvad er commissioning?

SS: Commissioning er en proces, der løber parallelt med, at byggeriet bliver projekteret og bygget, så vi sørger for, at huset lever op til de tekniske krav. Her på DTU har man oprettet et Cx-team, der kun har

fokus på commissioning og alene forholder sig til, om anlægget kan det, det skal. Samtidig har DTU sat en række krav til bygningernes drift, som bygningen skal efterleve.

For Climate Challenge Laboratory er det særlige, at vi både opfører et laboratorium og en kontordel, der har vidt forskellige krav, og at VISION skulle tage deres del af bygningen i brug tidligere. I starten var vi et hold af rådgivere, bygherre og brugere, der fandt ud af, hvilke tekniske krav, bygningen skal efterleve for eksempel luftmængder på ventilation og temperaturkrav. I den fase skar vi krav ud i pap og satte parametre op, så vi kan teste, om vi når målet.

ABM: Det er et meget følsomt instrument, så det er en spændende opgave at skulle have det installeret, mens der er byggeplads. Instrumentet skal være i meget stille omgivelser for, at det virker, så det hænger ikke helt sammen, men det skal alligevel skærmes mod andre støjkilder, for eksempel den kommende letbane, og derfor bliver det placeret i et rum, der er fuldstændig skærmet fra omgivelserne.

Et mikroskop, der stiller krav til bygningen

Det kræver en del af bygningen at huse et så fintfølelse instrument. VISION får lokaler i en høj kælder, hvor mikroskopet får sit eget rum, der er designet til at skabe det optimale miljø omkring det.

Hvad det er, I har behov for?

ABM: Der skal være så stille og stabilt som muligt. Det gælder både støj og også temperatur. Temperaturen må ikke variere mere end 0,8 grader i løbet af 24 timer inde i rummet. Mikroskopet står på sit eget to meter dybe fundament, der overhovedet ikke ryster pga. aktiviteter andre steder i bygningen. Der må heller ikke være elektromagnetiske forstyrrelser udefra, da det vil påvirke mikroskopet rigtig meget.

Typisk bliver lignende laboratorier rundt omkring verden placeret langt væk fra alt andet. Problemet er bare, at hvis vi placerer mikroskopet et sted syd for Køge (hvor S-toget ender, red.), så bliver det både svært at tiltrække udenlandske forskere, og vi mister også synergien mellem VISION og de andre forskere, som skal være i Climate Challenge Laboratory: Både de teoretikere, der arbejder på at forstå, hvorfor katalysatorerne fungerer, som de gør, og de eksperimentister, som laver og tester de katalysepartikler, vi skal undersøge.

Vi valgte i stedet at skabe et helt isoleret rum, der er fuldstændig stille i et meget travlt miljø, hvor alle kernekompetencer er samlet et sted. I stedet for at flytte væk fra alle andre, så flytter vi mikroskopet

hen til dem og skærmer det så mod den støj, der må være. Det betyder, at resten af bygningen nærmest er bygget rundt om det her laboratorium.

NBBJ: Det er der ingen tvivl om. Det er mikroskopet, der har sat mange af de specs (kravspecifikationer, red.), der er til bygningen. Og faktisk ikke kun bygningen. På campus går en vej forbi laboratoriet, som bliver lukket for biltrafik, fordi biltrafik vil forstyrre mikroskopet. Så vi har kigget på hele infrastrukturen i den her kvadrant. Man kan tænke, at det havde været bedre at placere mikroskopet på DTU Risø, men det er det rigtige sted her, fordi der er synergi med alle de andre forskere.

Hvordan har I taget hånd om det scenarie, at I ikke bare skal bygge en bygning efter et mikroskop, men også tage det så tidligt i brug, som tidsplanen tillader?

SS: Vi har kørt en commissioning proces siden starten af projekteringen, fordi mikroskopet skal i drift før noget andet. Som Asger siger, er bygningen bygget rundt om det, men derudover er mange af installationerne skræddersyede til, at VISION skal i drift, mens der stadig er byggeplads. Så der er særskilte forsyninger med varme, køl, vand, gasarterne og strøm, så man kan bygge videre i resten af huset uden risiko for afbrydelser i VISION. Der er lavet en midlertidig forsyning fra B310, som er en sikker forsyning, mens vi bygger B313 (Climate Challenge Laboratory, red.) færdig.

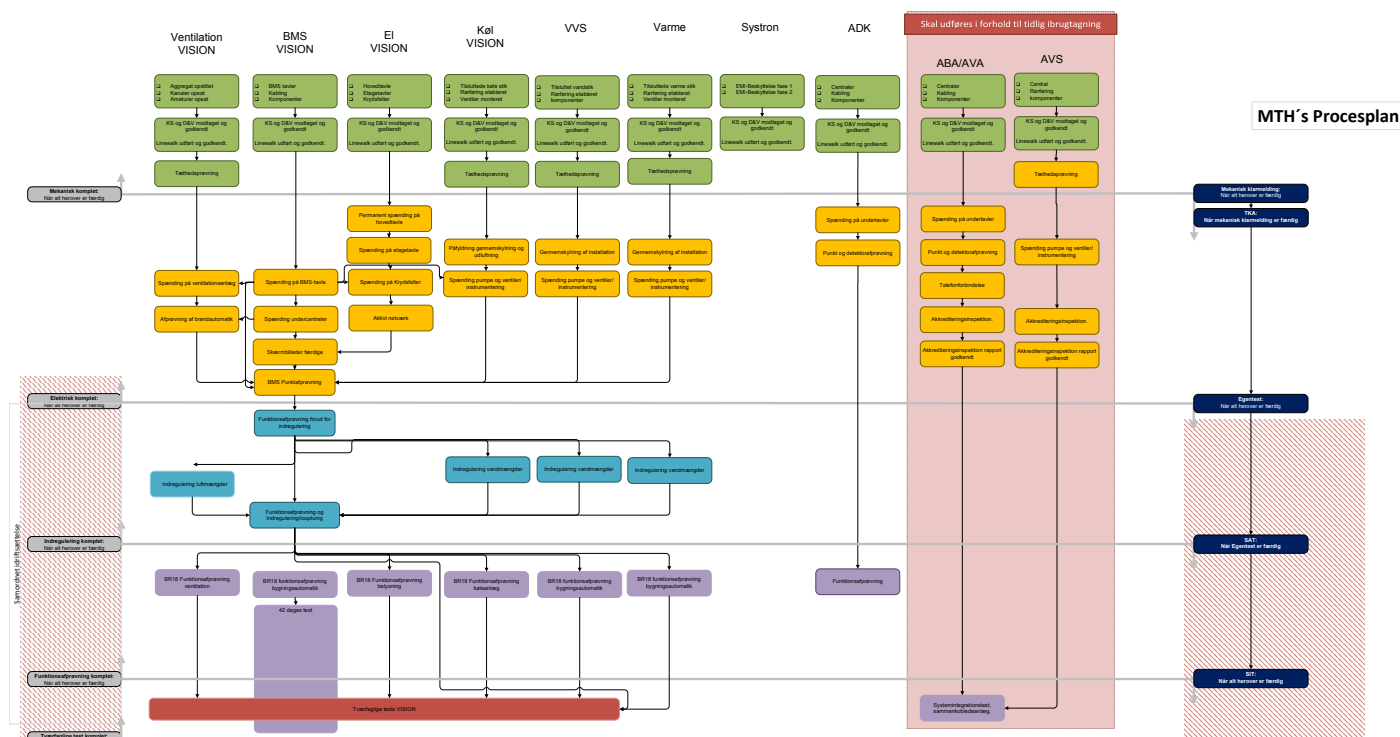
Nogle steder har vi også taget andre valg end Campus Services standardforudsætninger. For eksempel har vi installeret et ventilationsanlæg med stand alone styring i stedet for traditionel CTS styring, der forsyner rummet med frisk luft for, at vi kan holde temperaturen stabil. Det anlæg har sin egen styring og et system, vi kan køre lokalt, fordi huset og netværket ikke er oppe at køre, når VISION flytter ind. Det er sådan nogle ting, vi er nødt til at have ind i projektet meget tidligt for at lykkes. Alt det med beton, døre og lofter, det kan man godt løse, men i min optik er teknikkdelen den svære del.

Hvad har det betydet for tid og økonomi?

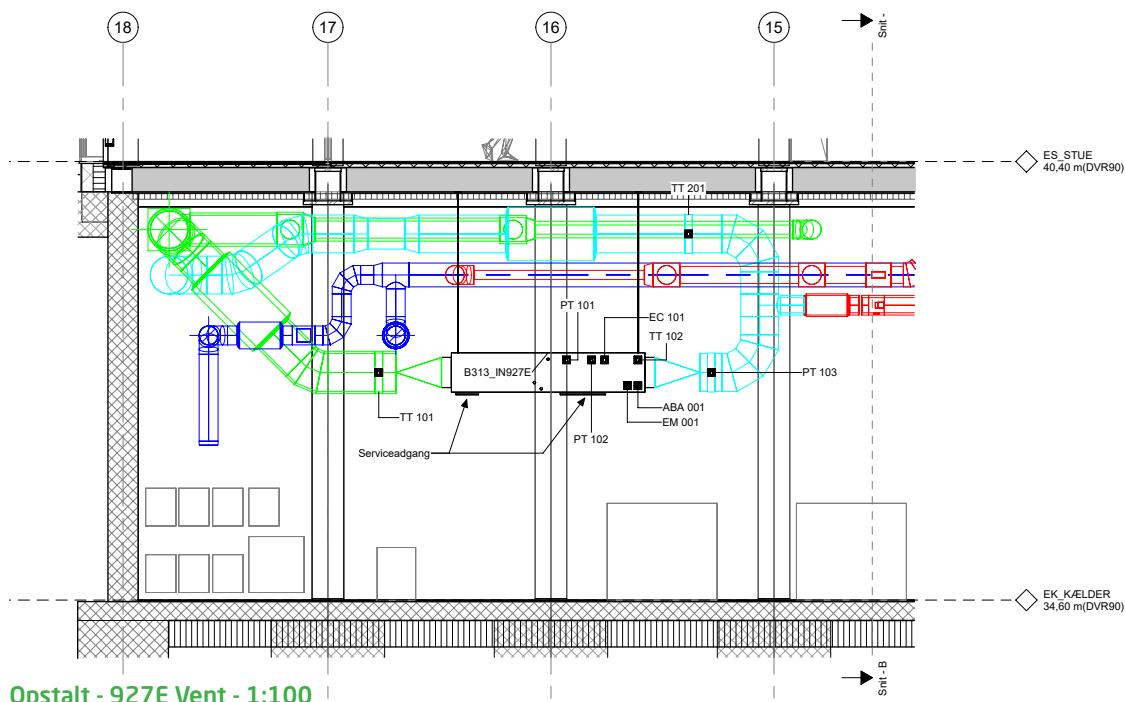
NBBJ: Det har krævet planlægning, rigtig meget planlægning. Der har været mange spørgsmål oppe, netop fordi det er så kritisk. Da sagen blev udbudt, havde vi en hovedtidsplan med en forskudt projektering og udførelse på VISION's område. Nu fik vi det mingeleret ind, så det foregik samtidig og så har vi en tidligere ibrugtagning. Da vi begyndte at projektere, var vi ikke helt sikre på specs'ne til mikroskopet, men vi havde bygget tid til ændringer undervejs ind i tidsplanen.

Da vi startede op, var der alene en bevilling til VISION, men ikke resten af bygningen. Først når vi har et godkendt aktstykke, kan vi være sikre på økonomien, men vi vidste, at vi skulle bygge VISION. Meget vigtigt fik vi også bevilget midler til resten af bygningen, for ellers havde man mistet hele ideen om et tværfagligt forskningsmiljø.

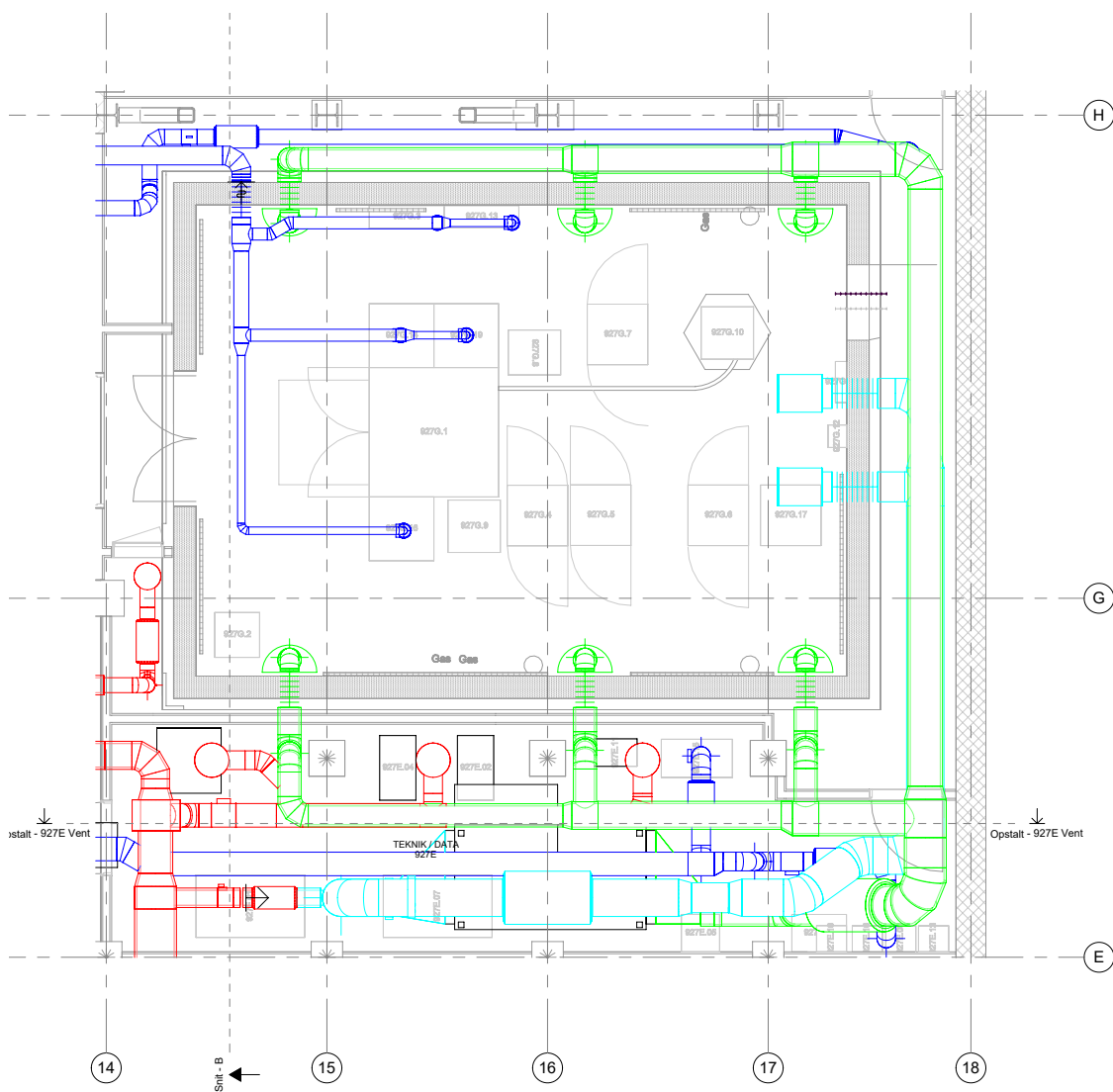
FLOWCHART FOR VISION.
DTU Fysik og Campus Service har fra starten af byggesagen arbejdet målrettet mod en så tidlig ibrugtagning af VISION's lokaler som muligt. Commissioning har derfor været indtænkt i planen fra de indledende faser. Diagrammet giver en idé om kompleksiteten af øvelsen. Illustration: DTU



ET HUS TIL ET MIKROSKOP. Der er behov for særlige tekniske installationer til at mikroskopet kan bruges. DTU har udført et særskit ventilationsystem til VISION's område i Climate Challenge Laboratory. Tegninger: DTU



Opstalt - 927E Vent - 1:100



Funktionsdiagram - Ventilation 927E - 1:100

Kan I fortælle, hvordan installationen kom til at foregå?

ABM: Selvfølgelig står producenten for selv. De har bygget mikroskopet på deres fabrik og testet altting ned til hvert enkelt kabel. Når de er færdige med at tune og teste det, så skiller de det ad i så store stykker som muligt, pakker det i kasser og sender hertil. Så kommer de her og monterer det hele igen. Jeg tror, at man skal forestille sig det mest avancerede LEGO-sæt, man kunne drømme om. Vores del har mere ligget i planlægningen. Det er så komplekst et instrument, så de vil vide, hvor langt hvert et kabel skal være, for at vi har styr på, hvad er gået galt, hvis noget går galt. Derfor har det været en kontinuerlig proces at snakke med producenten om, præcis hvordan mikroskopet bliver installeret for eksempel i hvilken position, det skal stå, hvilke kabler løber hvor, hvorfra der kommer strøm osv. Der har jeg koordineret mellem producenten på den ene side og byggeledelsen, arkitekter og ingeniørerne på den anden side. Selvfølgelig den platform, mikroskopet er bygget på, er et standardprodukt. Det er en relativt ny serie af elektron mikroskoper, men dem findes der flere af

rundt omkring i verden. Det særlige ved det her mikroskop er, at vi beder om at få noget ekstra. Det er en opgraderet version, som aldrig er lavet før. Det svarer til at tage en almindelig Mercedes og så fyre en bedre motor i. Det bliver bare noget helt andet.

Søren, hvad er din opgave, når det kommer på pladsen?

SS: Min opgave er at være ude af rummet. Der har vi finkoordineret med Asger ned til den mindste detalje. Det er virkeligheden mest logistik, vi hjælper med, så der ikke står noget vejen, for det er meget grej, der skal ind i huset. Der har vi også gjort en dyd ud af at skille VISION fra resten af huset, også på byggepladsen, så der ikke er håndværkere på VISION's område.

ABM: Ja, normal procedure ville være, at I lavede en bygning, hvorefter vi fyldte noget ind i bygningen. I det her tilfælde er det at installere mikroskopet blevet en del af byggeprocessen. Så jeg render tit og ofte rundt herovre i bygning B300. Det er et dagligt samarbejde med meget flydende grænser mellem, hvem der gør hvad.



INSTALLATION I FASER.
Thermo Fischer påbegyndte installationen i uge 43 med at sætte kabinettet op, som er en akustisk isoleret kasse, som mikroskopet skal stå inden i. Derfor er en del af bygningen afleveret og overdraget til VISION midt oktober 2023, mens resten af bygningen bygges færdig. Der er AB aflevering juni 2024 og brugeroverdragelse juli 2024. Fotos: DTU

Forskning fra 2024

I november bliver mikroskopet installeret og testkørslen starter. Derefter kan VISION tage det i brug og invitere andre forskere ind i laboratoriet. Der er store forventninger til dets betydning for forskningen og udviklingen af den teknologi, der skal blive hjørnesten i den grønne omstilling.

Hvad er det første, der kommer til at ske derfra?

ABM: Det første er, at vi skal teste, om mikroskopet kan det, som vi forventer, det kan. Derefter skal vi i gang med forskningen og se nogle af de ting, som vi håber på, at vi kan se. Målet er at se kemiske reaktioner ske på byggestenene af en katalysator, nemlig enkelte nanopartikler, på det atomare eller molekylære niveau. Det er først, når vi kan se det, at vi kan få en dybtliggende forståelse for, hvad der rent faktisk sker. Det kan vi så føre tilbage til teoretikerne, der regner videre på det, og så videre til at lave nye katalysatorer, som vi kan få testet og så se igen. På den måde kan vi forhåbentlig bedre forstå og bidrage til udviklingen af nye katalysatorer, som kan indgå i Power-to-X-produktion. Det er mange forskellige reaktioner, vi kigger på. Det mikroskop, som vi bruger lige nu, har en begrænset opløsning og stabilitet, som mindsker følsomheden for de atomare detaljer af nanopartiklerne og deres vekselvirkning med molekylerne.

Hvad er det mikroskopet kan, som kan gøre det?

ABM: Der er to ting, der er helt særlige ved mikroskopet og for det VISION gerne vil. Det ene er, at vi kan have gas omkring de katalytiske

nanopartikler. Det er nødvendigt, hvis vi vil se de kemiske reaktioner. Vi kan for eksempel sende CO₂ ind, og se, hvordan det bliver omdannet. Normalt virker elektronmikroskopet ved at sende en stråle elektroner ned igennem en meget, meget tynd prøve, og i et fuldstændig lufttomt instrument. Det næste, der er særligt ved det nye mikroskop, handler om opløsningen. Den måde, man ser meget små ting, på er ved at sende en elektron stråle igennem en prøve. Men mikroskoperne har længe været tilstrækkeligt ustabile til, at det er den ustabilitet, som har defineret opløsningen. Med det nye mikroskop kommer der nye linser og stabilitet, så vi kan se detaljer på 50 picometer. Det er en opløsning med 11 nuller, vi er nede i - svarende til radius i det mindste atom, nemlig H atomet. Opløsningen er altså nu bestemt af atomerne og ikke mikroskopet. Ved så god en opløsning skal vi så passe ekstra meget på, at vi ikke påvirker atomernes vibrationer og forskydninger. Forestil dig, at du lyser med en kæmpelygte ned i en overflade, så bliver den varm fordi atomerne begynder at vibrere. Tilsvarende vil elektronstrålen kunne påvirke atomerne og det prøver vi at modvirke med følsomme detektorer, der kan måle enkelte elektroner ad gangen; vi er virkelig nede, hvor kvantemekanikkens love sætter ind.

Så de to ting - at vi kan tilføje gas og at vi har en opløsning sat af atomerne - gør mikroskopet særligt. Drømmen er at kunne se atomer og molekylære species og konstruere 3D modeller af katalytisk nanopartikler for bare at forstå deres virke i katalytiske reaktioner.

Basisinfo

Byggearbejder

Facadearbejder er afsluttet. Aptering er i fuld gang.

Status på projektet

Området hvor VISION's elektronmikroskop skal operere er afleveret til DTU medio oktober, Herefter starter installationen og det forventes, at mikroskopet er operationel med udgangen af 2023.

Tidsplan



DTU CAS' projektteam

Nicolai B. Bredal-Jørgensen
Projektleder, Campus Service
Telefon 93518977
Email nicb@dtu.dk

Laila Halkjær
Projektleder, Campus Service
Telefon 93511823
Email laiha@dtu.dk

Maja Frederikke Høgsbro
Projektleder, Campus Service
Telefon 93511087
Email majah@dtu.dk

Et mikroskop i verdensklasse

Et transmissions-elektronmikroskop bruges til at "se" eller visualisere materialer på atomart niveau. Det minder i opbygning om et almindeligt lys-mikroskop, men opnår sin høje opløsning der er ca. 1000 gange bedre end lysmikroskopets opløsning, fordi det anvender en stråle af elektroner som "lyskilde".

Mikroskopet er opbygget med "lyskilden", en elektronkanon, i toppen. Elektronerne opfører sig som bølger (ligesom lys). De accelereres over et højt elektrisk spændingsfald på 300.000 V og opnår dermed en så kort bølgelængde, at mikroskopet kan opløse enkelte atomer. Hvor lysmikroskopet anvender almindelige glaslinser til at fokusere lysstrålen, anvender elektronmikroskopets i stedet for en række elektromagnetiske linser til at fokusere elektronstrålen på prøven (belysningsoptikken). Efter passage af prøven, danner objektiv-linsen et forstørret billede af prøven. Længe har udfordringen været, at de

elektronmagnetiske linser forvrænger billederne - analogt til det syn man får ved se igennem bunden på en glasflaske. Men i moderne elektronmikroskoper kan man korrigere linsernes fejl ved hjælp af en billedkorrektor og dermed opnå krystalklare billeder af materialernes atomare struktur. Objektiv-linsen og billedkorrektoren danner tilsammen den afbildningsoptik, der former billedet på en højhastigheds-detektor monteret i bunden af elektronmikroskopet. Detektoren kan optage billeder og sågar filmsekvenser i 4Kx4K pixel opløsning. Dette billedmateriale angiver en to-dimensional projektion af det fysiske objekt (eksempelvis en nanopartikel).

VISIONs mikroskop udmærker sig særligt ved (1) at en reaktiv gas kan introduceres omkring prøven, så kemiske reaktioner med høj opløsning kan observeres, (2) en opløsning på ca. 50 pm, svarende til radius af det mindste atom i det periodiske system, nemlig brintatomet, og (3) at mikroskopets højkvalitetsbilleder kan bruges til at gendanne den atomare struktur af materialer i tre dimensioner (3D).

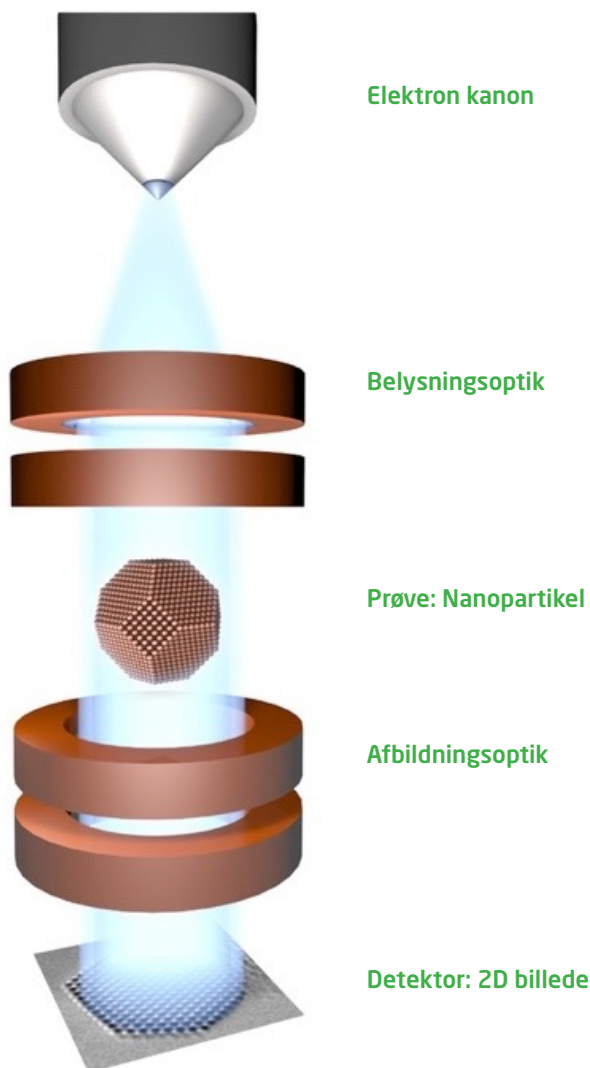
VISION

Center for Visualizing Catalytic Processes (VISION) er finansieret af Danmarks Grundforskningsfond. Der er givet en bevilling på 85.5 mio DKK for perioden marts 2020-maj 2026 (DNRF146). Centeret er ledet af professor Stig Helveg ved DTU Fysik.

VISION beskæftiger sig med katalyse. Katalyse er videnskaben og teknologien til at kontrollere kemiske reaktionshastigheder og nøglen til produktion af bæredygtige kemikalier, brændstof og energi. Effektiv katalyse af kemiske reaktioner kan opnås med nanopartikler, men det er en enorm videnskabelig udfordring at forstå, hvordan deres størrelse, form og struktur påvirker katalytiske processer.

VISION vil adressere denne udfordring ved at kombinere nye og spirende platforme til iagttagelse af den atomare struktur, dynamik og funktion af enkelte nanopartikler i katalytiske reaktioner. VISION vil belyse hvordan enkelte nanopartikler katalyserer kemiske reaktioner på det atomare niveau. Ved at besvare dette spørgsmål sigter VISION mod at skabe videnskabelige gennembrud inden for termiske katalyse og elektrokatalyse, der er nødvendige for at tackle vor tids store miljøudfordringer.

Kilde: DTU



Skitse af et elektronmikroskop. Illustration: Jakob Kibsgaard/DTU