Danmarks
Grundforskningsfond
Danish National
Research Foundation



NYSGERRIGHED BERIGER SAMFUNDET

DANMARKS
GRUNDFORSKNINGSFOND

Forsidefoto
Studier af ålegræs, Kertinge Nor, Fyn.
Foto: Peter Bondo Christensen:

Side 6-7
Foto: Charlotte Bailey

Side 14-15
Foto: Niels Sandal

Side 22-23
Foto: Heide W. Nørgaard

Side 32-33
Foto: Juan A. Mayoral.

Side 40-41
Foto: Mai Korsbæk og
Center for Complex Quantum Systems

Side 48-49
Foto: Laura Serioli

NORDIC SWAN ECOLABEL
Printed matter
5041 0546

FSC
MIX
Fra ansvarlige kilder
FSC® C041505

KLIMAKOMPENSERET PAPIR

INDHOLD

04 Forord

06 Grundforskere udvikler byggesten til fremtidens sundhedsvæsen

14 Grundforskere skaber fundamental viden til grøn omstilling

22 Grundforskere aktualiserer vores kulturarv

32 Grundforskere belyser samfundspolitiske spørgsmål

40 Grundforskere baner vej for den 2. kvanterevolution

48 Grundforskningscentre er rugekasser for innovative virksomheder



FORORD

Det centrale spørgsmål vi vil belyse i denne publikation er: Kan det virkelig betale sig for samfundet, at nogle af dets bedst uddannede borgere bruger tid og penge på at forfølge nye veje til at forstå menneskers adfærd og hvordan verdens natur er indrettet ned til de mindste molekyler.

Vi vil her synliggøre, hvordan videnskaben bidrager til samfundets udvikling på mange flere måder end de åbenlyst positive ændringer i vore livsforhold, som de store forskningsmæssige gennembrud giver. Vedrørende sidstnævnte, så er de fleste ikke i tvivl om, at fremskridtene indenfor sundhedsområdet vidtgående er drevet af nye videnskabelige landvindinger. Indenfor naturvidenskab er det lettere at se i bakspejlet at f.eks. Ørsteds og Faradys opdagelse af elektromagnetisme og induktion førte til en elektrificering af samfundet i løbet af kort tid. Den kvantemekaniske revolution i 1920erne, som vidtgående foregik på Blegdamsvej, førte betydeligt senere til indsigt i de halvlederteknologier, der er kernen i al IT-hardware. Dette er blot et par eksempler på nysgerrighedsdrevet forskning, der har revolutioneret samfundet med forskellige tidsforløb.

Overvejelserne om hvorvidt samfundet er bedst tjent med at videnskaben fokuserer på udvalgte aktuelle problemer, eller om man skal opbygge en bredere basisviden indenfor områder, der er væsentlige for samfundets udvikling, er ikke ny. I Ægypten for 4000 år siden studerede man nattehimlen af praktiske årsager for at kunne lave kalendere, der kunne bruges til at fastlægge hvornår bønderne skulle så, og hvornår Nilen om foråret gik over sine bredder. Den første, der formulerede en grundvidenskabelig nysgerrigheds-drevet tilgang til at forstå naturen og mennesket, var Aristoteles 350 år før vor tidsregning. Hans grundtanke var, at alle mennesker af natur stræber efter at vide, og at samfundet har fordel af at understøtte denne nysgerrighed. Det viste sig at være rigtigt for Athen, ligesom det senere i renæssancen og oplysningstiden blev den grundlæggende kraft, den vestlige civilisation udviklede sig på, og herved kom til at adskille sig fra de fleste andre kulturer.

Danmarks Grundforskningsfond (DG) støtter nysgerrigheds-drevet forskning og er overbevist om, at så længe forskningen er af høj kvalitet og forskerne kan forklare betydningen af deres vision, vil det være en af de stærkeste drivkræfter i samfundsudviklingen. Det er væsentligt, at samfundet forstår og accepterer, at der næppe kommer gennembrud, hvis ikke der er bygget et fundament op. Endvidere må man godtage at tidsforløbet for gennembrud er uforudsigeligt, og at de positive effekter er mangeartede.

DG har tidligt efter sin grundlæggelse støttet forskning i f.eks. grøn omstilling, fødevarer og sundhedsdata, som nu 30 år senere viser sig at være helt centrale for de udfordringer samfundet møder i 2021. Vi forventer på samme måde at den forskning, vi støtter lige nu, vil påvirke samfundet i fremtiden.

Der er dog også en lang række positive samfundseffekter af den aktuelle forskning, som kan observeres mens den foregår, idet forskerne i tiltagende grad indgår i at kvalificere samfundet ud over selve grundforskningen og uddannelsen af Ph.d. og postdoc kandidater, der får ledende jobs i dansk erhvervsliv og administration.

Disse yderligere aktiviteter vil vi belyse her, idet vi finder, at de giver sig udtryk på en række måder, der i vidt omfang sker udenfor rampelyset og viser et billede af mennesker med et stort samfundsengagement. Vi har valgt at fokusere på 6 områder, som er:

1) Sundhedsområdet, hvor en række centre har bidraget til bedre diagnostik, terapi, ny medicin og rådgivning. DG centret PERSIMUNE kom lige ind i orkanens øje med Covid19 pandemien, og værdien for det danske samfund af at have et af verdens førende virologi-immunologi miljøer er åbenlys;

2) Grøn omstilling. Centrene arbejder med både nye teknologier til at reducere energiforbrug samt med de katalyse-processer, som er afgørende for at kunne lagre energi, og som endnu ikke er udviklet, så de kan opskaleres uden store energitab;

3) Samfundspolitisk rådgivning til offentlige og internationale institutioner. Centrenes ledende medarbejdere formidler forskningsviden til både danske og store internationale institutioner og regeringer, der lægges til grund for politiske/finansielle beslutninger;

4) Kulturarv. De danske museer er i en omstilling i disse år, hvor de gør mere ud af at bygge formidlingen på den nyeste forskningsmæssige viden, og her bidrager en række forskningscentre med både viden og samarbejder;

5) Den anden kvanterevolution. Udviklingen af nye kvantebaserede teknologier kan revolutionere samfundet på den længere bane, og en række danske forskningsmiljøer er i gang med denne store udfordring;

6) Nye innovative virksomheder. Forskere, der går nye veje, er ofte gode til både at skabe forskningsgennembrud og samtidig øjne en umiddelbar anvendelse i forlængelse af deres opdagelse. Der dannes derfor en række virksomheder ud fra grundforskningsmiljøerne.

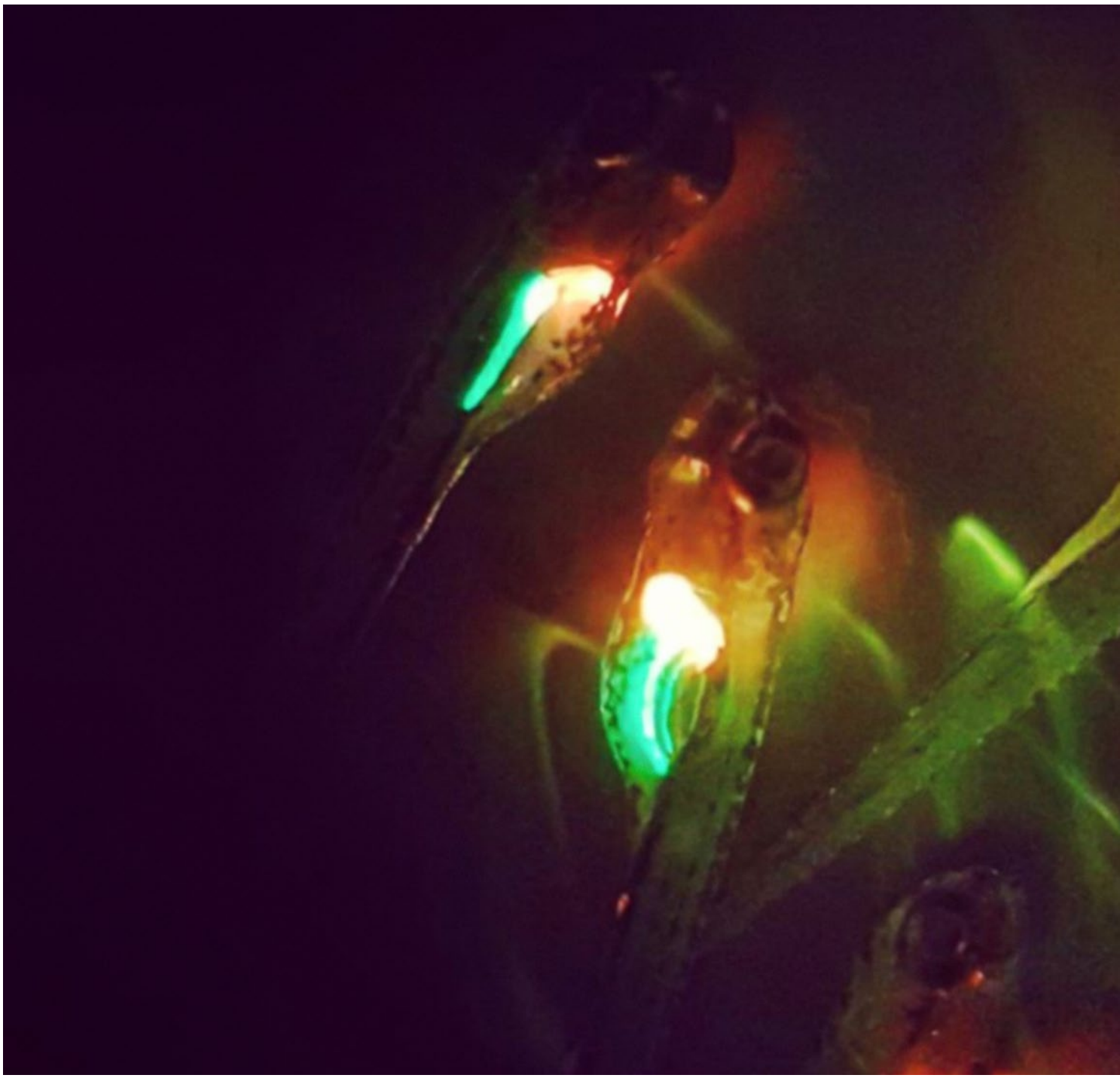
Intentionen med publikationen er således at synliggøre, at nysgerrigheds-drevet forskning giver et væld af afledte effekter på samfundet både her og nu og på den lange bane. Det handler ikke om patenter, men om at berige samfundet med en lang række aktiviteter, som de færreste tilskriver forskere, og som vi håber hermed bliver anskueliggjort. Det er et samfundsengagement, som er i hastig udvikling, og som giver stor mening for den unge generation af forskere, der i tiltagende grad søger jobs, hvor de kan bidrage med et positivt aftryk på samfundsudviklingen.

Jens Kehlet Nørskov
Bestyrelsesformand

Søren-Peter Olesen
Direktør

GRUNDFORSKERE

UDVIKLER BYGGE-STEN TIL FREMTIDENS SUNDHEDSVÆSEN



Sundhedsvidenskabelig grundforskning er i sin natur et af de mest umiddelbart vedkommende forskningsområder for den brede befolkning, fordi det handler om at forbedre vores sundhed og livskvalitet.

Produktiviteten i den danske sundhedsforskning er stor, og en række grundforskningscentre er med til at fastholde en forskningskvalitet på højt internationalt niveau, så vi kan bibeholde en sundhedssektor i verdensklasse.



Center for Præcisionsmedicinering af Smitsomme Komplikationer til Immundefekter (PERSIMUNE), Rigshospitalet

Centerleder: Professor Jens Lundgren



Center for Hyperpolarisering i Magnetisk Resonans (HYPERMAG), Danmarks Tekniske Universitet

Centerleder: Professor Jan Ardenkjær-Larsen



Center for Inflammation og Metabolisme (CIM), Rigshospitalet

Centerleder: Professor Bente Klarlund



Center for Epigenetik (EPI), Københavns Universitet

Centerleder: Professor Kristian Helin



Billedet viser zebrafisk larver, hvor proteiner i lever og bugspytkirtel lyser op i røde og grønne farver i et fluorescerende stereomikroskop. Hensigten er at belyse, hvordan disse organer er i stand at regenerere deres struktur efter skader og dermed fremme udviklingen af nye terapier for menneskelige sygdomme.



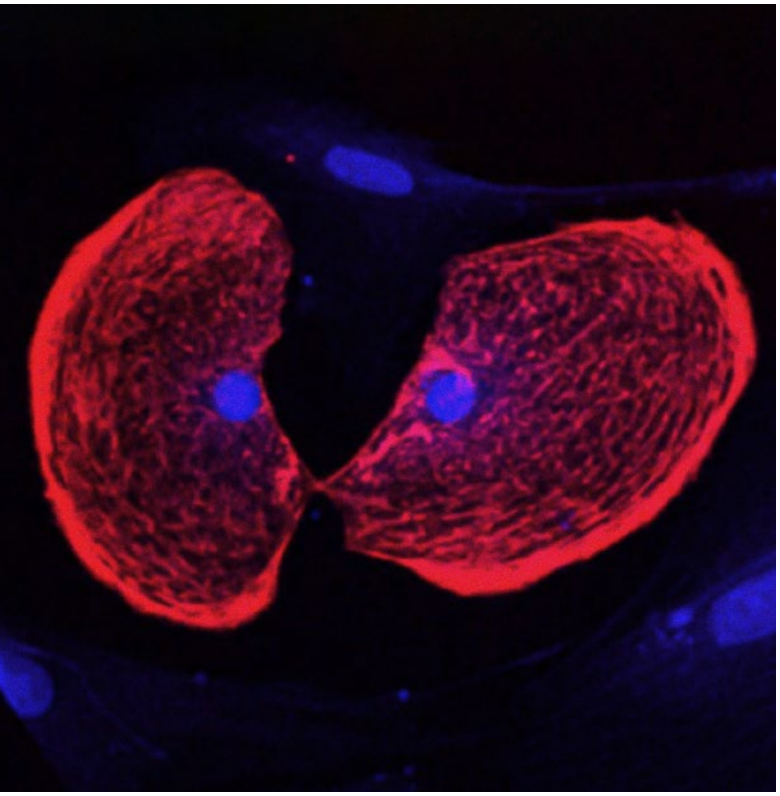
Den biologiske forståelse af mennesket
Grundforskning inden for det sundhedsvidenskabelige område handler om at forstå den menneskelige biologi og de biologiske årsagsmekanismer til sygdom. Kristian Helin forklarer: *"Det drejer sig om de fundamentale spørgsmål om, hvordan menneskets organisme virker, og hvorfor den virker, som den gør. Og dernæst hvad det er, der går galt, når vi udvikler sygdomme i forhold til den normale udvikling."*

Grundforskningscentrene specialiserer sig i den biologiske arv og er dybt forankrede i genetik og celle- og molekylærbiologi. Deres forskning kredser om nogle af de største sygdomme i Danmark som cancer, diabetes, hjerte-kar sygdomme og hjernesygdomme. Og for Jens Lundgrens vedkommende nu også COVID-19, som ramte verden i slutningen af 2019 og eskalerede til en pandemi i 2020.

På baggrund af en metode til analyse af kæmpestore patientdatasæt, som blev udviklet i de første år af hans center, blev Jens Lundgren i august 2020 udpeget til at lede forsøgsprotokollen i et amerikansk støttet forskningsprojekt benævnt ACTIV-3, der skal afprøve en lang række typer af COVID-medicin. *"Som grundforsker inden for sundhedsvidenskaben er jeg optaget af at forstå, hvorfor det går godt for nogle og mindre godt for andre. En af de store udfordringer ved dette er, at det er utrolig svært at fastslå, om personerne har fejlet nøjagtig det samme. Dvs. hvis forklaringen på, hvorfor det gik godt for én person, men ikke for en anden, simpelthen skyldes at det, de har været udsat for var forskelligt. Den problematik er elimineret i forhold til COVID-19, fordi alle bliver smittet med den samme virus"*, forklarer Lundgren.

Grundforskning med nytteperspektiv
Som grundforsker indenfor det sundhedsfaglige felt, er udsynet til at kunne gøre en forskel for syge borgere særligt nærliggende. *"I bund og grund er vi bare nysgerrige på at forstå, hvordan naturen fungerer"*, siger Jan Ardenkjær-Larsen. *"Men vi spænder hele vejen fra det cellulære og den biologiske forståelse til det medicinske. Det fascinerende ved den forskning vi laver er, at den er translationel dvs. at vi ved modelstudier kan udvikle en metode der kan bruges på mennesker. Det er meget appellerende, at vi har mulighed for at udvikle nye teknikker, der kan give bedre prognoser for patienter med alvorlige sygdomme."*

Jens Lundgren er også optaget af det samfundsmæssige perspektiv. Det er netop hans eksperimentelle grundforskning, som inddrager translationel og patientnær forskning, der har ført til den centrale placering i den globale forskningsindsats, der skal gøre verden klogere på behandling af COVID-19. *"Samarbejdet i centerets multidisciplinære forskerteam, der består af både grundforskere og klinikere, gør, at vi ikke blot kan analysere de patientdata, vi arbejder med, men også forstå de biologiske mekanismer, der forklarer, hvorfor der er forskel på, hvordan patienter klarer sig. Som konsekvens heraf, har vi nu en central plads i studierne af COVID-19 pandemien."*



Hjertemuskel stamceller. Foto: Zoe Jenkins.

Bente Klarlund Pedersen ser grundforskning på samme måde: *"Selv de mest nørdede grundforskere inden for det sundhedsvidenskabelige felt er tit inspireret af et biologisk problem, de forsøger at forstå."* Bente Klarlunds grundforskningscenter handlede om at blive klogere på, hvordan man kan minimere risikoen for at pådrage sig sygdomme som type 2-diabetes, demens, hjerte-kar-sygdomme og cancer. *"Helt overordnet var vi interesserede i, hvordan fysisk aktivitet påvirker immunsystemet og på den måde har helbredende effekter. Udgangspunktet var en grundvidenskabelig opdagelse af, at muskler laver hormonlignende stoffer, når de bliver brugt. Vores hypotese var, at hvis disse stoffer kan påvirke organerne, så kan muskelaktivitet også påvirke sygdomsprocesser. Og dernæst: Kan musklerne ligefrem frigøre stoffer, som påvirker vækst af tumorer"*, forklarer Klarlund. Det lykkedes hendes center at finde mere end 100 stoffer, der bliver lavet af musklerne og at påvise mekanismen for, hvordan nogle af disse stoffer – kaldet myokiner – kan være med til f.eks. at hæmme væksten af ondartede knuder og påvirke glukoseoptagelse og fedtforbrænding i musklerne.

Fokus i Kristian Helins center var, hvordan en persons omgivende miljø og liv kan have en specifik påvirkning på aktivering af gener og syntese af proteiner i kroppens celler. *"En af de ting, vi opdagede var en ny klasse af enzymer, som kunne slette nogle af de modifikationer, der sker på vores proteiner. Det viser sig, at mange af disse enzymer er ændret i forskellige sygdomsceller. Vi fandt også en anden gruppe af enzymer, der virker på DNA, og som er muterede i forskellige cancersygdomme"*, fortæller han. For så vidt angår perspektivet for den sundhedsvidenskabelige grundforskning siger Helin: *"I forhold til udvikling af nye lægemidler, er både den basale forståelse fra grundforskningen og sygdomsindsigt fra den patientnære forskning nødvendig, for det er i syntesen af de to, at man kan gøre de opdagelser, der fører til nye forebyggelses- og behandlingsmetoder."*

Diagnosticering og personlig medicin

Overliggeren for den langsigtede vision for sundhedsvæsenet er personlig medicin. Drømmescenariet er, at den medicin, der gives til det enkelte menneske, kan gå ind og virke præcis på den pågældende sygdom, så man undgår overmedicinering og bivirkninger. De danske sundhedsregistre giver god mulighed for at finde sammenhænge mellem sygdom og genetik, men en fuld udfoldelse af visionen om personlig medicin, eller præcisionsmedicin, kræver på den ene side teoretiske og grundvidenskabelige erkendelser af hvilke gener og mutationer, der fører til

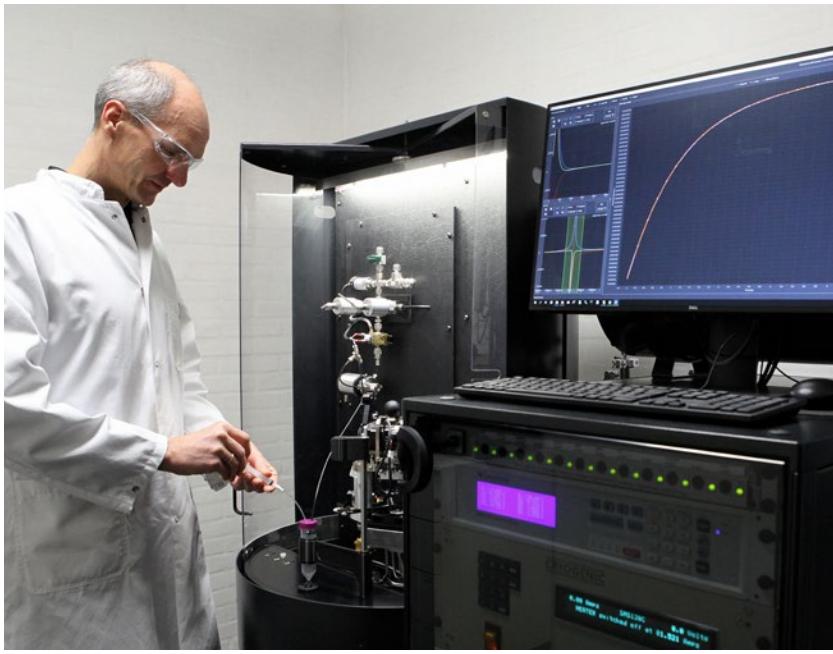
sygdomme, og på den anden side teknologier og udstyr, der kan udmønte diagnosticering, udredning, behandling og kontrol.

Der er stadig meget materiale i vores arvemasse, som man ikke kender funktionen af og varianter i gener, der ikke tidligere er beskrevet som værende sygdomsdisponerende. Med udviklingen inden for genteknologi, omics teknologier til biologisk molekylæranalyse og mikrobiomanalyser, er man kommet tættere på. *"På nogle områder er man nået i mål, f.eks. er insulin en form for præcisionsmedicin"*, forklarer Kristian Helin og uddyber: *"Men helt overordnet har vi ikke tilstrækkelig forståelse af mennesket til at udvikle præcisionsmedicin over hele linjen; Vi har simpelthen ikke værktøj nok i værktøjskassen endnu"*. Jan Ardenkær ser det på samme måde: *"Der kan gå årtier inden videnskaben er moden nok til at udfylde visionen om personlig medicin, som vi har drømt om i meget lang tid. Det er først nu, vi begynder at have indsigt og teknologier til det, både på det diagnostiske og terapeutiske område"*.

Pejlemærket i Jan Ardenkjær-Larsens forskning er en mekanistisk forståelse af sygdomme, dvs. en forståelse af mekanismerne og signaleringen på molekylærbiologisk plan, med henblik på tidlig opsporing og diagnosticering. *"Det vil jo være endnu bedre, hvis vi kan forhindre sygdomme, end hvis vi skal behandle dem. Så det vi primært arbejder ind i er den tidlige diagnostiske side, dvs. at kunne lave en mere præcis diagnose, så man kan give den enkelte patient den bedst mulige behandling."*

Ardenkjær-Larsens fokus er på optimering af medicinsk billeddannelse, dvs. scanninger, som kan bruges til at forstå både sygdomsprocesser og effekten af behandlinger. Han fortæller: *"Vores forskning handler om at forbedre signalerne af magnetisk resonans ved hyperpolarisering, som er en teknik til magnetisering af sporstoffer. Magnetisk resonans er et fænomen, som naturen udviser, og hyperpolarisering kan forstærke signalerne væsentligt. I modsætning til anatomiske billeder, som man kan få ved røntgenundersøgelser, kan vi med billeddannelse via magnetisk resonans frembringe molekylær information. Det betyder, at vi både kan se, hvor sygdommen sidder i kroppen og karakterisere den. Det kan også bruges til at vurdere responsen på behandlinger, f.eks. ved kemoterapi. Hvis kemoterapien er effektiv og slår kræftcellerne ihjel, vil der ske nogle stofskifteforandringer, man kan måle, og på den måde kan lægen afgøre, om behandlingen skal fortsætte eller en anden behandling skal prøves. Vi bruger også vores metode til at prøve at forstå nogle grundlæggende spørgsmål inden for de neurodegenerative sygdomme, som man ikke kender svaret på. Der er mange hypoteser omkring hvad det er, der sker i vores hjerne, når vi f.eks. udvikler demens, og med vores teknik til billeddannelse har vi mulighed for at gå ind og undersøge det på en måde, man ikke kan på anden vis."*

For Bente Klarlund er det også en selvfølge, at hendes forskningsresultater skal kvalificeres i forhold til behandling af det enkelte menneske. *"Vi kan ikke behandle*



Hyperpolarisering af det metaboliske kontraststof i en særlig maskine udviklet af HYPERMAG.

patienter med fysisk aktivitet, hvis vi ikke ved hvad der foregår inde i selve cellen. Firkantet sagt, kan vi ikke bare regne med, at det f.eks. er den samme cykeltur eller gåtur alle kemopatienter skal på. Vi skal finde ud af hvilke signaleringsveje, vi skal have aktiveret, og først når vi ved det, kan vi målrette træningen for den enkelte patient, så man får styrket præcis den del af biologien, som i deres organisme kan virke f.eks. mod tumor og kan forbedre blodkarrene. Der er vi i dén grad ovre i grundforskningen, hvor vi arbejder helt basalt med celler og cellelinjer på molekyleniveau."

En af forudsætningerne for præcisionsbehandling i Jens Lundgrens optik er, at man på baggrund af grundlæggende viden om sygdomsforløb studerer, hvordan det rent faktisk går mennesker, der får en given behandling, og så bringe denne viden tilbage i grundforskningslaboratorierne og analyserer data og biologisk materiale fra patienterne. *"Det er på denne måde, vi kan reproducere og validere vores forskningsresultater og flytte vores forståelse til et højere niveau. Vi bliver klogere på hvilke nye biologisk funderede mekanismer, der forklarer forskellene på behandlingsresponsen,"* siger han.

Et andet forhold omkring bedre diagnostik er selve måden man inddeler sygdom på. *"Vi bruger rigtig meget tid på at redefinere sygdomme ud fra en nutidig forståelse af hvilke biologiske mekanismer, der er på spil"*, understreger Jens Lundgren. *"Det er et centralt element i at skabe fremtidens sygdomsvæsen, hvor man kan sofistikere behandlingen af hver eneste diagnose. Flere og flere ting i sundhedssystemet vil bygge på, at vi ved hjælp af kunstig intelligens og maskinlæring får en bedre indsigt til at kunne identificere – ud fra en enkelt datasøgning – hvad den enkelte person fejler. Hvis man ser 10 eller 20 år frem i tiden, vil antallet af diagnoser, man kan sætte på en given patient, stige i tusindfold."*

Uddannelse af specialister

Alle grundforskningscentrene er multidisciplinære. Centrenes succes bygger på samarbejde mellem forskellige faggrupper plus det faktum, at de qua deres stærke internationale position, kan tiltrække dygtige forskere til Danmark. Kristian Helin påpeger: *"Som leder af et Grundforskningscenter, skaber man et top-videnskabeligt internationalt miljø, hvor man uddanner rigtig mange nye forskere, som går ud og bliver akademiske ledere eller får jobs i industrien. De kommer til at sætte et tydeligt præg på deres fremtidige arbejdspladser."*

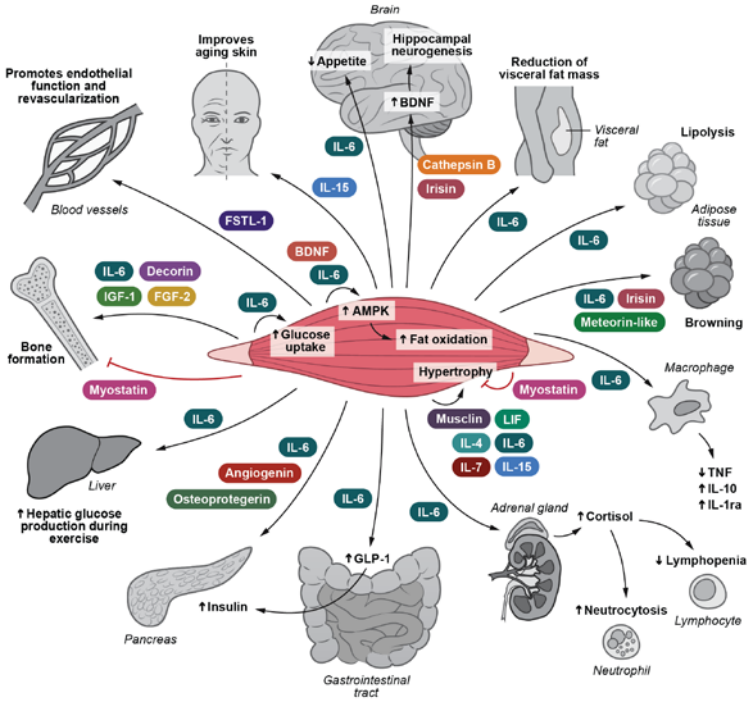
Stærke grundvidenskabelige miljøer og adgangen til specialister er netop en vigtig parameter for at tiltrække virksomheder, der kan udnytte de opdagelser, der gøres i grundforskningen, til udvikling af ny medicin. *"Ud fra et samfundsøkonomisk perspektiv, er Grundforskningscentrene ekstremt gode til at levere kandidater til de højt specialiserede arbejdspladser inden for f.eks. medicinalindustrien, man gerne vil skabe i Danmark"*, uddyber Helin. *"Langt de fleste lægemidler er udviklet på baggrund af grundforskning fra de akademiske miljøer. Nogle af de modeller for genetiske ændringer i kræftceller, der fører til ukontrolleret cellevækst, som vi gjorde i mit center, har f.eks. ført til nye lægemidler for forskellige former for leukæmi."*

Grundforskningens tilfældige nybrud
Det ligger alle centerlederne på sinde at være nyttige for samfundet, bredt forstået, men de understreger, at det oftest er på den lange bane, værdiskabelsen for samfundet finder sin vej og realiseres.

Jan Ardenkjær-Larsen og Kristian Helin lægger begge stor vægt på, at det er den basale og brede erkendelsesbaserede grundforskning, der fører til de overraskende nyskabelser, og som typisk er dem, der rykker samfundet i kvantespring. Det er vigtigt, at man stiller åbne spørgsmål til, hvordan vores natur fungerer. Kristian Helin påpeger: *"I den biomedicinske forskning kommer kvantespringene ofte fra steder, vi ikke forventede, men som netop er dem, der gør, at man revolutionerer selve måden, man laver forskning på, og dermed også, hvordan man kan lave nye lægemidler. F. eks. kommer den nyeste gen-forskning fra den basale grundforskning."*

Bente Klarlund uddyber dette synspunkt: *"Der er talrige eksempler på, at grundforskning inden for mit felt, som er infektionsmedicin, pludselig har fået anvendelse. F.eks. fandt man på et tidspunkt de såkaldte monoklonale antistoffer, som man ikke vidste hvad man skulle bruge til, men som pludselig viste sig at være det, der gjorde, at man kunne diagnosticere fraværet af en speciel immuncelle, hvilket førte til identifikationen af HIV."* Hun fortsætter: *"Som samfund må og skal vi have råd til grundforskning. Ellers bliver vi fattige. Der er masser af viden nu, man kan implementere, men hvis vi også vil have ny viden, er man nødt til at have grundforskningen med."*

I forhold til værdiskabelse for borgerne, har formidling af ny viden i mange år været en central del af Bente Klarlunds virke: *"Formidling af vores forskning var i starten lidt af en hobby for mig, men er nu blevet en fuldt integreret del af min forskningsplan. Forskningsformidling for mig er i lige så høj grad at være synlig i samfundet ved at give folk nye indsigter på dét at være fysisk aktiv, som det er at publicere en videnskabelig artikel i et prestigefyldt blad. Forskningsresultaterne skal ud og virke for borgerne, for patienterne og for sundhedspersonalet. Jeg mener også, at man forskningsformidler, når man får politikere i tale og opererer i forskellige udvalg i regi af Sundhedsstyrelsen og andre myndigheder. Jeg var f.eks. med til at lave anvisningerne for fysisk aktivitet i skolen og ad den vej påvirke folkesundheden."*



Musklerne producerer hundredvis af stoffer, såkaldte myokiner, hvorved musklerne kan kommunikere med andre organer. Foto: Susanne Husted Nielsen.

MED BIDRAG FRA DISSE GRUNDFORSKNINGSCENTRE

Center for Epigenetik (EPI)

(2007-2017)

EPI forskede i det menneskelige DNA med særlig fokus på miljøinducerede modifikationer af den genetiske kode. Forskningen revolutionerede forståelsen af, hvordan sygdomme opstår i et livsforløb, blandt andet hvorfor en celle udvikler sig til en kræftcelle. Resultaterne har resulteret i udvikling af nye lægemidler i en virksomhed, der udgik fra centeret, og forskningen har dermed ført til en bred vifte af behandlingsmuligheder.

Center for Præcisionsmedicinering af Smitsomme Komplikationer til Immundefekter (PERSIMUNE)

(start 2015)

PERSIMUNE afdækker betydningen af en persons genetiske baggrund for udviklingen af immunsygdomme med henblik på at kunne målrette medicinsk behandling til den enkelte patient. PERSIMUNE har også udviklet en ny model til analyse af store mængder patientdata, der afdækker hidtil ukendte sammenhænge mellem sygdom og bivirkninger. Jens Lundgren er medlem af den faglige COVID-19 referencegruppe, der rådgiver regeringen om genåbningen.

Center for Inflammation og Metabolisme (CIM)

(2005-2015)

CIM's overordnede fokus var behandling af livsstilsrelaterede lidelser. CIM opdagede, at musklerne kan agere som et hormonproducerende organ og dermed påvirke andre organer, f.eks. hjernen og fedtvævet. Forskningsresultaterne har ført til en bedre forståelse af, hvordan muskelaktivitet ved motion kan bidrage til en effektiv behandling af livsstilsrelaterede sygdomme.

Center for Hyperpolarisering i Magnetisk Resonans (HYPERMAG)

(start 2015)

HYPERMAG's fokus er at forbedre MR-billedundersøgelser af kroppen til diagnosticering af sygdom og måling af effekten af behandlinger. HYPERMAG har gjort særligt store fremskridt med en banebrydende scanningsteknologi baseret på kontraststoffer, der kan måle stofskifte i kroppens celler og som er afprøvet på kræftpatienter med lovende resultater. Centerlederen har startet en virksomhed, der sælger den nye type scannere til forskningsformål.

GRUNDFORSKERE

SKABER FUNDAMENTAL VIDEN TIL GRØN OMSTILLING



Et centralt element i en grøn omstilling er nedbringelse af drivhusgasudledningen. Regeringen har en målsætning om, at Danmark skal reducere udledningen med 70% i 2030 og være CO_2-neutral i 2050. Reduktionen af drivhusgasser skal for det første opnås ved at mindske energiforbruget, og for det andet ved at skifte til bæredygtig energiproduktion.

En række Grundforskningscentre forsker i at muliggøre et dekarboniseret og effektivt energisystem.



Center for Silicium Fotonik til Optisk Kommunikation (SPOC), Danmarks Tekniske Universitet

Centerleder: Professor Leif Katsuo Oxenløwe



Center for High Entropy Alloy Catalysis (CHEAC), Københavns Universitet

Centerleder: Professor Jan Rossmeisl



Center for Individuel Nanopartikel Funktionalitet (CINF), Danmarks Tekniske Universitet

Centerleder: Professor Ib Chorkendorff



Billedet viser en blåfugl på almindelig kællingetand. Kællingetand interagerer med mange organismer, blandt andet med kvælstoffikserende rhizobie bakterier og mycorrhiza svampe, som hjælper planten med fosfor gødning.

Bæredygtighed som drivkraft
Grundforskningscentrenes vision er at tilvejebringe teoretiske såvel som teknologiske byggeklodser, der er nødvendige for et mere energieffektivt samfund; Det vil i bund og grund sige et fremtidigt samfund, hvor vi kan få de samme ydelser, som vi har i dag, men for mindre energi.

Ib Chorkendorff beskriver kerneudfordringen for energiområdet således: *"Den grønne omstilling betyder, at vi skal bruge vedvarende energi, som hovedsageligt skal komme i form af elektricitet fra solceller og vindmøller. Så når vi i 2050 skal være fossilfrie, skal alt det, der overhovedet kan elektrificeres, være elektrificeret. Men hvis man vil have et liv, der er lige så komfortabelt som det, vi har i dag, vil der stadig være brug for brændsler og kemikalier, f.eks. hvis man gerne vil blive ved med at flyve. Derfor bliver man nødt til at omsætte den elektricitet, der ikke bruges direkte, til kemisk energi, som kan lagres og trækkes ud igen. Det var netop dét, vi arbejdede med i mit center: At finde nye måder at lave elektricitet på og lagre den i form af kemisk energi."*

Jan Rossmeisl fortæller: *"Kemi og viden og kemiske processer er helt central, når der skal udvikles teknologier til produktion af klimaneutralt brændstof og lagring af grøn energi. Derfor skal der også være en grøn omstilling inden for den kemiske industri. Den langsigtede vision for min grundforskning er netop at "grønne" den kemiske industri."*

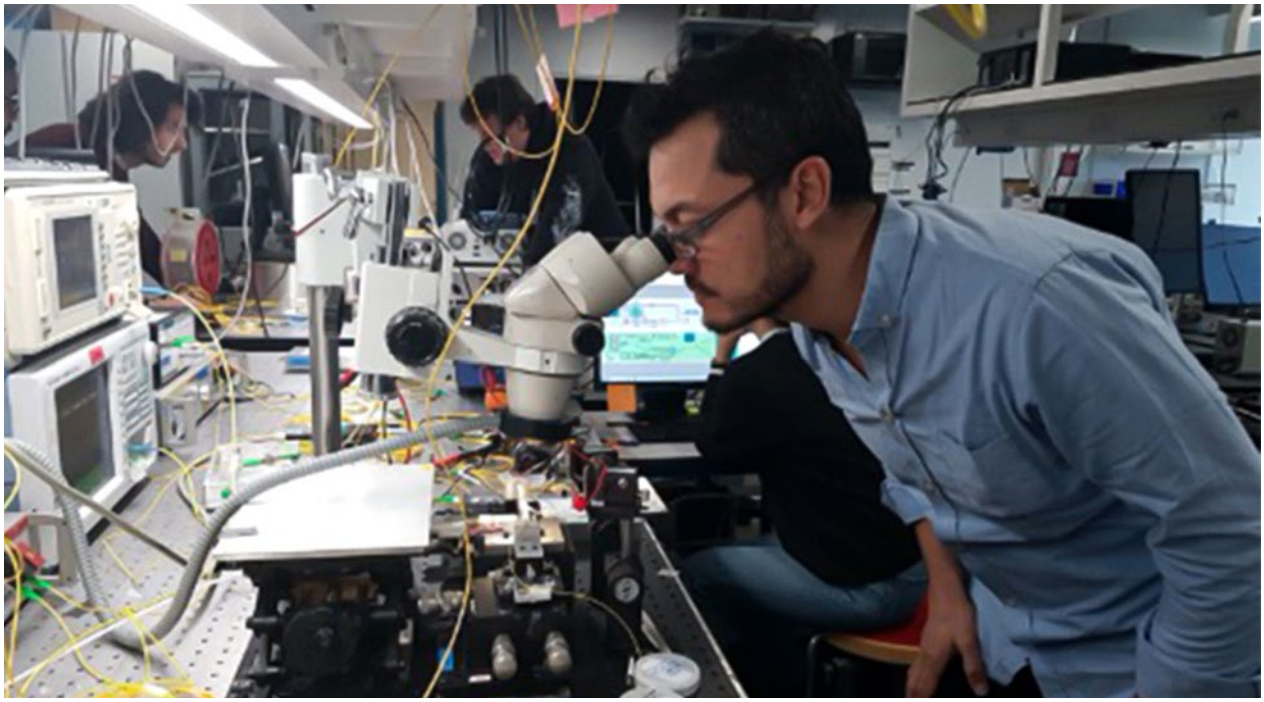
Leif Oxenløwe's forskning sigter mod at sænke energiforbruget af en af vor tids bærende konstruktioner, nemlig internettet. Globalt set sluger dataoverførsler via internettet op mod 10% af den elektricitet, der kan produceres i dag og udleder ca. 2 % af CO_2'en. Leif Oxenløwe forklarer: *"Datatrafikken stiger støt år for år. Der er brug for løsninger, der for det første kan bære det øgede behov for datakapacitet, og for det andet kan gøre den mere energieffektiv, så en stigende datatrafik ikke bliver lig med et stigende energiforbrug. Og dér bliver vi nødt til at finde på noget helt andet, end det vi har i dag. Vi mener, at optisk kommunikationsteknologi kan være vejen frem. Vores mål er at udvikle grøn IT til et grønt samfund."*

Nye materialer = nye muligheder
Fællesnævneren for centrene er materialeforskning. Fundamentale nyskabelser inden for dette område er udslagsgivende for udviklingen af nye typer af materialer, der gør funktioner, man aldrig havde troet mulige, til virkelighed.

Jan Rossmeisl uddyber: *"Forståelsen af materialer er det, der gennem hele historien har defineret menneskets livsvilkår. Stenalderen har fået sit navn, fordi det var sten, man brugte, og jernalderen, fordi det var jern man brugte, osv. Når man finder nye materialer, åbner der sig helt ny grund, eksempelvis silicium til elektronik-komponenter og lithiumoxid til genopladelige batterier. Den kemi vi har nu, er næsten udelukkende baseret på olie og gas, og bliver brugt til alt fra medicin til maling. Det kan vi ikke blive ved med. Hvis vi finder de rigtige katalysatormaterialer til kemiske reaktioner, kan vi fuldstændig ændre, hvad vi kan lave."*

Ib Chorkendorff er på linje og forklarer: *"Den måde, man laver kemisk energi ud fra elektricitet på i dag, er ikke særlig effektiv og den baserer sig ofte på katalytiske materialer såsom platin og iridium, som dels er yderst knappe ressourcer, dels er meget dyre. Så man skal finde nye materialer til at understøtte de katalytiske processer, der er centrale for at optimere produktionen, lagringen og ikke mindst frembringelsen af grøn energi til transport."*

Leif Oxenløwe deler opfattelsen af materialers betydning for en given tidsalder, ikke mindst for de tilhørende infrastrukturløsninger: *"Hvis man ser tilbage på hvad der har fremmet os som kultur, er det især oplysningstiden, hvor filosofien og naturvidenskaben udvidede vores viden om verden, som virkelig rykkede. Viden – og delingen af den - gjorde hele menneskeheden klogere. Viden er et*



SPOC udvikler fotoniske chips til energieffektive kommunikationsteknologier. Foto: Lisbeth Kirk Mynster.

grundlæggende element i menneskehedens udvikling, og jeg ser de moderne kommunikationsteknologier som et fartøj, der fragter viden rundt og gør, at information kan blive delt. I mit center arbejder vi på at komme helt ud til grænserne af, hvad fundamental informationsteori og de fundamentale fysiske love kan tillade, dvs. hvor mange informationsenheder man kan sende pr. energienhed."

Kunsten at omsætte teori til praksis: Eksemplets styrke

Der er i dén grad behov for forskning på alle niveauer af forskningsfødekæden for at udvikle de nødvendige gennembrudsteknologier til at realisere klimamålene. For at nå dertil er der behov for et paradigmeskift: Fra at bruge de materialer, man ved findes, til at designe de materialer, vi har brug for.

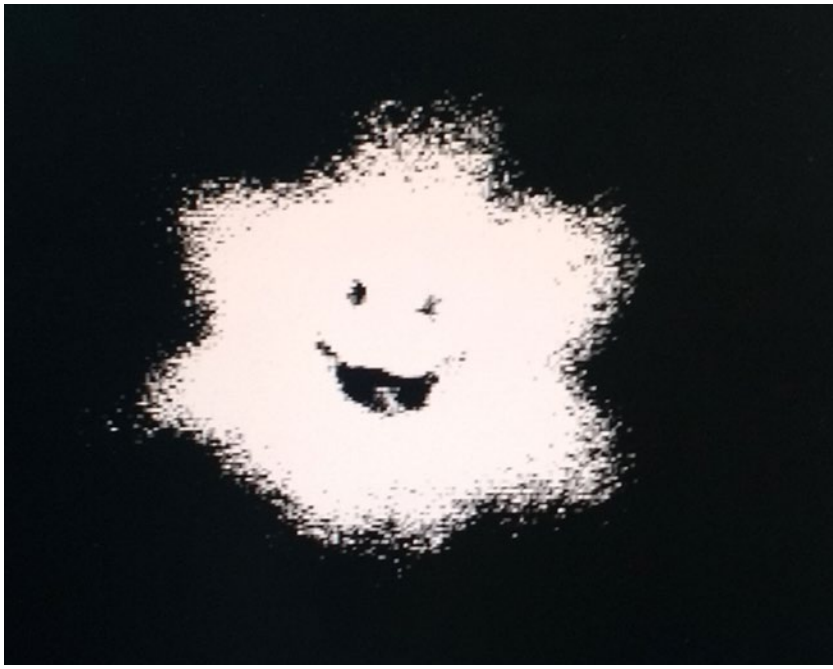
Leif Oxenløwe har fået international anerkendelse for en række forskningsmæssige nybrud inden for laser- og optisk teknologi: *"Vi har udviklet en lys-sender, der kan sende lys i mange forskellige farver ud fra en enkelt laser, og en optisk chip, hvor vi kan lægge data på alle de lyspartikler, der kommer ud af den. For et par år siden demonstrerede vi, at vi med vores laser og vores chip kan sende så meget data, at det kan bære hele internettets trafik - kun på lyset fra denne ene chip. I dag bruger man tusindvis af lasere for at gøre det samme."*

Han lægger ikke skjul på, at det er ressourcekrævende at lave disse store eksperimentelle demonstrationer. Man kunne i princippet nøjes med at lave proof-of-principle eksperimenter og publicere resultaterne derfra i relevante tidsskrifter. Men som han siger: *"Det er sådanne eksperimentelle demonstrationer, der skal til for at få folk til at tro på det. Ved helt konkret at fremvise potentialet i vores teknologier, håber vi at fange politikernes og IT-virksomhedernes opmærksomhed. Det er en bevidst strategi fra vores side at vise energibesparingspotentialet direkte i ansigterne på folk, om man så må sige. Vi er klar over, at vores teknologier ikke passer ind i markedet i dag, men vores eksperiment taler sit tydelige sprog: Det kan bære hele internettets trafik, og det er jo ret vildt. Og med grundforskning kan vi forklare, hvordan det virker og så håbe, at der er nogen derude, der følger op på det og bringer det ud til at blive til produkter. Dén del er ikke vores centers opgave."*

Ib Chorkendorff og Jan Rossmeisl forsker i nye materialer til katalyse, som er hjertet i kemiske reaktioner af grundstoffer. For så vidt angår produktion af grøn energi, kan elektrokatalyse spille en afgørende rolle i konverteringen af elektricitet til energi gemt i kemiske bindinger. Det moderne ord er power-to-X.

"Når man laver katalyse, skal man have to gasser til at reagere med hinanden. Den mest effektive måde at gøre det på, er at få sat molekylerne ned på en overflade, så man kan kontrollere processen. I mit center kiggede vi på hvilke konfigurationer på det atomare plan, der skal være på disse overflader for at få reaktionerne til at forløbe optimalt. Vi eksperimenterede også med at udvikle legeringer til overfladerne, hvor vi f.eks. viste, at platinlegeringer fungerer ti gange bedre end rent platin som katalysator for brændselsceller," fortæller Ib Chorkendorff:

Han fortsætter: *"Grundlaget for elektrokatalyse er spaltning af vand til brint og ilt, og der er platin rigtig god til at lave brinten med, og iridium god til at lave ilten. Som nævnt er der imidlertid ikke megen fremtid i teknologi, der baseres på knappe grundstoffer. Vi lavede derfor nogle undersøgelser af molybdændisulfid, som vi groede på små nanoplader på guld, og fandt, at man kunne få brintprocessen til at køre udmærket på kanterne af sådanne nanopartikler. Det er stadig en af de bedste alternativer til platin, og publiceringen af denne opdagelse er en af vores mest citerede artikler – det startede et nyt felt. Det er et godt eksempel på, at man studerer noget fundamentalt om atomer, hvordan de sidder på en overflade og hvordan de absorberer den gas, der er relevant, og så viser det sig, at kanterne var det nye. Og vi demonstrerede, at det kan bruges til omsætning af vedvarende energi. Det er det, jeg kalder grundforskning med teknologisk perspektiv, og det ligger frit tilgængeligt for virksomheder at lave forretning på."*



Lyset fra en laserstråle spreder sig gennem en speciel fiber og genererer et smilende ansigt i form af en stjerne. Foto: SPOC.

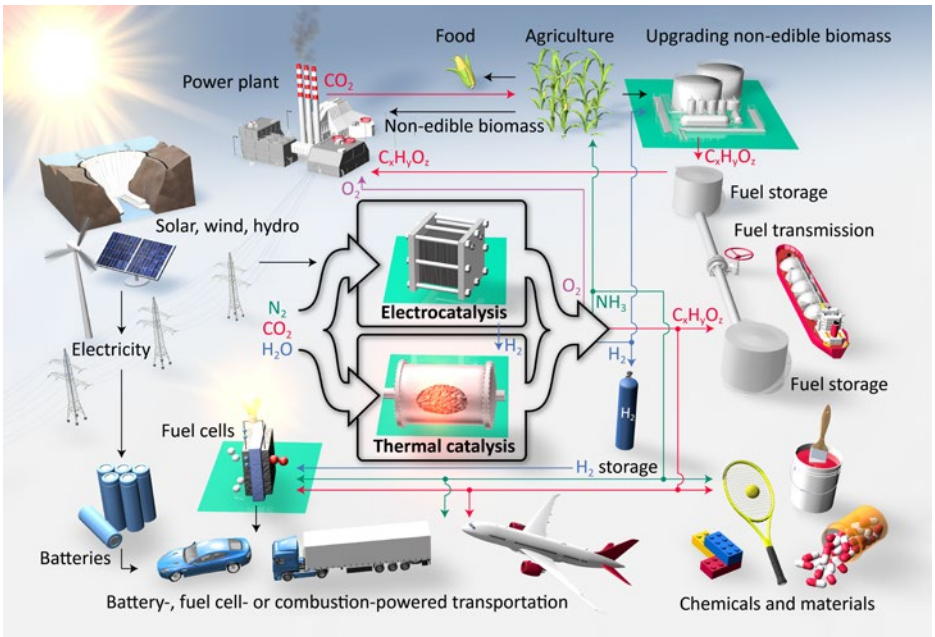
Jan Rossmeisl er qua sit grundforskningscenter med til at starte et helt nyt forskningsfelt: *"I centeret forsker vi i en ny klasse af katalysematerialer til elektrokemiske reaktioner benævnt højentropilegeringer. Det er legeringer, der består af en tilfældig blanding af mange grundstoffer. Der er millioner af muligheder for at blande ting sammen på en overflade, som man endnu ikke har afsøgt, og dermed utallige kombinationer af hvordan atomerne kan opføre sig og hvad deres katalytiske egenskaber er. Idéen er at konstruere overflader baseret på disse højentropilegeringer og finde de præcise kombinationer af atomer, der kan gøre helt nye ting og dermed overgå de katalysatorer, der er tilgængelige i dag. Men det er svært, for vi har med en helt ny fase af materialer og overflader at gøre, så man kan ikke bruge den samme teori, som man har brugt for ensartede overflader gennem de sidste hundrede år."*

Omkostningsperspektivet
Der er talrige aspekter af omkostningerne ved den måde vi producerer, transporterer og forbruger energi på. Leif Oxenløwe opsummerer det således: *"Helt essentielt er energi den relevante valuta i alt, hvad vi foretager os her på kloden."*

Elektrokatalyse åbner op for en ny måde at lave kemikalier på ud fra alternative begyndelsesmolekyler fra vand og luft. Jan Rossmeisl forklarer: *"Vi går en fremtid i møde, hvor man kun skal bruge luft (CO_2 eller N_2), vand og strøm til at fremstille kemiske forbindelser og produkter. I dag bliver kemikalier lavet på store fabrikker, som ofte ligger i forbindelse med olieraffinaderier, men i fremtiden kan man lave det i celler på størrelse med et køleskab. Det åbner dels op for, at man kan producere kemikalier i både stor og lille skala og helt tæt på de steder, de skal bruges, dels at man kan bruge dem i nye sammenhænge, fordi de ikke skal transporteres. Det betyder, at hele den kemiske industri måske kommer til at se anderledes ud i fremtiden, også i Danmark, hvor vores forskning kan bane vej for etablering af grønne kemi-virksomheder."*

Ib Chorkendorff peger på udfordringerne omkring lagring af energi, som er nødvendig bl.a. fordi den skal være tilgængelig på alle tider af døgnet: *"Elektricitet er meget svært at lagre. Batterier er ikke en reel mulighed i den skala, der er behov for. Det bedste alternativ er at lagre elektriciteten som kemisk energi. Det vil sige, at man laver elektrisk energi om til kemisk energi i form af brint og ilt, hvorefter man kan putte brinten tilbage i en brændselscelle og lave elektricitet. Man kan også konvertere luftens molekyler, vand og elektricitet til andre gasser såsom metan, der er kompatibelt med vores naturgasnet. Men hver gang man laver en kemisk omsætning, f.eks. en omsætning fra elektricitet til brint, og fra brint til noget andet, mister man som tommelfingerregel 30% af energien. I en situation med flere omsætningsled kan man ende med kun at have halvdelen af elektricitetens energi tilbage. Og dét skyldes dårlig katalyse."*

Dette indkapsler en af udfordringerne ved at elektrificere det meste af vores energiforbrug med power-to-X teknologier: Videnskaben er endnu ikke klar til at kunne opskalere disse teknologier i stor målestok, så der skal investeres massivt for at komme videre; Power-to-X er da også en del af regeringens grønne forskningsstrategi fra 2020. Som Ib Chorkendorff siger: *"Det koster noget at blive fossilfri. Ellers var det jo allerede sket."*



Vores fremtidige samfund kan drives af bæredygtig CO_2-neutral energiforsyning, når de vigtigste teknologier er blevet udviklet. Foto: Jakob Kibsgaard.

Leif Oxenløwe tegner et opmuntrende billede af et gryende paradigmeskift inden for IT-verdenen: *"Det dominerende fokus for så vidt angår energiomkostningerne til dataoverførsel var indtil for få år siden 'dollars pr. bit'. Der er heldigvis ved at ske et skift til at fokusere på 'energy pr. bit', og vi har i mit Grundforskningscenter gjort rigtig meget for at skubbe til den vogn. Naturligvis er omkostninger en central faktor for både virksomheder og samfundet som sådan. Ved at skifte fokus fra dollar til energi, vil omkostningerne stadig være en vigtig del af ligningen, men det vil være omkostningerne af energien. Store IT-virksomheder som Apple og Microsoft har allerede købt ind på 'energy pr. bit'. Kloge folk har sagt, at danske virksomheder, der arbejder med informationsteknologier, som ikke går den grønne vej, ikke vil eksistere om få år. Det er blevet konkurrenceparameteren."*

Han fortsætter: *"Det forskningsmæssige perspektiv er at nedbringe forbruget af den mængde energi, der skal bruges for at sende ét stk. data. Vi arbejder på at udvikle teknologier, der er 100 og 1000 gange mere energieffektive end de teknologier, vi ser i dag."*

Langsigtet vs. kortsigtet forskning
Centerlederne er meget engagerede i, at deres forskning bringes til at virke for samfundet.

I den forbindelse ser Leif Oxenløwe ikke nogen gevinst ved at putte forskning i forskellige kasser: *"Skellet mellem grundforskning og anvendt forskning er på mange måder kunstigt. Til gengæld er der helt klart forskellige perspektiver afhængig af om forskningen er kortsigtet eller langsigtet. Det forskningsfelt jeg arbejder i, er meget anvendelsesorienteret, hvor mange går efter at lave konkrete produkter. Det betyder, at man ikke ser det store billede. At gøre dét kræver en langsigtet satsning som et Grundforskningscenter, der giver os tid til at træde et skridt tilbage og virkelig forstå, hvordan vi skal tage livtag med udfordringerne. Det kunne vi ikke, hvis vores opdrag var anvendt forskning eller ren produktudvikling."*

Ib Chorkendorff er enig: *"Hvis man skal løse store problemer, er man nødt til at lave store, koncentrerede indsatser. Det gør vitterlig en kæmpe forskel at give langsigtede bevillinger, så man kan opbygge et inspirerende forskningsmiljø, hvor alle har fokus på samme overordnede mål. Når man potentielt har en bevilling over 10 år til et Grundforskningscenter, tager man nogle andre risici, end ved et projekt, hvor bevillingen kun rækker til at have én ph.d.-studerende ansat i tre år. Med bevillingen fra Grundforskningsfonden kunne vi investere i apparatur, som åbnede helt nye forskningsveje, der ikke var tilgængelige før, f.eks. hvordan man kan manipulere overfladen på nanopartikler og styre reaktiviteten. Værdiskabelsen til samfundet af grundforskningsbevillinger er dels nye teorier, dels teknologier, der kan modnes uden for universitetet og gøre en reel forskel."*

Jan Rossmeisl beskriver grundforskningscentrene som en inkubator for dygtige folk, der på hver deres måde bliver investeringen værd: *"Dét, vi laver, er grundforskning. Men det er grundforskning, hvor man kan se, at det kan være med til at ændre noget. Det er vigtigt for karriereudviklingen af de nye generationer. Vi uddanner jo virkelig mange, som skal ud og virke i erhvervslivet og lave nye ting, ikke mindst i forhold til grøn omstilling."*



MED BIDRAG FRA DISSE GRUNDFORSKNINGSCENTRE

Center for Silicium Fotonik til Optisk Kommunikation (SPOC)

(start 2015)

SPOC forsker i fremtidens kommunikationsinfrastruktur, der er hurtigere, bruger mindre energi og kan sende større mængder af data på en fuldstændig sikker måde. Forskningen tager udgangspunkt i optisk teknologi, dvs. udnyttelse af lysets naturlige båndbredde. SPOC har demonstreret en banebrydende teknologi, der kan bearbejde information svarende til hele internettets datatrafik ved meget lavt energiforbrug.

Center for Individuel Nanopartikel Funktionalitet (CINF)

(2005 - 2015)

CINF forskede i nanomaterialer og lykkedes med at udvikle en metode til at styre grundstoffers interaktion med forskellige overflader, som er en forudsætning for bringe teknologien i anvendelse uden for laboratorierne. Resultaterne har ført til en lang række innovationer inden for bæredygtig produktion af kemikalier og energi. CINF's forskning danner basis for de nuværende bestræbelser på at realisere en bedre beskyttelse af miljøet og den grønne omstilling af samfundet.

Center for High Entropy Alloy Catalysis (CHEAC)

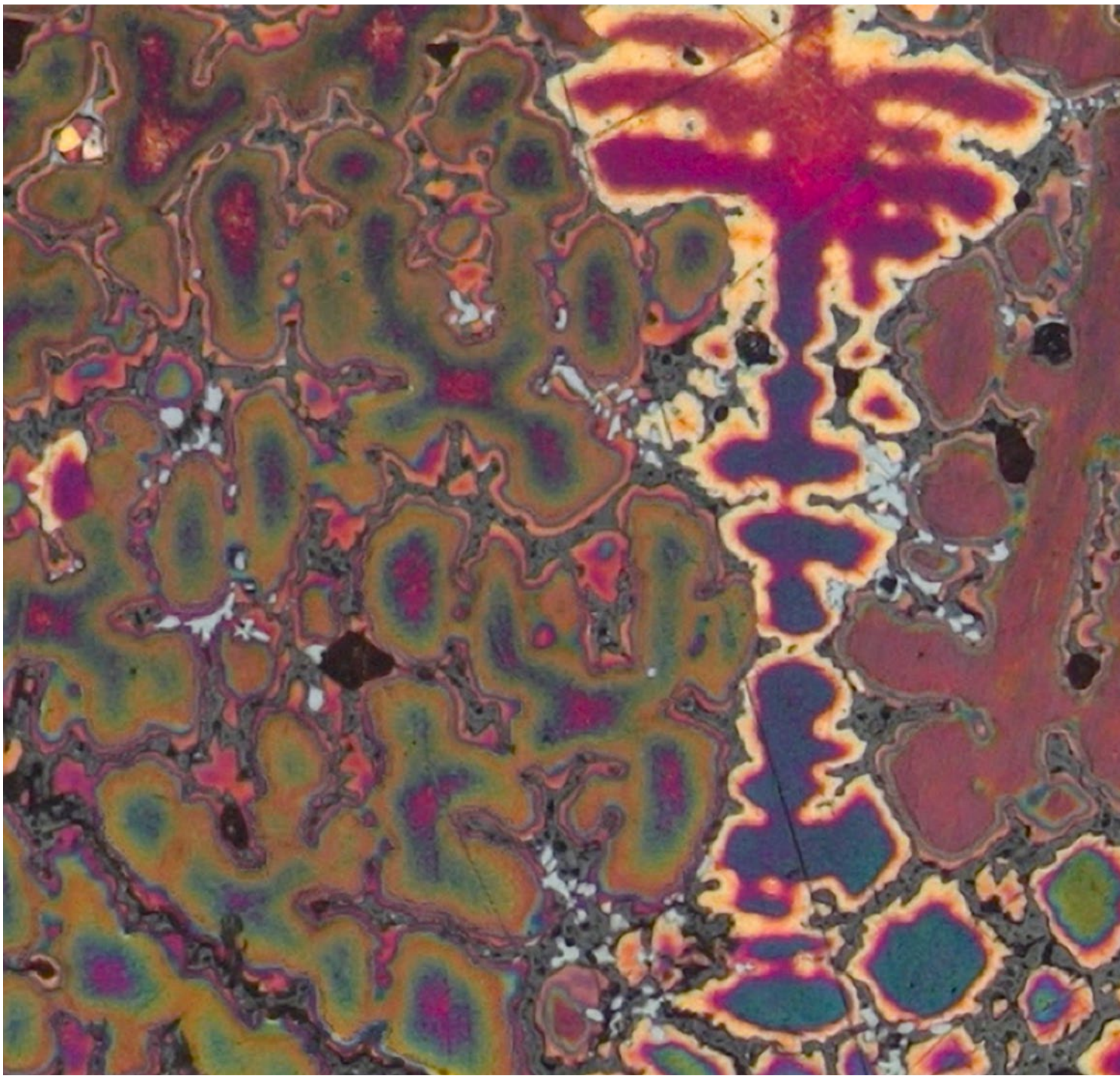
(start 2020)

CHEAC's fokus er en grøn omstilling af den kemiske industri. Det betyder, at man i fremtiden vil benytte sig af vedvarende energi og tilgængelige molekyler fra vand og luft til at producere kemikalier. CHEAC står i spidsen for udvikling af teknologi baseret på bæredygtig brint, som kan bruges til både lagring af energi, til transportsektoren og til at gøre den kemiske produktion grønnere.



GRUNDFORSKERE

AKTUALISERER VORES KULTURARV



Museerne har en bred vifte af opgaver, som museumsgæster måske ikke tænker så meget over: Udover at udstille og formidle, skal offentligt støttede museer ifølge museumsloven også indsamle nye genstande, registrere dem og forske i dem.

En række grundforskningscentre bidrager til forskningen i museernes værdifulde samlinger og er med til at gøre museer til avancerede vidensinstitutioner.



Center for Middelalderlitteratur (CML), Syddansk Universitet

Centerleder: Professor Lars Boje Mortensen



Center for Urbane Netværksudviklinger (UrbNet), Aarhus Universitet

Centerleder: Professor Rubina Raja



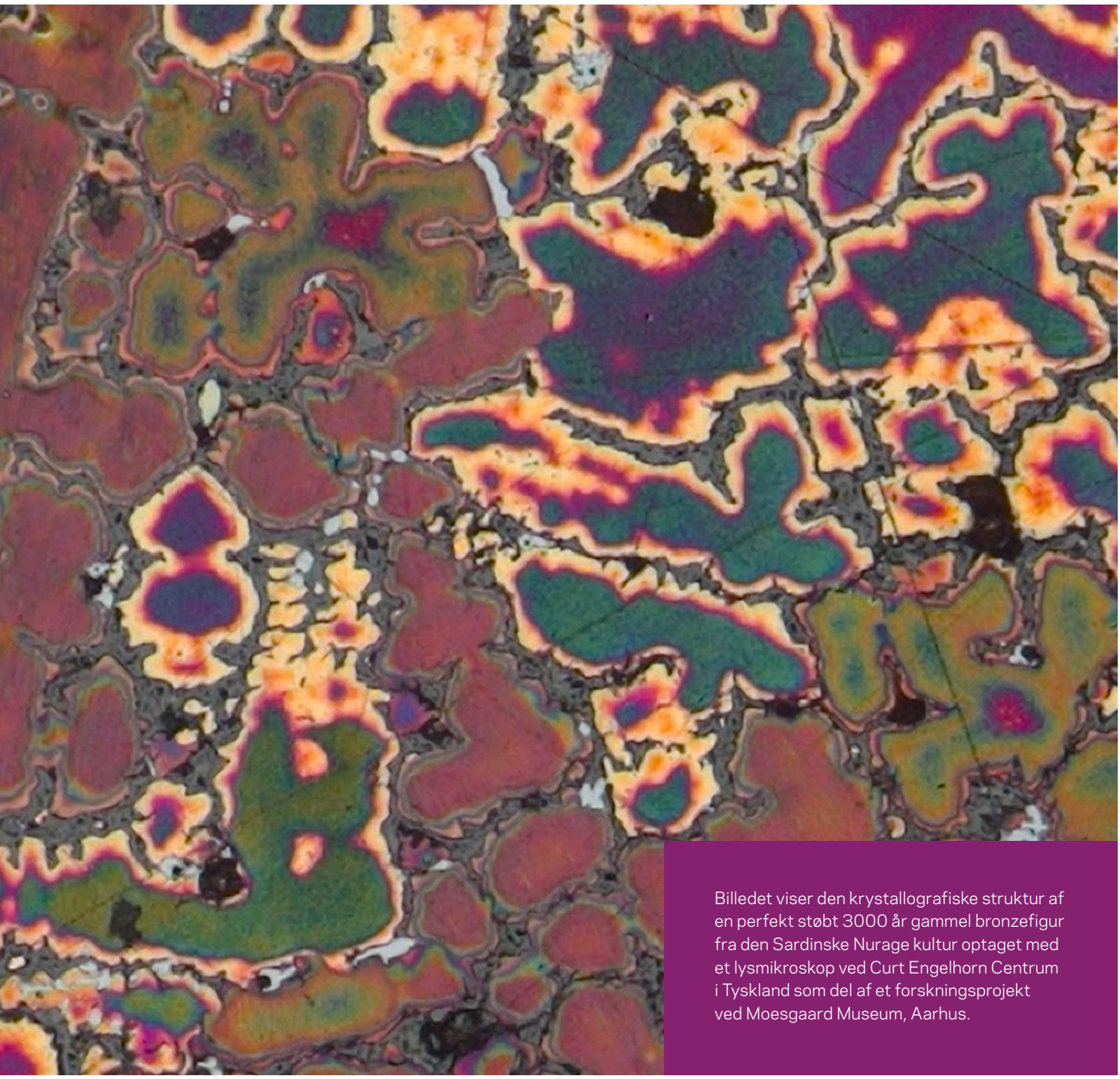
Center for GeoGenetik (CGG), Københavns Universitet

Centerleder: Professor Eske Willerslev



Center for Makroøkologi, Evolution og Klima (CMEC), Københavns Universitet

Centerleder: Professor Carsten Rahbek



Billedet viser den krystallografiske struktur af en perfekt støbt 3000 år gammel bronzefigur fra den Sardinske Nurage kultur optaget med et lysmikroskop ved Curt Engelhorn Centrum i Tyskland som del af et forskningsprojekt ved Moesgaard Museum, Aarhus.

Museer som kilde til opdateret og faktabaseret viden om verden

Mange museer, både i Danmark og udlandet, råder over kæmpestore samlinger inden for deres respektive kulturhistoriske, naturhistoriske eller kunsthistoriske områder. *"Det er dog kun en minimal del af samlingerne, der kommer frem i lyset og bliver brugt"*, siger Carsten Rahbek.

Museer er naturligvis meget forskellige hvad angår størrelse og de ressourcer, de har til rådighed til at udføre deres opgaver. Så meget desto mere relevant er det for dem at række ud til grundforskere med henblik på at opgradere deres forskningsprofil, som er grundlaget for, at deres samlinger ikke stagnerer i forældet viden. Samarbejde mellem museer og grundforskere kan bringe liv til ting, der ellers ville ligge hengemt i skuffer og skabe, og som dels kan gøre os klogere på vores livsvilkår fra de ældste tider til i dag, dels resultere i nyt, originalt materiale, som museerne kan bruge til spændende udstillinger og tilhørende udstillingskataloger.

"Der ligger rigtig meget lige for næsen af os, men der skal opmærksomhed og interesse for at aktualisere det", siger Lars Boje Mortensen. Eske Willerslev har samme erfaring: *"Mange undrer sig måske over, hvad vi skal med alle de gamle knogler og genstande på museerne, som ligger på magasiner rundt omkring og hober sig op. Men pludselig sker der nogle forskningsmæssige gennembrud, og så bliver det her materiale forskningsmæssigt helt uvurderligt. Det vil sige, at museernes samlinger er selve forudsætningen for, at vi kan blive klogere og drage nye konklusioner."*

Mulighederne for at finde 'guld' i museumssamlinger er uanede – og det samme er gevinsterne for samfundet. *"En af de ting, vi kommer til at se fremover, er ny viden om sygdomme, som vi med nye forskningsmetoder kan fremdrage af DNA fra gamle knogler fra dyr"*, fortæller Carsten Rahbek.

En del af Eske Willerslevs forskning bruger også DNA-analyser, som i dén grad har forvandlet mulighederne for at forske i levn fra dyr og mennesker, der opbevares af museer og private organisationer. Han ser det samme potentiale for at bidrage med grundlæggende viden om forståelse af sygdomme: *"Vores grundforskning vil få stor samfundsmæssig betydning for den basale forståelse af infektionssygdomme, men også overvægt, hjerte-kar-sygdomme osv. Med nye forskningsmetoder er vi i stand til at finde bakterier og virus fra knogler, hvilket betyder, at vi f.eks. kan verificere, at der har været pandemier langt tidligere end man hidtil har troet. Det har ændret den måde, vi ser på mutationsrater og hvordan virus spredes på, og dermed kan vi begynde at forudsige, hvordan virussygdomme vil udvikle sig i fremtiden."*

Som centerleder i et grundforskningscenter er man opdateret på de nyeste teknikker til undersøgelse af arkæologiske fund og fortidsminder. Og det er i høj grad dét, der kan hæve museernes relevans. Et andet perspektiv med enorm samfundsmæssig værdi er, at man med afsæt i gamle fund kan få ny viden om jordens biologiske mangfoldighed. *"Vi er midt i en kæmpe biodiversitetskrise, som hænger sammen med krisen i jordens økosystemer og klimaet generelt. Med DNA-kortlægning af arvemasse kan vi forny vores viden om evolutionære hændelser og processer i fortiden, som er vigtige for forståelsen af den globale situation i dag",* fortæller Carsten Rahbek og understreger: *"Jeg kunne ikke lave denne form for grundforskning uden museernes samlinger."*

Grundforskning som basis for ajourført museumsformidling

Centerlederne har positive erfaringer med at samarbejde med kuratorer og specialister på museer, som kan inspirere dem til at aktivere deres samlinger på nye måder.

Rubina Raja fortæller om forskningsprojektet "Urbaniseringens Møder og Mennesker", der var forankret ved Københavns Bymuseum og hendes grundforskningscenter: *"De to museumsinspektører, der under projektet var ph.d.-studerende ved centeret, fik en forskningsmæssig opgradering af hele den måde, de tænker udgravnings- og museumsarbejde på. Og udover, at vi i centeret fik lov til at være med til at arbejde med den nyeste data fra udgravningerne i både København og Odense, kom vores forskning med ind i selve tilrettelæggelsen af udgravningsarbejdet og i efterbearbejdningen. Det var et meget produktivt projekt, som kan komme til at sætte helt nye standarder for formidling af by-arkæologi i feltet mellem de nyeste forskningsmetoder og museernes viden om lokalområderne. Og dét er i mine øjne noget, der virkelig batter. For centeret slutter jo på et tidspunkt, men kan vi rykke ved den måde, man tænker forskning ind i udgravninger, så har vi nået et af mine succeskriterier for, om vi har gjort en forskel eller ej."*

Forskere fra Center for Middelalderlitteratur undersøger det berømte illustrerede håndskrift Liber Floridus med kolleger fra Gent Universitet. Foto: CML.



Samarbejderne kan begynde på initiativ fra enten museerne eller forskerne, og opstår nogle gange på et særligt godt tidspunkt. Lars Boje Mortensens grundforskningscenter var på det rigtige sted på det rigtige tidspunkt, da Odense Bys Museer stod for at forberede en udstilling med nye fund fra middelalderbyen i centrum af Odense. *"Vi blev inddraget i forberedelsen af udstillingen og bidrog med viden om Odense som arnestedet for den danske bogkultur, som vi netop havde erhvervet på det tidspunkt. Uden os ville de have haft en ren arkæologisk udstilling, men nu blev det en rigere udstilling, fordi det litteraturhistoriske og boghistoriske perspektiv kom med, og med en kvalitet, som ingen andre end os kunne levere,"* fortæller han. Grundforskningscenteret fik nogle unikke ting med i udstillingen, blandt andet den ældste kopi af et stykke danmarkshistorie, skrevet af munken Ælnoth omkring år 1100. Denne middelalderlige bog, som handler om Knud den Helliges liv og kristendommens indførelse i Danmark, ejes af et bibliotek i Belgien og havde aldrig før været udstillet i Danmark.

Samarbejderne udvikles i dialog mellem forskerne og de museumsfaglige eksperter. Målet er at forene den forskningsmæssige tilgang med museernes specialistviden. Rubina Raja forklarer: *"Det handler jo ikke bare om, at vi gennemgår museernes kataloger og refererer til deres materiale; Tværtimod handler det om, at vi ser på museernes materiale sammen med kuratorerne i forhold til at få al aktiv information med ind over det. På den måde højner vores grundforskning den viden, museerne får og efterfølgende kan kapitalisere på."*

Lars Boje Mortensen tilføjer: *"Sommetider er museerne overraskede over, at vi er interesserede i netop dem. Vores erfaring er, at de godt kan lide den opmærksomhed, vi er med til at give dem, og selvfølgelig, at de lærer noget nyt. De er begejstrede for, at vi kan berige den viden, der ligger i deres samlinger."*

Vedligeholdelse af museumssamlinger
Samlinger og databanker på museer er en god måde både at opbygge og at kanalisere ny viden i det internationale felt, men de skal vedligeholdes for ikke at miste værdi i forhold til aktuelle samfundsmæssige spørgsmål og udfordringer. I en situation med knappe økonomiske og menneskelige ressourcer, understreger Carsten Rahbek: *"Samarbejdet mellem forskningsinstitutioner og museer hjælper museerne til at foretage en kvalificeret prioritering af deres indsamling af nye data og fund, fordi vi som forskere har en viden om, hvad der potentielt er vigtigt netop nu."*

Sommetider er det dog tilfældigheder, der gør, at man kan tilføre basal ny viden til et i forvejen velundersøgt område. Eske Willerslev var heldig at finde en tot hår, der lå i en jordprøve fra en udgravning foretaget af arkæologer fra Nationalmuseet. Denne hårtot gav ham og hans forskerteam mulighed for at karakterisere den ældste uddøde grønlænder og dermed afdække, at de første inuitter ikke kom fra Canada, som man hidtil har troet, men fra Sibirien. På den måde kan grundforskning bane vej for, at ikke særligt udstillingsegnede fund giver ny viden om vores historie.



Fossiler er en vigtig kilde til information om tidligere økosystemer. Billedet viser muslingeskaller i en 440 millioner år gammel klippe. Foto: Christian Mac Ørum Rasmussen.



Rubina Raja og et hold af lokale udgravningsmedarbejdere, Jerash, Jordan.
Foto: Danish-German Jerash Northwest Quarter Project.

Den internationale vinkel

Grundforskningscentrenes virke og resultater bygger i høj grad på internationale partnerskaber med topforskere i hele verden, og det har været nærliggende for flere af centerlederne at bringe disse partnerskaber i spil i forhold til konkrete udstillinger. F.eks. fik Lars Boje Mortensen etableret kontakt mellem Davids Samling og internationale forskere i arabisk middelalderkunst, som var med til at motivere Samlingen til nye aktiviteter til gavn for både publikum og forskningsverdenen. Samarbejderne mellem museer og forskere kan på den måde gøre Danmark interessant for udenlandske forskere samtidig med, at kvaliteten af udstillingerne hæves.

Rubina Raja er helt på linje: *"Det samarbejde, vi havde med Ny Carlsberg Glyptotek omkring den store Palmyra-udstilling, Vejen til Palmyra, var med til at placere museets samling i et bredt globalt regi. Udstillingen blev rost bredt internationalt netop fordi man kunne se, at der lå rigtig meget tung forskning bag den, og at den blev løftet til et musealt niveau, der formåede at formidle den tunge og detaljeorienterede forskning til offentligheden."*

Lars Boje Mortensen supplerer: *"I mit center er vi så heldige at sidde med enestående viden om middelalderkultur og -litteratur. Den danske del af denne arv er vi med til at opdatere og forklare ud fra den internationale middelalderforskning ved at læse de nyeste forskningstrends ind i en dansk sammenhæng. Men det er vi kun i stand til at gøre, fordi vi giver noget kvalitet, som også anerkendes i udlandet. Den kvalitet, vi kan levere til danske museer, findes kun, fordi vi har et internationalt samarbejde."*

Museernes rolle som kulturbærende institutioner i en "fake news"-tid

Centerlederne har vidtstrakt fokus på at bringe resultaterne af deres grundforskning videre til samfundet som fundament for nye erkendelser, især i en tid, hvor flere og flere mennesker synes de selv kan vælge, hvad der er fakta, som Carsten Rahbek siger. Den videnskabelige metode som grundlag for frembringelse af viden er under pres. Han ser en stigende og farlig tendens til at forenkle opfattelsen af f.eks. biodiversitetskrisen til ukendelighed uden hold i forskningsbaserede kendsgerninger. *"Her har museerne en unik position som formidlere af forskningsbaseret viden om vores klode, som har enorm betydning for formningen af vores fremtid. Deres platform for formidling bliver vigtigere og vigtigere."*

Rubina Raja er også optaget af det potentiale, der ligger i museer som læringsinstitutioner: *"Museumsfolkene på de museer, vi har samarbejdet med, står nu med erfaringer i et meget vigtigt felt, som stadig kan udvikles: Netop kommunikation og interaktionen mellem forskningsinstitutioner og museumsinstitutionerne kan stadigvæk løftes."*

Når nye forskningsresultater fremkommer ved at genbesøge gamle teser om vedtagne sammenhænge og tilbyde nye erkendelsesmæssige vinkler, går det ikke upåagtet hen i den offentlige debat. Eske Willerslev har ofte befundet sig i orkanens øje, f.eks. om identitets- og racebegrebet qua hans forskning om fortidens immigrationsmønstre: *"Den seneste fossile DNA-forskning på menneskets historie, som vi har lavet, har vist, at immigration ikke er et fænomen, der kun hører nutiden til. Stort set alle verdens hjørner er blevet påvirket af indvandring så langt vi kan kigge tilbage, og det har kontinuerligt fundet sted. Vi kan også se, at indvandring er helt afgørende for de kulturelle spring, som er foregået, f.eks. når vi går fra jægere til bønder, fra bønder til bronzealder, fra bronzealder til jernalder osv. Denne viden ændrer fundamentalt ved den klassiske opfattelse af, at mennesker op gennem historien gennemgående er blevet på den samme lokalitet og er forblevet de samme i direkte linje op til i dag. Så den type grundforskning, vi har lavet, rykker ved vores identitetsforståelse, dvs. hvordan vi ser på os selv op gennem tiden, og hvordan vi ser på andre. Det har også betydning for vores forståelse af racebegrebet fordi den langtidsisolation, som racebegrebet dybest set forudsætter, ikke har været til stede."*

Museerne har en unik platform for at uddanne nye generationer og forme den historiske bevidsthed baseret på forskningsdrevet formidling. Lars Boje Mortensen afslutter: *"Det handler om, hvad vi skal lære vores unge. Skal vi lære dem om historie, som man gjorde for f.eks. 40 år siden, eller skal vi give dem det seneste nye? Det sidste kræver jo, at der er nogen, der er opdaterede på den nyeste viden, og som både skriver specialiserede videnskabelige artikler, men også engagerer sig i at bidrage til en bred vifte af kulturinstitutioner som f.eks. museer."*

MED BIDRAG FRA DISSE GRUNDFORSKNINGSCENTRE

Center for GeoGenetik (CGG)

(2009 - 2019)

CGG forskede i fossilt DNA fra oldtiden med henblik på at forstå hvordan den genetiske diversitet, der findes i mennesker og dyr forskellige steder på jorden i dag, blev dannet og hvordan folkevandringer er foregået. Forskningen kortlægger også processerne bag forædling af husdyr og planter. Forskningen kan bruges til at forstå den genetiske basis for en række af de sygdomme, der udfordrer menneskeheden i dag, herunder cancer og hjertesygdomme, og at pandemier har hærget i mange tusinde år.

Center for Middelalderlitteratur (CML)

(start 2012)

CML sætter middelalderlitteratur ind i en ny forståelsesramme baseret på den geografi, kronologi og typologi, der omgiver de gamle tekster. CML beskriver en fælles europæisk kultur fra før nationalstaternes opståen, hvilket bidrager til en ny forståelse og en tiltrængt styrkelse af den europæiske identitet. Centeret rådgiver museer såsom Davids Samling.

Center for Makroøkologi, Evolution og Klima (CMEC)

(2009 - 2019)

CMEC forskede i jordens biodiversitet, dvs. mangfoldigheden og variationen i den levende natur. CMEC satte nye standarder for forståelsen af hvordan forskellige naturtyper og arter er opstået, og hvordan deres udbredelsesmønster ændrer sig som følge af miljø- og klimamæssige forandringer. Forskningen har moderniseret studier af klodens økosystemer og bruges i konkrete strategier for bevaring af biodiversitet. Centerlederen rådgiver nationale og internationale organisationer om tiltag til bevarelse af biodiversitet.

Center for Urbane Netværksudviklinger (UrbNet)

(start 2015)

UrbNet har sat nye standarder for arkæologisk feltarbejde ved at favne naturvidenskabens nye muligheder i en såkaldt "high-definition" arkæologi. Resultaterne bliver brugt til en humaniora-baseret gentænkning af forhistoriske bysamfund, som kan gøre os klogere på kulturelle og miljømæssige udfordringer af i dag. UrbNet laver udstillinger på bl.a. Moesgaard Museum og Ny Carlsberg Glyptotek. Centerlederen rådgiver Interpol og andre internationale organisationer med viden om Mellemøstens kulturer.

AKTUALISERING AF MUSEERNES POTENTIALE

Nationalmuseet er Danmarks største kulturhistoriske museum. Forskning er en kerneaktivitet på museet, som har været med i tre grundforskningscentre, senest Center for Tekstilforskning (CTR) under ledelse af professor Marie-Louise Nosch i samarbejde med Ulla Mannering og Eva Andersson Strand fra 2005-2015.

I det følgende fortæller Jesper Stub Johnson, vicedirektør for forskning, samling og bevaring ved Nationalmuseet og Ulla Mannering, forskningsprofessor samme sted, hvad samarbejdet med Danmarks Grundforskningsfond har betydet.

Kort vej fra forskning til formidling
Museet ser først og fremmest samspillet med grundforskningscentrene som løftestang til at realisere potentialet i det tværvidenskabelige samarbejde. Grundforskningscentrene favner qua deres størrelse og lange tidshorisont mange forskellige fagområder, og i Center for Tekstilforskning arbejdede folk fra naturvidenskaben og humaniora tæt sammen i et jævnbyrdigt og ligeværdigt samspil. *"Vi er overbeviste om, at det tværvidenskabelige samarbejde er afgørende for, at museet kan bringe kulturhistorien i spil i en nutidig kontekst,"* siger Jesper Stub Johnsen. *"Samarbejdet indenfor Grundforskningscenteret havde museet ikke planlagt på forhånd, men pludselig kunne vi se tingene på en anden måde."*

En væsentlig faktor ved at invitere grundforskere ind på museet er, at det kan holde trit med metodeudviklingen inden for f.eks. farveanalyser, proteinanalyser, DNA-analyser og nanoteknologi. Ulla Mannering forklarer: *"Det er selvsagt ikke nyt at lave naturvidenskabelige analyser i arkæologi. Dét, som Center for Tekstilforskning tilførte museet, var at tage helt nye analysemetoder i brug, som er udviklet inden for de sidste 10 – 20 år, og afprøve dem på vores materialer."*

Jesper Stub uddyber: *"Genstande, som graves op af jorden, rummer overraskende mange informationer, som vi med ny teknologi og nye metoder bliver bedre til at aflure, og med ét bliver vi meget klogere på hvad disse genstande kan fortælle."*

Afsmitningen på museets øvrige forskere ved disse samarbejder, får effekten til at brede sig. Den nye viden, det kaster af sig, bliver omsat i udstillingerne, kataloger, rådgivningsopgaver og undervisningsforløb. Museet har f.eks. lavet et nyt bud på vikingetidens farvepalette, en nytolkning af Jellingestenen, et skoleprojekt om nedbrydning af plastfibre i cigaret skodder, rådgivning omkring mikroplast i havene og ældning af jerntromler med gift, der er fundet i danske åer.

Både Jesper Stub Johnsen og Ulla Mannering er optagede af at bruge museets pondus som formidlingsinstitution aktivt, også hvad angår deltagelse i den offentlige debat. Det sidste naturligvis kun i den udstrækning, det falder inden for områder, hvor de med afsæt i deres fysiske datagrundlag og kendskab til genstandsfelterne kan udtale sig med forskningsbaseret evidens. *"Vi kan hurtigt omsætte nye forskningsresultater i en 1:1 formidling, fordi vi hver dag har et publikum, der kommer ind ad døren. Derudover har vi normalt dagligt 3-400 skoleelever igennem vores undervisningstilbud. Med de muligheder, vi har som museum, har vi let ved at gøre natur- og kulturvidenskaben praktisk og relevant,"* understreger Jesper Stub Johnsen. Og den klare inspiration fra grundforskningen er med til at løfte formidlingen op på et højt niveau, så det ikke ender som cirkus og show, som Ulla Mannering siger.

Interessen går begge veje

Samarbejdet med Grundforskningscentrene har været med til at sætte museet på landkortet og promovere det som en interessant partner for forskere både internationalt og nationalt. Og det er ikke kun museet, der rækker ud til forskerne; Det er i høj grad også forskere, ikke mindst fra de naturvidenskabelige miljøer, der gerne vil ind på museet og arbejde med det kulturhistoriske område, fordi det kan give dem helt nye udfordringer.

Ulla Mannering fortæller: *"Hvis man er DNA forsker kan man tage et mundskrab på sig selv og teste metoden, men det er jo super interessant for dem at prøve kræfter med noget af det rigtig svære, som f.eks. et 3000 år gammelt skelet. Det er jo dér, de får lejlighed til at presse deres metoder."* Hun fortsætter: *"Jeg har arbejdet sammen med videnskabsfolk, der publicerer i de bedste tidsskrifter, og som fortæller, at dér, hvor de får flest hits på deres artikler, er når de samarbejder med arkæologien. Der opstår en helt anderledes relevans og det åbner for nogle andre interesser. Selvom forhistorien virker fjern, så fascinerer den også."*

Museum for fortiden og fremtiden

Med afsæt i grundforskning i kultur- og naturhistoriske samlinger tager museer verden over en ny rolle på sig: De vil ikke kun være museer for fortiden, men vil med afsæt i forhistorien også give et bud på, hvordan man kan forme nutidens samfund. Jesper Stub Johnsen fortæller: *"Vi prøver at kigge på samlingerne med nye briller, så vi ikke fremstår som et mausoleum. For man kommer ikke på nationalmuseet bare for at blive klogere på fortiden; Man skal også helst have noget med sig ud, som er vedkommende. Vores påstand er, at en hvilken som helst problemstilling, stor eller lille, samfundsmæssig eller lokal, kan man finde paralleller til i kulturhistorien, som kan inspirere os."*

Museets viden kan blive et nutidigt aktiv inden for mange forskellige områder. *"Der er rigtig meget, vi kan lære af gamle teknologier, som taler ind i interessen for økologi og genbrug. På den måde har vi på museet en endnu større mission end vi har haft meget længe,"* mener Ulla Mannering. Som konkret eksempel på dette, er museet engageret i et projekt om bæredygtig byudvikling på Frilandsmuseet. Det går ud på at bygge et fuldt ud tidssvarende hus, men udelukkende med lokale og bæredygtige materialer og med gamle teknologier. Når man har bygget det færdigt, vil det ligne det bondehus, der ligger ved siden af på en prik, men det vil rumme alle de ting, et moderne hus har.

Jesper Stub Johnsen afslutter: *"Når vi laver grundforskning er det ikke sikkert vi ved, hvad vi skal bruge resultaterne til, men det bidrager til den samlede pulje af viden, som pludselig kan blive aktuel. Jo klogere vi er, også på det grundforskningsmæssige, jo større er chancen for, at vi kan aktivere kulturhistorien til gavn for ikke bare dagens museumsgæster, men også for fremtiden. Vi laver rigtig mange podcasts i øjeblikket, hvor vi siger, at mange tror, at det, der sker nu, sker for første gang i verdenshistorien. Det passer ikke. Alting er sket før. Man skal bare finde det i vores kulturhistorie."*

Center for Tekstilforskning (CTR)

(2005 - 2015)

CTR afdækkede, hvordan tekstiler fra en given tid er bærere af viden om de samfund, de bruges i på linje med flinteøkser og andre oldtidsfund. Tekstiler fortæller blandt andet om den redskabsmæssige formåen, produktionsmetoder, kulturelle samspil, sprogbrug og den generelle økonomiske status. CTR påviste blandt andet, at kvinder i vikingetiden selv kunne lave både sejldug og fint tøj, dvs. det ikke var alt, der blev købt eller røvet. Kandidater fra centret er blevet kernemedarbejdere på en række danske museer.

GRUNDFORSKERE

BELYSER SAMFUNDS-POLITISKE SPØRGSMÅL



Hver dag træffer politikere og myndigheder beslutninger, der påvirker vores samfundsmodel. Der er tradition for, at det politiske system opsøger rådgivning og lytter til forskere med henblik på at handle i overensstemmelse med den nyeste viden.

Videnskabelig forskning inden for det samfundsfaglige område er vigtig for at kunne føre en informeret debat, og en række Grundforskningscentre har fokus på at kvalificere det grundlag, politiske beslutninger træffes på.



Center for Finansielle Friktioner (FRIC), CBS i København

Centerleder: Professor David Lando



Center for Internationale Domstole (iCourts), Københavns Universitet

Centerleder: Professor Mikael Rask Madsen



Center for Økonomisk Adfærd og Ulighed (CEBI), Københavns Universitet

Centerleder: Professor Claus Thustrup Kreiner



Billedet viser et diagram af informationsstrømme i tweets, der nævner hashtags relateret til internationale domstole.

Relevansdrevet grundforskning
Genstandsfeltet for centrenes forskning er grundlæggende samfundsstrukturer, institutioner og styrende organer i samfundet inden for den juridiske, finansielle og økonomiske sfære. Forskningen er i høj grad inspireret af aktuelle hændelser og konkrete politiske dispositioner.

David Lando fortæller: *"Den grundforskning, vi udfører, er stærkt relevansdrevet, dvs. den er drevet af presserende samfundsmæssige udfordringer, der kalder på forklaringer og dybere forståelse. Den adresserer problemer, vi ser her og nu med nye data, nye modeller og innovative måder at anskue problemerne på."*

Centerledernes fokus er at udvide kompetencen hos myndigheder og politikere, der træffer retningsgivende beslutninger for samfundets udvikling. *"Det overordnede sigte med vores forskning er at forbedre beslutningsgrundlaget for politiske beslutninger. For så vidt angår omfordelingspolitik, som er et af de områder, vi ser på i vores center, kan vi forklare politikerne hvilke kompromiser i forhold til forskellige politiske indgreb, de reelt set skal tage stilling til og sandsynliggøre, hvordan indgrebene vil virke. Og det er ofte ret anderledes end hvad politikerne tror,"* siger Claus Thustrup Kreiner.

Mikael Rask Madsen uddyber: *"Vores mål er i bund og grund at gøre verden mere forklarlig. Som Grundforskningscenter har man en vis magt til at aktualisere en samfundsmæssig udfordring ved at påvirke den generelle indsigt i feltet og dermed også at oplyse beslutningstagerne. Men vi er ikke et policy-center og har ikke til hensigt at ændre noget konkret."* Han fortsætter: *"Mit center har en stående invitation til at deltage i FN's kommission for*



CEBI forsker Torben Heien Nielsen debatterer ulighed i sundhed ved Folkemødet på Bornholm 2019 med repræsentanter fra LEO Innovation Lab, Kommunernes Landsforening, Danske Regioner og Lægeforeningen. Foto: Troels Heien.

international handelsret, hvor vi bidrager med vores forskningsresultater og evidensbaseret viden om de reformer, der drøftes. Vi deltager også i møder i EU Kommissionen, senest om oprettelse af en international investeringsdomstol, hvor vi fremlægger vores viden om hvordan en sådan global domstol kan bygges op. Vi går ikke ind og siger, at man skal gøre det på en bestemt måde, men fremviser komparative indsigter fra lignende institutioner."

Verden i forandring

Globaliseringen påvirker spillereglerne for nationale beslutningsprocesser og finansielle manøvrerum, og derfor er en væsentlig del af centrenes udsyn i udgangspunkt internationalt.

Mikael Rask Madsen forklarer: *"Udviklingen i det internationale samfund gør, at der er langt mere magt, der nu ligger på globalt plan. Det er denne transformation af verden med stærke supranationale, overstatslige strukturer, vi beskriver set gennem juridiske briller. Og ikke mindst de afledte konsekvenser for hvordan vores demokrati fungerer, som i sidste ende har direkte betydning for borgerne."*

Fokus for Mikael Rask Madsens forskning er de internationale domstole, og det er netop forståelsen af de processer, der sker internationalt, der åbner op for at forklare, hvordan dansk ret og jura kan operere. *"I forhold til f. eks. menneskerettighederne, som skal beskytte borgerne mod overgreb fra staten, har man traditionelt kigget i Grundloven for at forstå dem i en dansk sammenhæng. Men i dag er man nødt til også at vide en masse om international ret og menneskerettighedsdomstole, fordi de binder nationale beslutninger op på overstatslige regler."*



Møde mellem iCourts og en udvalgt skare af internationale domstole.

Det finansielle marked i Danmark påvirkes i dén grad af internationale forhold og har en central plads i David Landos forskning. Forskningen drejer sig om at forstå, hvordan friktioner på finansielle transaktioner påvirker prisdannelsen på finansielle aktiver og allokering af risiko.

Friktioner skal i denne sammenhæng forstås som finansiel regulering, illikviditet, skatter og andre begrænsninger. *"De finansielle markeder er uhyre vigtige for samfundets generelle velstand. Markederne er kæmpestore, så vi taler om voldsomt store beløb. Derfor er det vigtigt at forstå de grundlæggende mekanismer for disse markeder,"* siger David Lando og fortsætter: *"Friktioner har en særlig aktualitet i forbindelse med kriser, fordi man tydeligt ser betydningen af begrænsninger for markedsagenter såsom banker, realkreditinstitutioner, pensionskasser og andre formueforvaltere. Efter en krise kommer der typisk et krav om mere finansiel regulering, som lægger bestemte friktioner ind i økonomien for at forhindre nye kriser i at opstå. Her kan vi bidrage med indsigter om, hvilke effekter forskellige friktioner vil få, og hvilke muligheder, der er for at reagere, når kriserne alligevel kommer."*

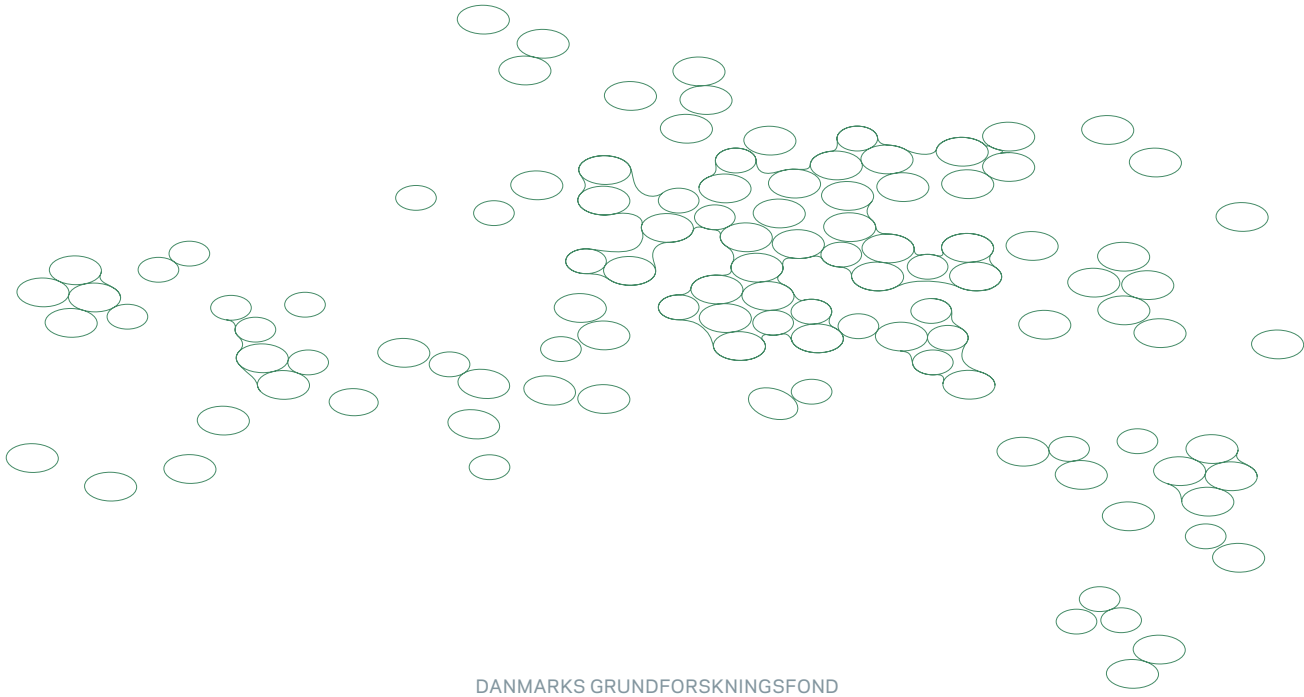
Claus Thustrup Kreiners forskning kredser om at få klarhed over graden af den økonomiske ulighed i samfundet og blive klogere på årsagerne til uligheden. Dernæst handler en væsentlig del af forskningen om, hvilken rolle den individuelle adfærd spiller i det store billede. Han forklarer: *"Ulighed mellem mennesker, hvad angår indkomst og formue, skyldes dels forskelle i omstændigheder, dels forskelle i adfærd. Mit center fokuserer først og fremmest på det sidste, dvs. den rolle menneskers adfærd har for, at uligheden opstår."*

Kreiner inddrager også andre former for uligheder i forskningen, f.eks. i forhold til forventet livslængde. Formodninger om netop livslængde for folk med henholdsvis høj og lav indkomst blev relevant i forbindelse med debatten om den såkaldte Arne-pension (tidlig pension for folk med et langt arbejdsliv bag sig). *"Generelt set antager man, at folk bliver ved med at være enten i bunden eller toppen rent indkomstmæssigt, men sådan er det faktisk ikke. Der er en ret stor social mobilitet, som har betydning for, hvor stor forskel der reelt set er mellem folk med høj og lav indkomst. Vores forskning på dette område viser, at uligheden i livslængde kun er halvt så stor, som mange generelt tror. Den dårlige nyhed er, at uligheden har været stigende siden 1980'erne,"* fortæller han.

Udvikling af nye modeller og forståelsesrammer

Som grundforskere inden for det samfundsvidenskabelige område baserer centrene af gode grunde meget af deres forskning på statistiske data, data fra empiriske undersøgelser og casestudier om fænomener og begivenheder i en virkelig-verden kontekst. En stor del af centrenes grundforskning drejer sig om at videreudvikle teorier og metoder ved at kombinere klassisk afgrænsede forskningsfelter på helt nye måder og integrere dem med nye tendenser og forskningsretninger.

David Lando giver følgende eksempel på, hvordan hans center har udviklet på Markowitz' klassiske porteføljeteori om finansielle investorers ageren for at minimere risici:





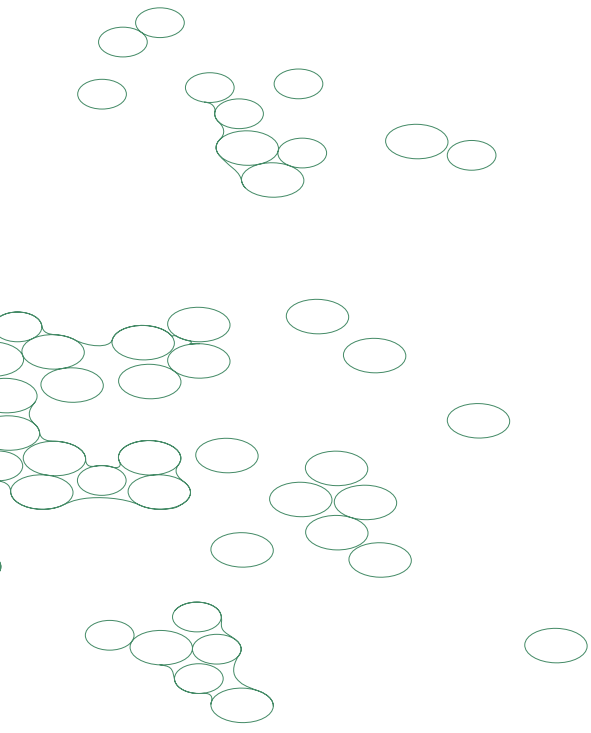
CEBI forsker Niels Johannesen var inviteret af Magrethe Westager i 2019 til at præsentere sine forskningsresultater om skatteunddragelse for EU's skattekommissær.

"Da Markowitz publicerede sin teori i 1959, talte man ikke om, hvorvidt investorer placerede deres midler efter samfundsmæssigt etiske værdier (Environmental and Social Governance (ESG)). Det gør man nu. Vi kan konstatere, at flere og flere investorer interesserer sig for ansvarlige ESG-retningslinjer ved investeringer, enten fordi de mener, at det har en værdi i sig selv, eller fordi det kan have en betydning for, hvordan værdien af deres aktiver forandrer sig. I mit center har Lasse Heje Pedersen udviklet en porteføljemodel, der tager højde for ESG. Det er en fuldt ud operationel matematisk model, der kan håndtere både dét, at man selvstændigt knytter værdi til at være godt kørende på ESG, og at man vurderer, at det har betydning for ens indtjening."

Mikael Rask Madsens centers forskning er banebrydende for brugen af 'big data' inden for domstolssystemet. *"Vi undersøger, hvordan algoritmiske analyser af store datamængder kan bruges i den offentlige forvaltning, uden at undergrave lovligheden eller svække tilliden til myndighederne. Målet er at bidrage med metoder, der kan effektivisere de juridiske institutioner og styrke retssikkerheden,"* fortæller han. Rask Madsens center har været med til at udarbejde argumenter i konkrete retssager, hvor evidensen beroede på en statistisk analyse af en juridisk udvikling over flere årtier. *"Her er vi helt klart på forkant med introduktion af nye metoder i retssystemet. Det er spændende, at en metode vi har udviklet og stadig arbejder på at forfine, går hen og bliver præsenteret for Højesteret,"* fortæller han.

Forskningen i Claus Thustrup Kreiners center er også med til at bryde mure ned ved at inddrage adfærdsteori i økonomiske forståelsesrammer. Han forklarer: *"Meget af det teorifundament, man analyserer økonomisk politik ud fra, bygger på en antagelse om, at folk har en homogen adfærd, dvs. at hvis de står i samme situation, vil de tage den samme beslutning. Men de forskelle, der jo er på mennesker, er potentielt virkelig vigtige for, hvordan politiske indgreb kommer til at virke. Vi søger at få et bedre billede af den systematiske heterogenitet, vi observerer, og føje det til de teoretiske modelrammer. Det gør vi blandt andet ved at arbejde med præferencer, som er matematiske modelleringer af folks adfærd i forskellige situationer."*

Thustrup Kreiner giver et konkret eksempel på inddragelse af præferencer til at nuancere forståelsen af økonomisk adfærd: *"Teorien fremfører, at hvis du er en økonomisk tålmodig person, vil du spare mere op og få en større formue end én, der ikke er. Så langt så godt. Men vi går et stik dybere og kigger på grundlæggende karakteristika, som kan forklare denne forskel, og hvorfor nogle mennesker kommer i finansielt uføre, f.eks. fordi de tager store chancer og låner en masse penge. Her går vi f.eks. ind og ser på risikopræferencer og tidspræferencer."* Han fortsætter: *"Politikere vil ofte bruge informationen på forskellige måder. I forhold til at havne i økonomiske problemer, kan man på den ene side sige, at det er folks eget ansvar; På den anden side kan man mene, at der derfor er behov for at indføre regulering for at forhindre folk i at tage smslån til en skyhøj rente. Det er ikke op til os. Fra vores side har vi udelukkende interesse i at lave god forskning, der giver det bedste beslutningsgrundlag. Vi prøver naturligvis så vidt muligt at komme med noget faktuelt, men vi forsker i et område, der er svært at måle, og hvor der ofte vil være en stor usikkerhedsmargin omkring resultaterne."*



Grundforskningscentrenes aftryk på samfundet
Centerlederne bringer deres viden i spil på mange måder, ikke mindst ved at takke ja til invitationer om at holde oplæg for centralbanker, domstole, interesseorganisationer, regeringsudvalg, kommissioner, konferencer osv. over hele verden.

Mikael Rask Madsen fortæller: *"Værdiskabelsen for borgerne og samfundet hænger i høj grad sammen med vores evne til at kommunikere forskningsresultaterne om det principielle i vores retsstat og demokrati. Det indebærer en stor oversættelsesopgave, fordi det, der diskuteres i akademisk regi, er langt mere kompliceret end når det diskuteres af dem, der reelt har mulighed for at påvirke institutionerne."* Han fortsætter: *"Vi har med højpolitiske emner at gøre, så det er vigtigt at bibeholde vores legitimitet ved at fokusere på det strukturelle og principielle. Når vi udtaler os, er det 100% baseret på vores forskning, og vi tilpasser ikke vores udsagn til et givet publikum. Hvis vi ikke har forskningsmæssig indsigt deltager vi ikke. Alligevel er der altid en risiko for, at man bliver anskuet som politiserende, selvom det ikke meningen."*

Claus Thustrup Kreiner deler denne erfaring: *"Vi bliver ofte spurgt til råds om emner, der rummer en iboende politisk konflikt, og hvor der er uenighed mellem forskellige grupper. For hvis der ikke var uenighed, ville vi ikke blive spurgt."*

I forhold til grundforskningscentrenes overordnede værdi for samfundet, tøver David Lando ikke: *"Det er først og fremmest de kandidater, vi uddanner og sender ud i verden. Vi ved, hvad der skal til for at få succes, om det så er inden for den akademiske verden, i erhvervslivet eller den offentlige sektor. Nogle af de centrale egenskaber vi lærer vores studerende er at identificere nye idéer og beslutte, hvilke der er de vigtigste. Selvfølgelig skal vi selv som professorer og centerledere bidrage til at løse verdens udfordringer, men for mig er det mindst lige så interessant, at vi uddanner i hundrede- og tusindvis af meget dygtige unge mennesker, som finder på alle mulige kreative og innovative måder at bringe verden hen mod et bedre sted. Det er dén måde, vi kan geare vores viden op og påvirke samfundet positivt."*

MED BIDRAG FRA DISSE GRUNDFORSKNINGSCENTRE

Center for Finansielle Friktioner (FRIC)

(start 2012)

FRIC's formål er at øge forståelsen af hvordan de finansielle markeder fungerer. Forskningsresultaterne bruges af myndigheder til at vurdere behovet for regulering og konsekvenserne heraf for den økonomiske aktivitet i samfundet. FRIC har blandt andet belyst forhold vedrørende kapitalkrav til banker og kreditforeninger i lyset af finanskrisen. Centerleder David Lando er for nyligt indtrådt i tænketanken KRAKA, som leverer fagøkonomisk viden.

Center for Internationale Domstole (iCourts)

(start 2012)

iCourts' forskning i internationale domstole bidrager med systematisk analyse af deres indflydelse på nationale politikker og samfundsstrukturer. Resultater fra iCourts har dannet afsæt for reformer af internationale institutioner indenfor Europarådet og EU. iCourts rådgiver også den danske regering og civilsamfundet om menneskerettigheder og forholdet mellem international og national ret. Centerleder Mikael Rask Madsen er en efterspurgt konsulent for regeringer og domstole.

Center for Økonomisk Adfærd og Ulighed (CEBI)

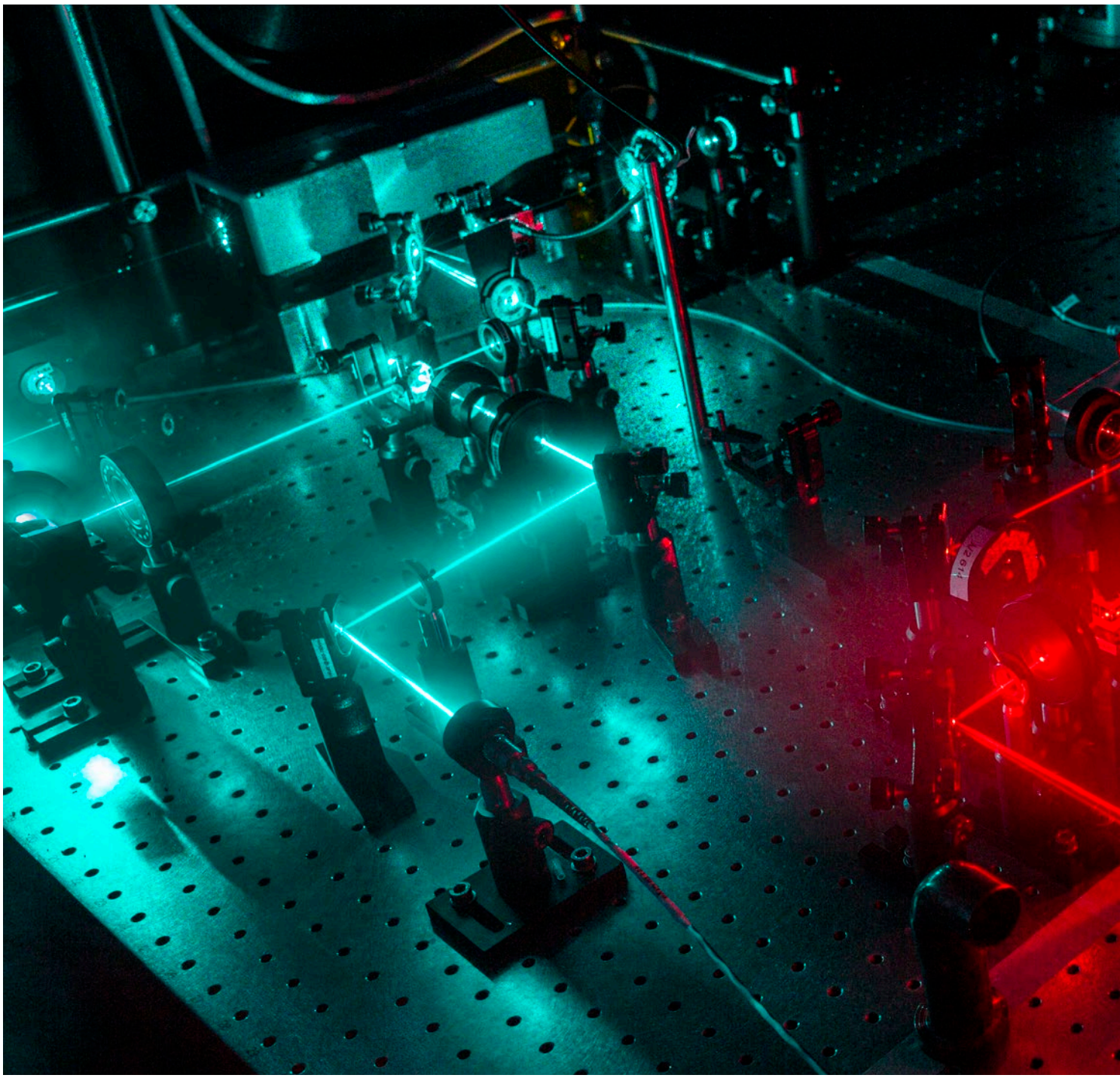
(start 2017)

CEBI's forskning handler om, hvorledes ulighed i samfundet opstår som en konsekvens af såvel samfundets indretning som af de enkelte borgeres livsomstændigheder og personlige adfærd. Forskningsresultaterne har direkte relevans for nationale politiske tiltag, f.eks. udformning af skattepolitikken, og for EU's indsats for at bekæmpe skatteunddragelse. Flere CEBI-ansatte er udpeget som medlemmer af ministerielle ekspertgrupper som Skattekommissionen og Ydelseskommissionen. Centerleder Claus Thustrup Kreiner er udpeget som medlem af den kommission, der skal identificere tiltag til at nå samfundets grønne 2030 mål.



GRUNDFORSKERE

BANER VEJ FOR DEN 2. KVANTEREVOLUTION



Den første kvanterevolution ændrede fuldstændig opfattelsen af grundlæggende naturlove. Den 2. kvanterevolution handler om at udnytte naturens kvanteegenskaber til at bygge nye informations-, kommunikations- og sensorteknologier. Der er udsigt til vilde transformative teknologier, som afspejles i milliardstore investeringer fra IT-firmaers side såsom Microsoft, IBM og Google, samt i nationale satsninger verden over og EU's forskningsprogram.

En række grundforskningscentre er blandt verdenseliten, når det kommer til forskning i den fundamentale fysik, der danner grundlaget for udvikling af kvantebaseret teknologi:



Center for Macroscopic Quantum States (bigQ), Danmarks Tekniske Universitet

Centerleder: Professor Ulrik Lund Andersen



Center for Hybrid Quantum Networks (Hy-Q), Københavns Universitet

Centerleder: Professor Peter Lodahl



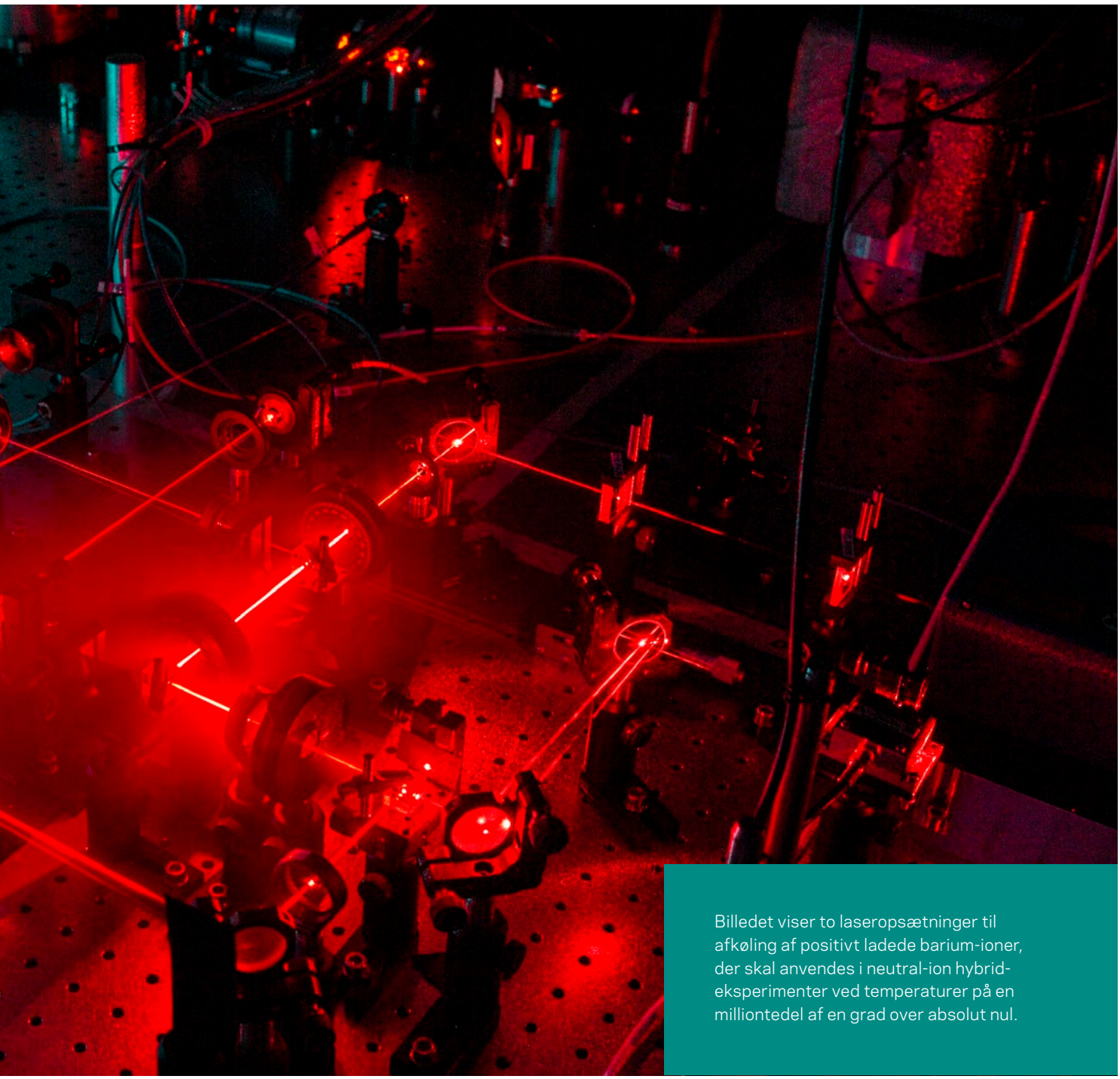
Center for Quantum Devices (QDev), Københavns Universitet

Centerleder: Professor Karsten Flensberg



Center for Complex Quantum Systems (CCQ), Aarhus Universitet

Centerleder: Professor Thomas Pohl



Billedet viser to laseropsætninger til afkøling af positivt ladede barium-ioner, der skal anvendes i neutral-ion hybrid-eksperimenter ved temperaturer på en milliontedel af en grad over absolut nul.

Teknologiudvikling baseret på kvantefysik
Grundforskningscentrene har forskellige tilgange til kvantevidenskaben, men deres fælles mission går i bund og grund ud på at afprøve nye teorier og udvikle de byggeklodser, der skal til for at omsætte teoretiske algoritmer til praksis og i en skala, hvor det kan bruges i teknologiudvikling og dermed til konkrete anvendelser i samfundet. Det anvendelsespotentiale, centrene kredser om, er kvantesimulatorer, kvantecomputere og et kvanteinternet.

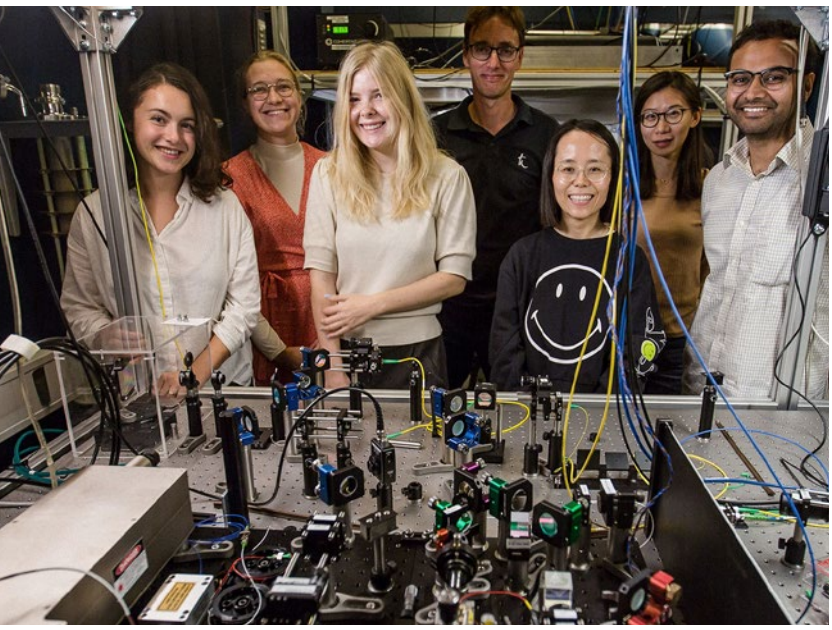
"Vi begynder at have kvanteressourcer til rådighed, hvori man kan implementere kvantealgoritmer, som man ikke kan løse på almindelige computere," siger Peter Lodahl.

Kvanter er atomernes mindste energipakker, der kan frigives som lys (fotoner), når elektronerne skifter energitilstand. I takt med, at den mindste grænse for størrelsen af computernes silicium chips er ved at blive nået, vokser interessen for at bruge atomernes egenskaber indenfor IT-teknologier.

Sidste år demonstrerede Google den såkaldte 'kvanteoverlegenhed' ved at sætte en konventionel supercomputer og en kvantecomputer med 53 kvantebits til at foretage den samme beregning. Forsøget beviste for det første, at kvantecomputeren var i stand til at løse et konkret problem, og for det andet, at den gjorde det meget hurtigere end den konventionelle computer. På den måde ved man nu med sikkerhed, at en kvantecomputer er i stand til at lave beregninger og dermed løse et konkret problem. Hidtil har man kun kunnet simulere de ting, en kvantecomputer muligvis kunne gøre.

"Der er dog stadig nogle tekniske barrierer og fundamentale udfordringer, der skal løses før en fuldblods kvantecomputer står klar i kulissen. Det er svært at spå om, hvornår den står klar, hvilket i særdeleshed afhænger af i hvor høj grad vi formår at tiltrække finansiel støtte og dygtige folk til feltet", siger Ulrik Lund Andersen. Han uddyber: *"Den udregning, der blev foretaget af Google, kan ikke bruges til noget endnu. Men man har vist princippet i en kvantecomputer. Det er første skridt og en meget vigtig milepæl. Næste milepæl er at få en kvantecomputer til at løse et nyttigt problem."*

Alle centerledere er dog enige om, at Googles demonstration var et stort skridt. *"Hvis man kan få styr på omkring 50 fotoner, som vi allerede har vist, at vores fotonkilde kan levere, så er man inde i et område, hvor en klassisk computer aldrig kommer,"* siger Peter Lodahl.



Teamet bag demonstrationen af en deterministisk en-foton lyskilde. Foto: Ola Jakub Joensen.

Et anvendelsesområde, der er tættere på at kunne realiseres, er brugen af kvantesimulatorer til at lave beregninger på biologiske, kemiske og molekylære spørgsmål. Et eksempel er proteinfoldningsprocesser, som er centralt for at kunne lave beregninger til udvikling af medicin. *"Der er virkelig tale om en bred vifte af sektorer, hvor anvendelser baseret på kvanteteknologi har potentialet til at transformere status quo, f.eks. inden for den farmaceutiske industri, byggesektoren og transportsektoren,"* forklarer Thomas Pohl.

"Fremgangsmåden er at starte med nogle simple beregninger, hvor man kender svaret eller kan verificere resultatet med almindelig computerkraft, og derefter begynde at sætte flere og flere fotoner i spil. Men dét er teknologisk svært, for det kræver, at man skalerer de kvantemekaniske systemer op til 100 eller 1000, eller endnu flere fotoner. Det lyder måske nemt, for når vi har en én-foton kilde, skal man vel bare trykke på knappen 100 gange. Men fotonerne skal være fuldstændig identiske og uadskillelige, og det er vanskeligt at opnå. Og man må ikke tabe dem. Kvantetilstande er meget skrøbelige. Spillereglerne i kvanteverdenen er meget anderledes end i den almindelige verden," siger Peter Lodahl og tilføjer: *"Det betyder, at vi skal være smartere i den måde, vi bygger kvantesystemer op på."*

Ulrik Lund Andersen supplerer: *"Hvis man skal simulere et relativt komplekst molekyle som penicillin, for eksempel, så skal man op på cirka 250-300 kvantebits, og det kan man ikke i dag. Og det er ikke engang almindelige kvantebits, der skal til, det er fejlkorrigerede kvantebits. Og for at korrigere en kvantebit, skal man bruge hundredvis af andre kvantebits. Så man skal måske bruge omkring en million fysiske kvantebits i en kvantecomputer, for at kunne håndtere de store og komplekse molekyler, som er virkelig interessante. Og i dag har vi altså kun 53, så der er lang vej endnu."*

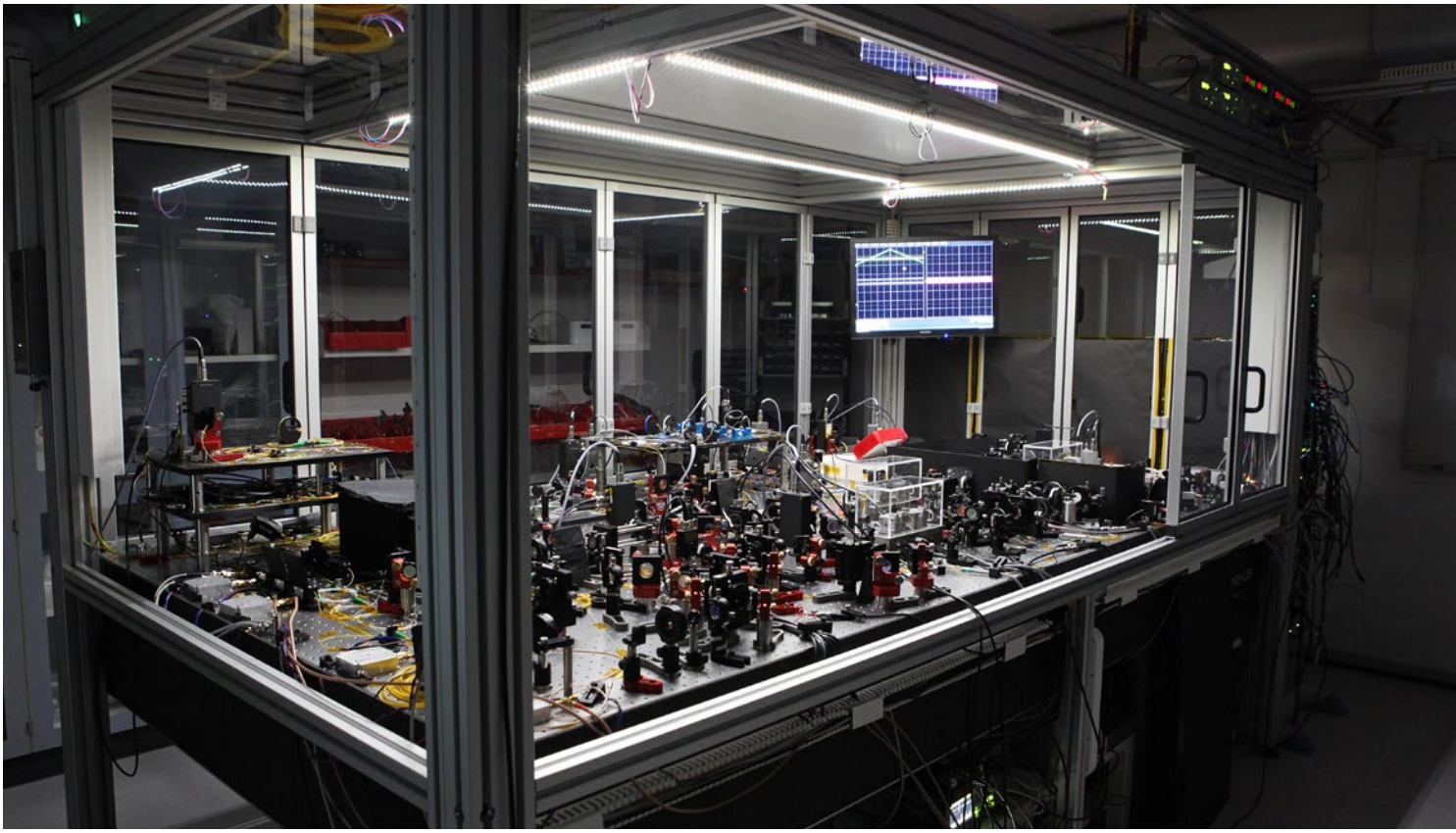
Grundforskning er essentiel for at komme videre

Centerlederne er begejstrede for den eksponering af kvantevidenskaben i medierne, der foregår lige nu. Kvanteteknologi har også fundet vej ind i filmverdenen, fortæller Thomas Pohl. *"Man kan forledes til at tro, at den teknologiske udviklingsproces er spritny, men sådan forholder det sig ikke. Den har været i gang længe – siden slutningen af 1980'erne – hvilket man godt kan glemme i den aktuelle hype, der er omkring "kvanter,"* siger Pohl.

Peter Lodahl forklarer: *"Afsættet i teknologiudviklingen er grundforskningen, fordi kvantefysikken er så fundamentalt anderledes. Vi forstår de kvantemekaniske regler, som er testet med enorm præcision. Vi begynder at have styr på enkelte atomer og fotoner, som vi kan eksperimentere med, men hvad sker der, når vi skalerer det op? Hvad er grænserne for den her opskalering? Dér mangler vi stadig en teoretisk forståelse. Nu handler det om eksperimenter, for at få de her nye ting til at indgå i teknologi; Det er dér udviklingen er, og hvor der er behov for fundamental videnskab."*

Det mest oplagte tegn på, at der stadig er mange år til realiseringen af en 2. kvanterevolution er, at de førnævnte IT-giganter stadig har brug for grundforskerne. Hvis "kvante" allerede var en teknologi, ville grundforskerne være ude af ligningen, og som Peter Lodahl siger: *"Vi er slet ikke der endnu, hvor man kan overlade til ingeniørerne at lave teknologi ud af det."* Karsten Flensberg deler dette synspunkt: *"Hvis det var en færdig teknologi, så ville tingene være sket af sig selv; Men det er ikke sket!"*

Thomas Pohl er enig: *"Det er vigtigt at holde sig for øje, at vi står midt i en proces. Vi er ikke dér, hvor vi kan sige, at vi har gennemført en ny kvanterevolution, selvom der er en masse ting, der peger i den rigtige retning. Der er store forventninger til, hvordan kvanteteknologi kan ændre samfundet, og de næste 10-20 år vil vise, om vi er i stand til at leve op til dem. Fundamental teoretisk forskning er centralt for at komme videre og realisere forventningerne."* Pohl fortsætter: *"Der er tale om deciderede nybrud f.eks. inden*



Fra det indre af Molecular Beam Epitaxy maskinen.
Quantum computer opstilling. Foto: Jesper Scheel.

for kvantekryptografi til sikker kommunikation. Kvantekryptografi bygger på principperne bag kvantefysik og er ubrydelig til forskel fra klassisk kryptering, der bygger på matematik. Kvantekryptering vil med tiden erstatte den klassiske kryptering."

Samarbejdet mellem grundforskere og virksomheder
En af de ting, der kendetegner den 2. kvanterevolution, er investeringer fra private virksomheder. De fleste grundforskningscentre samarbejder med industripartnere, enten direkte eller via deltagelse i internationale projekter og netværk. Motivationen fra grundforskernes side er at skabe ny viden og få den ud i verden; Industriens motivation er for så vidt den samme, men har naturligvis et mere kortsigtet mål om at bringe den nye viden i anvendelse i tjenester og produkter, der kan sælges.

Ulrik Lund Andersen fortæller: *"Der bliver virkelig bygget en masse broer mellem universiteter og erhvervslivet. Det giver blod på tanden, at man kan se, at det allerede nu kan bruges til noget. Vi forventer helt klart, at vi er med til at skabe fundamentet for udviklingen af en hel ny teknologi."*

En del af kontakten til industripartnere sker via deltagelse i EU-programmer som The Quantum Technology Flagship og The Quantum Communication Infrastructure. Sidstnævnte har fokus på kvantekryptografi og er en overligger til det første flagskibsprogram, der handler om udvikling af kvanteteknologi til kommunikation, simulation, computere, metrologi og sensorer. Op mod halvdelen af deltagerne i de EU-projekter grundforskningscentrene er med i, er fra industrien. *"Deres rolle er at hjælpe os med at udvikle kvanteteknologien og undersøge hvilke anvendelser, den måtte have i fremtidige kommunikations- og computersystemer, og i sidste ende at afprøve teknologien i den virkelige verden. Det er der kommet et utroligt tæt og frugtbart samarbejde ud af,"* fortæller Ulrik Lund Andersen. *"Samarbejdet i disse programmer er generelt udbytterigt for alle parter. Virksomhederne får naturligvis viden fra os, men vi får til gengæld ny elektronik og meget andet, som vi kan bruge til vores eksperimenter og opstillinger, og som hjælper os til at forbedre vores grundforskning. Det har været interessant at se, hvordan nye innovative idéer er blevet udviklet i krydsfeltet mellem grundforskning og kommerciel tænkning."*

Karsten Flensberg supplerer: *"Det er netop i synergien mellem grundforskere og firmaer, at det kan blive stort. Men netop her, inden for kvantevidenskab, er det grundforskningen, der sætter grænsen, så vi trækker store veksler på industripartnerne, som skal have stor tålmodighed."*

På den hjemlige bane er Innovationsfonden en vigtig spiller for at få den teknologi, grundforskningscentrene udvikler, afprøvet og modnet til et niveau, hvor der er et egentligt kommercialiseringspotentiale. *"Innovationsfondens finansieringsmuligheder er helt essentielle for, at vi kan komme videre med vores byggeklodser og kommercialisere dem,"* siger Peter Lodahl.

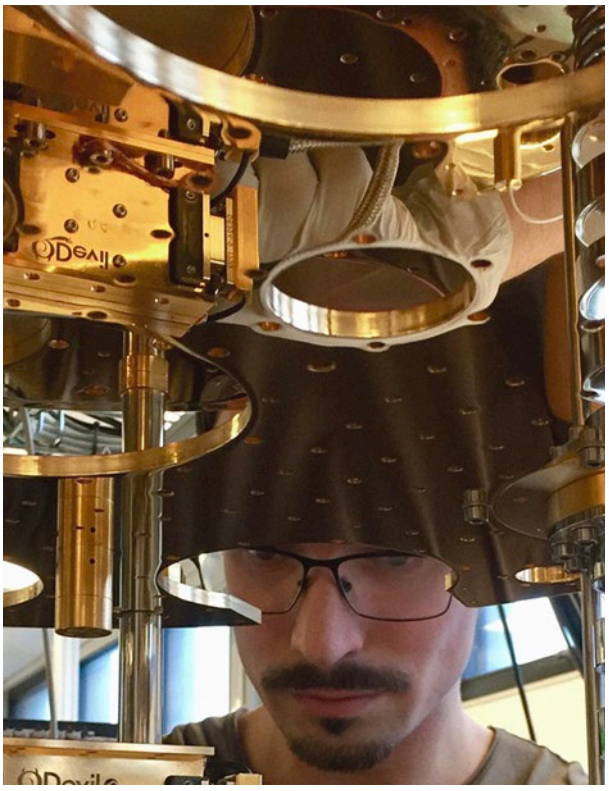
Motivation og samfundsrelevans

Alle centerlederne er grundforskere af hjertet og ville fortsætte deres forskning inden for kvantevidenskaben selvom denne epoke ikke blev kaldt for en ny kvanterevolution. Men det er klart, at motivationen får et nyk opad, når man kan se, at der er mulighed for at være med til at skabe nybrud, der kan være til gavn for samfundet.

"Relevans er et spørgsmål, der skal tages alvorligt, dog uden, at det skal drive det hele," siger Peter Lodahl. Han uddyber: *"Men det giver en kæmpe energi at tro på, at man kan være med til at skabe noget, der virkelig kan betyde noget for samfundet. I stedet for udelukkende at skrive fantastiske videnskabelige artikler, står vi med noget, der er værdifuldt og muligt at skalere op frem mod en kvantecomputer og et kvanteinternet. Det er enormt spændende, at det faktisk kan blive til noget i teknologisk forstand."*

I forhold til grundforskningens samfundsrelevans, understreger centerlederne, at en af deres vigtigste opgaver som modtagere af grundforskningsbevillinger er uddannelse af nye generationer af dygtige folk. Og fordi der ikke er plads til dem alle sammen på universiteterne, skaber de værdi andre steder.

"Vi skal uddanne folk, der er på så højt niveau, at når der kommer idéer udefra, så kan de tage dem og arbejde videre med dem i de virksomheder, de arbejder i. Det handler om evnen til at kunne absorbere idéer, når de kommer. Det kræver et højt teknisk niveau. Og de må jo få den rigtige uddannelse hos os; Det ser i hvert fald ud til at virke. Selv vores teoretikere, der aldrig har rørt ved en knap, har ikke problemer med at få jobs, hvis de ikke fortsætter i forskningsverdenen," siger Karsten Flensberg. *"Det er blevet et adelsmærke at være trænet i kvanteteknologi, når vores kandidater skal søge job i virksomheder,"* afslutter Peter Lodahl.



QDev Post-doc Asbjørn Drachmann ved nogle af de indre organer af en QDev BlueFors blandingskryostat. Foto: Niels Bohr Instituttet.

MED BIDRAG FRA DISSE GRUNDFORSKNINGSCENTRE

Center for Macroscopic Quantum States (bigQ)

(start 2018)

bigQ stræber efter at forstå og udnytte makroskopiske kvantefænomener. Det har resulteret i en banebrydende demonstration af sammenfiltrede optiske klyngetilstande, der kan danne grundlag for en skalerbar, fejlkorrigeret optisk kvantecomputer og lang-distance kvantekommunikation.

Center for Hybrid Quantum Networks (Hy-Q)

(start 2018)

Hy-Q forsker i optisk teknologi til fremtidens kvantecomputere og et globalt kvanteinternet. Hy-Q står bag udviklingen af en nanochip, der kan udsende én lyspartikel ad gangen i en bestemt retning og på et bestemt tidspunkt. En oplagt anvendelse af centerets teknologi er opgradering af eksisterende kryptografisystemer til understøttelse af sikker kommunikation.

Center for Quantum Devices (QDev)

(start 2012)

QDev forsker i kvanteelektronik som potentielt kan integreres med traditionel elektronik. QDev har udviklet en kvantebit, som er et kunstigt atom, hvor man kan kontrollere antallet af elektroner og kode dem med information. Resultaterne kan bruges til fremtidens kvantecomputere og til udførelse af komplicerede beregninger.

Center for Complex Quantum Systems (CCQ)

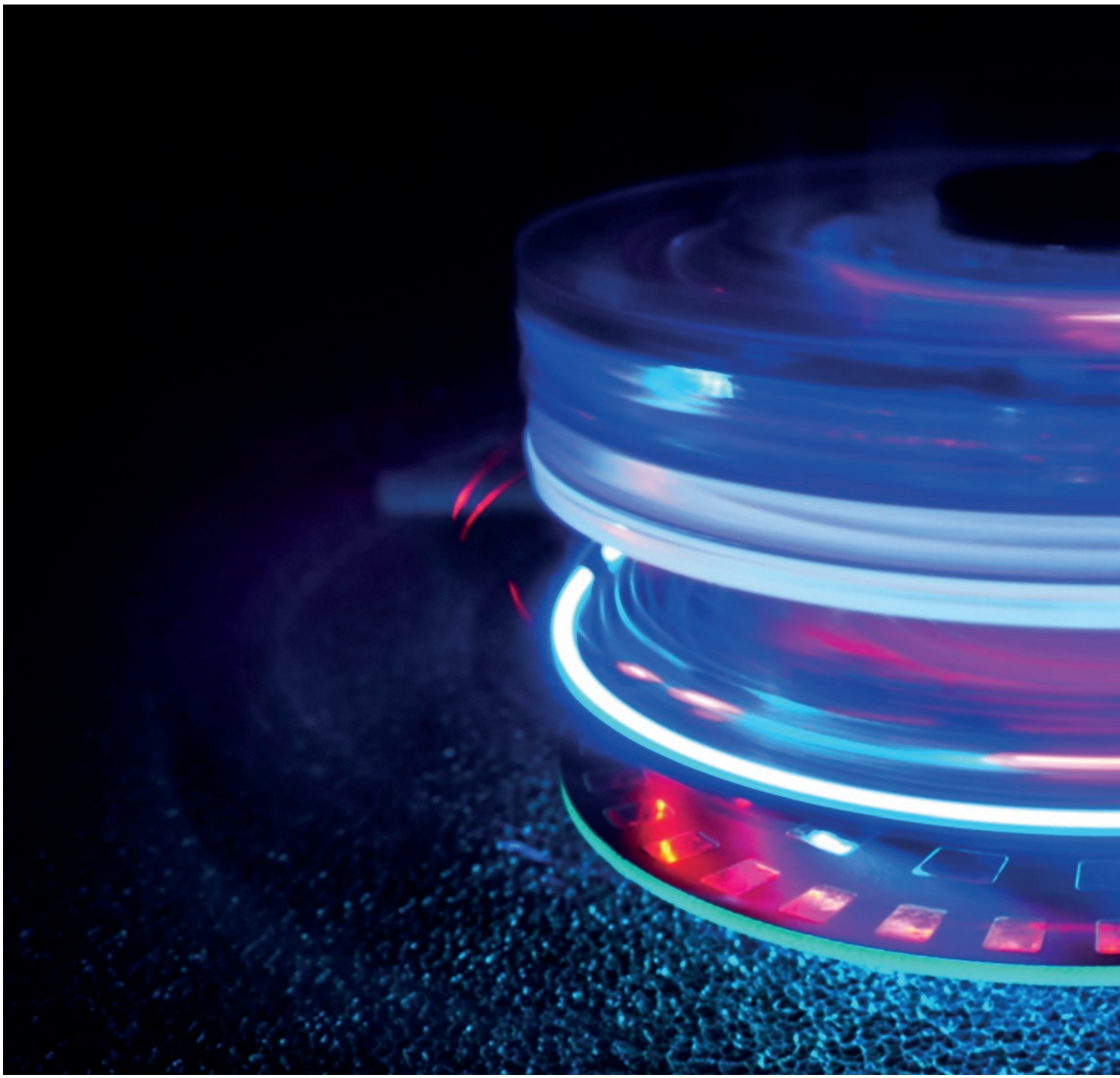
(start 2020)

CCQ forsker i opbygningen af kvantesystemer fra grunden, dvs. atom for atom, og hvordan man kan kontrollere interaktionerne mellem orskellige kvantemekaniske komponenter. Resultaterne kan bruges til udvikling af kvanteteknologi, f.eks. til optimering af lasere og superledere, der kan lede elektricitet uden spild af energi.

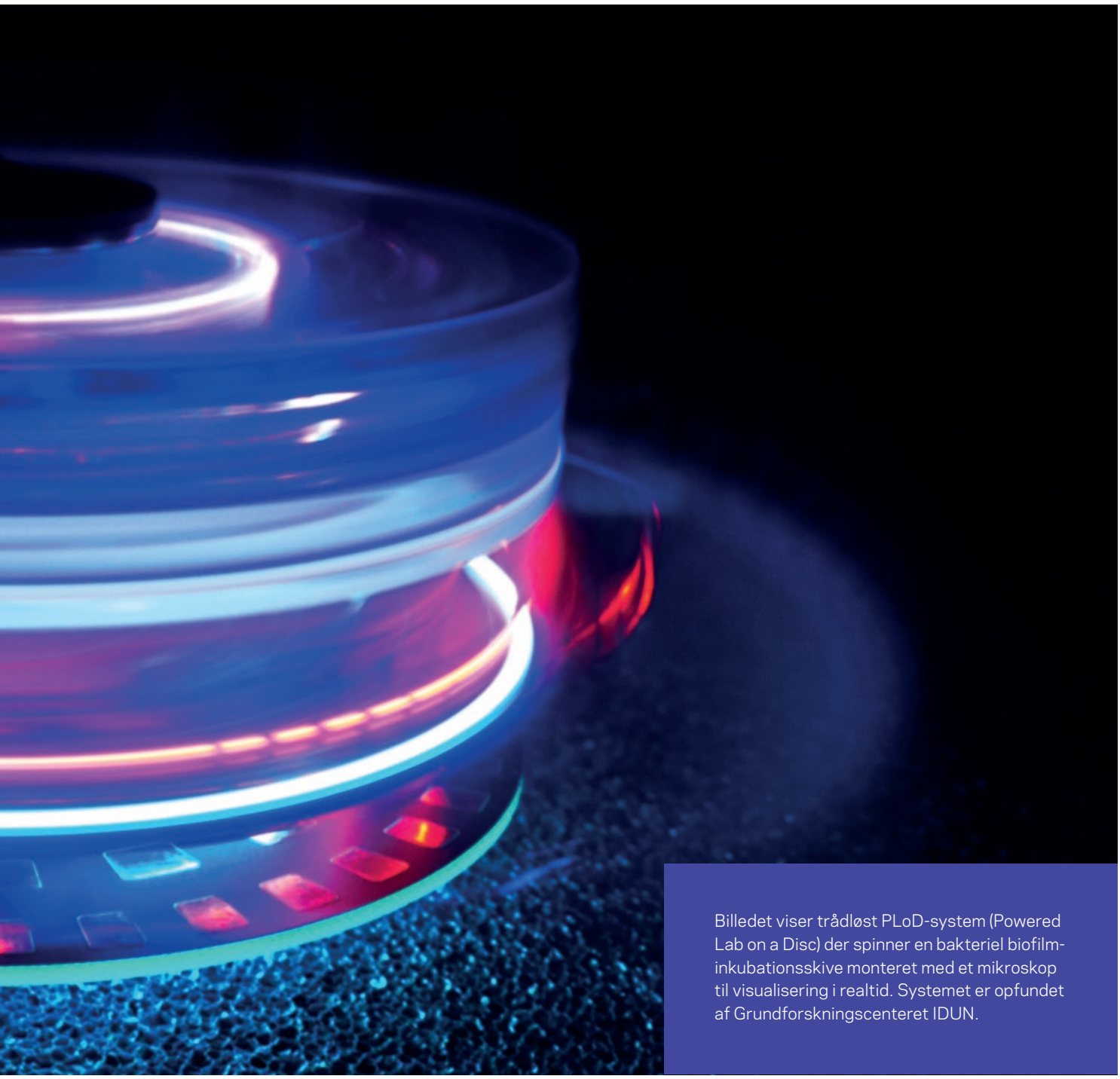


GRUNDFORSKNINGSCENTRE

ER RUGEKASSER FOR INNOVATIVE VIRKSOMHEDER



I mange af Grundforskningscentrene lægges der vægt på samarbejde med virksomheder for at kvalificere de samfundsnyttige perspektiver yderligere, både for så vidt angår forskningen og de kandidater, der uddannes på centrene på Master, Ph.d. og Postdoc niveau. Samarbejderne kommer i stand f.eks. ved deltagelse i nationale eller internationale innovationsprogrammer og netværk eller ved direkte kontakt.



Billedet viser trådløst PLoD-system (Powered Lab on a Disc) der spinner en bakteriel biofilm-inkubationsskive monteret med et mikroskop til visualisering i realtid. Systemet er opfundet af Grundforskningscenteret IDUN.



I en række Grundforskningscentre er forskningen tilmed afsæt for etablering af virksomheder - de såkaldte spinoffs - der dannes for at kommercialisere én eller flere opfindelser.

Sammenholdes Uddannelses- og Forskningsministeriets kommercialiseringsstatistik med fondens egne data om centrenes aktiviteter, viser det sig, at omkring en fjerdedel af spinoffs fra offentlige forskningsinstitutioner i 2018 og 2019 udsprang fra Grundforskningscentre. Da Grundforskningscentrene som oftest har finansiering fra flere steder, kan fonden ikke tage æren for alene at stå bag kommercialiseringsresultaterne.

Det er naturligvis ikke hvert år, Danmarks Grundforskningsfond har part i så stor andel af spinoff virksomheder fra universiteterne som nævnt ovenfor. Ikke desto mindre manifesterer spinoff-virksomhederne kombinationen af topforskning og anvendelse på en meget konkret måde.

Blandt de bemærkelsesværdige højdespringere fra tidligere Grundforskningscentre, kan nævnes virksomheden EpiTherapeutics ApS, som er en spinoff fra professor Kristian Helin's Center for Epigenetik. EpiTherapeutics udvikler ny medicin til behandling af kræft og andre sygdomme, og blev efter nogle år solgt for en halv milliard kroner til et amerikansk lægemiddelfirma.

Professor Ib Chorkendorff's Center for Individual Nanoparticle Functionality var basis for etableringen af spinoff virksomheden HPNOW Aps. Firmaet har stadig stor succes med produktionen af brintoverilte ud fra vand, luft og strøm, der bruges til desinfektion, f.eks. til at holde vandingsanlæg fri for algevækst.

Grundforskningsfondens direktør Søren-Peter Olesen ledede i perioden 2005 – 2015 Grundforskningsfondens Center for Hjertearytmi. Dette center bidrog til grundlaget for etableringen af firmaet Acesion Pharma, som nu har patientstudier i klinisk fase 2 af et stof til behandling af hjertearytmien atrieflimren efter et helt nyt medicinsk princip. Finansieringen til virksomheden kom i første omgang fra Innovationsfonden og NovoNordisk Ventures, og siden fra Wellcome Trust og andre venture fonde.

Søren-Peter Olesen fortæller: *"Der er ingen tvivl om, at uden forskningen i hjertefysiologi i Grundforskningscentret, var firmaet og denne helt nye tilgang til behandling af atrieflimren aldrig sket. Det var en heldig situation, hvor farmakologisk, klinisk genetisk og dyreeksperimentel viden kom sammen i Grundforskningscenteret. Miljøet i Grundforskningscenteret var præget af interessen for innovation, og vi uddannede omkring 50 forskere, hvoraf hovedparten er gået ud i erhvervslivet og fået spændende stillinger. Centeret var født med et stort netværk i den danske biotek- og farmaindustri, fordi jeg kom derfra, og dette er naturligvis blevet øget gennem den næste generation af forskere og ledere."*

Søren-Peter Olesen afrunder med en vigtig pointe, som også er udtryk for et kardinalpunkt for Grundforskningsfondens virke: *"Jeg er glad for, at vi tidligt adskilte firmaaktiviteterne fra forskningscenteret, da endemålet i de to former for forskningsaktiviteter er forskellige selv om de har fælles udspring."*

EKSEMPLER PÅ SPINOFF VIRKSOMHEDER FRA GRUNDFORSKNINGSCENTRE I 2018 OG 2019:

Sparrow Quantum

Sparrow Quantum Aps producerer én-foton chips til kvante- og nanoteknologi. Virksomheden er en spinoff fra Center for Hybrid Quantum Networks, der ledes af professor Peter Lodahl.

Lightnovo

Lightnovo laver mikroskoper til diagnosticering og spektrometre til måling af elektromagnetiske bølger. Virksomheden er en spinoff fra Center for Intelligent Drug Delivery and Sensing Using Microcontainers and Nanomechanics, der ledes af professor Anja Boisen.

SiPhotonIC TECHNOLOGIES

SIPhotonIC designer og fremstiller avancerede silicium fotoniske integrerede kredsløb. Virksomheden er en spinoff fra Center for Silicon Photonics for Optical Communications, der ledes af professor Leif Katsuo Oxenløwe.

POLARIZE

Polarize laver instrumenter til hyperpolarisering, som er en ny teknik til at opdage og undersøge metaboliske ændringer i kroppen. Virksomheden er en spinoff fra Center for Hyperpolarization in Magnetic Resonance, der ledes af professor Jan Henrik Ardenkjær-Larsen.

TEGNOLOGY Thermo Electric Energy

TEGnology Aps udvikler materialer til termoelektriske moduler, som konverterer spildvarme fra industrielle processer til elektricitet. Virksomheden er en spinoff fra Center for Materials Crystallography, ledet af professor Bo Brummerstedt.

DELIVER PHARMA APS

Deliver Pharma Aps producerer lægemidler til mikrofager, som er en type hvide blodlegemer, der udgør er en del af immunforsvaret. Virksomheden er en spinoff fra Center for Functional Genomics and Tissue Plasticity, der ledes af professor Susanne Mandrup.

GlycoDisplay

GlycoDisplay udvikler lægemidler baseret på glykoprotein, som er en særlig transportør af lægemidlerne i kroppen. Virksomheden er en spinoff fra Copenhagen Center for Glycomics, der ledes af professor Henrik Clausen.

Danmarks
Grundforskningsfond
Danish National
Research Foundation

Danmarks Grundforskningsfond
Holbergsgade 14, 1
DK-1057 København K

T +45 33181950
E dg@dg.dk

www.dg.dk

ISBN nr. 978-87-971009-2-9
2021

Juli 2021