

Indsatsområde (titel): Metrologisk Forskning & Udvikling**Indsatsområde (nr.):** 2**Indsatsen kort (resumé)**Resumeet bruges også ved offentliggørelsen af forslaget på www.bedreinnovation.dk

Med voksende global konkurrence samt kontinuert behov for effektivisering og innovation, er det nødvendigt med metrologisk forskning i nye kritiske teknologier, der hjælper danske virksomheder med at være markedsførende. Adgang til test- og kalibreringsfaciliteter samt metrologiekspertise giver især små- og mellemstore virksomheder en forbedret mulighed for succes gennem rådgivning og projektsamarbejde, som kan adressere måletekniske udfordringer og metoder, digitalisering, usikkerhedsberegninger og standardisering. Med indsatsen vil DFM udvide understøttelsen af højteknologiske danske produktionsvirksomheder inden for klima- og miljøteknologi samt pharma-, og fødevarerbranchen. Herudover etableres en metrologisk styrkeposition inden for fotoniske chips, som vil understøtte udviklingen af fremtidens hardware til kunstig intelligens, satellit- og kvanteteknologi.

1. Målsætninger, aktiviteter og indikatorer

Med indsatsområdet "Metrologisk Forskning og Udvikling" er det DFM's vision at udvikle metrologiske kompetencer og løsninger som understøtter dansk innovation og nye kritiske teknologier inden for de strategiske fokusområder: "*Grøn omstilling*", "*Pharma udvikling og produktion*" og "*Mikrochipteknologi*". Indsatsen forventes at resultere i opbygningen af nye ydelser og testfaciliteter, som vil medvirke til en styrket konkurrenceevne for især de små og mellemstore højteknologiske danske virksomheder.

Oparbejdelse af metrologisk viden og kompetencer foregår gennem etableret internationalt forskningssamarbejde med bl.a. de øvrige nationale metrologiinstitutter (NMI'er) i Europa, og denne viden forankres parallelt i de danske økosystemer via klyngerne, projektsamarbejde og virksomhedscases med målgrupperne, afholdte workshops og øvrige vidensspredningsaktiviteter. Nationalt fortsættes det tætte forskningssamarbejde med de danske universiteter og GTS-institutterne Force Technology og Teknologisk Institut, og der forventes at blive igangsat nye samarbejder med mere end 36 SMV'er inden for de tre fokusområder i løbet af perioden.

Hver af de tre fokusområder tager afsæt i nationale og europæiske politiske prioriteringer (se pkt. 2) og udgør samtidig tre ud af fire af DFM's prioriterede udviklingsområder (se pkt. 7). Baggrunden og de individuelle målsætninger for fokusområderne beskrives nærmere nedenfor med den forventede finansiering angivet i parentes efter titlerne. Konkrete planlagte aktiviteter findes under pkt. 8.

Grøn omstilling

Klimamålet om CO₂e-neutralitet i 2050 skal delvist nås gennem teknologiske landvindinger, som samtidig kan drive økonomisk vækst i de dele af verden, der ender med at levere løsningerne. Carbon-capture-and-storage (CCS) indgår som en vigtig del af regeringens svar på at nå de planlagte CO₂-reduktioner, men teknologien er fortsat relativ ny og der er mangel på gode metoder til effektivt at monitorere udslip og monitorere integriteten af underjordiske lagringssteder. Inden for energisektoren er der behov for innovative løsninger inden for materialer (solceller, brændselsceller og PtX-membraner) og brændsler (hydrogen, ammoniak, ethanol m.v.), hvilket skaber efterspørgsel på nye metrologiske løsninger til *in-situ* kvalitetskontrol i produktionen og regulative spektroskopiske målestandarder ifm. afbrænding. Derudover er der en stigende efterspørgsel på innovative og robuste teknologier til krævende temperaturmålinger, hvilket er essentielt for effektiviteten af store energilagringssystemer, energieffektivisering af industriel højtemperaturproduktion af bl.a. glas, isolering og cement samt distribueret monitorering af fremtidens højspændingskabler fra havvindmølleparker.

Mål år 2: Testfacilitet etableret til kalibrering af fiberoptiske akustiske- og termometriske sensorer med anvendelser i fx CCS og energinettet.

- Mål år 3: Hybrid testfacilitet etableret til nanoelektrisk karakterisering og kalibrering af materialer og komponenter til fx elektrolyse, PtX, batterier, solceller m.v.
- Mål år 4: Facilitet etableret til sporbar kalibrering af lavfrekvent akustik i området 1-10 Hz med anvendelse i vindmølleindustrien.

Pharma udvikling og produktion

Inden for medicinal- og fødevarerindustrien opleves tiltagende skærper af de miljømæssige krav til produktionsfaciliteterne. Der kræves fx "nul-registrering" af luftbårne mikroorganismer i den farmaceutiske industri, hvilket er tidskrævende og dyrt at påvise med konventionelle vækstbaserede metoder. Som alternativ er optiske bio-partikelmålere, som fungerer i realtid, begyndt at vinde frem, men standardiserede og sporbare metoder og referencer mangler for at disse kan tages i brug i stor skala. Sundhedssektoren og fødevarerindustrien efterspørger derudover nye og forbedrede diagnostiske metoder som kan påvise bakterieforekomster og -type, hvilket kan resultere i store økonomiske besparelser og en mere målrettet medicinering. DFM vil etablere nye diagnosticeringsmetoder ved at hybridisere komplimenterende spektroskopiteknikker som fx impedansspektroskopi, Raman-spektroskopi og fluorescensspektroskopi. Der er ydermere et generelt behov for nye biomekaniske standarder til kalibrering af medicinsk udstyr anvendt til vævsprøvning, hvilket DFM vil adressere med udviklingen af nye referencematerialer og kalibreringsmetoder.

- Mål år 2: Fluorescensmikroskop med optisk sporbarhed etableret ved DFM.
- Mål år 3: Mindst 3 cases gennemført baseret på hybridmetrologi til fx bakteriemåling.
- Mål år 4: Fluorescerende referencepartikler udbydes som ny ydelse.

Fotoniske chips

Halvlederindustrien har været stærkt definerende for den teknologiske udvikling igennem de sidste årtier, og med den nye verdenssituation er det nødvendigt med lokal udvikling af kritiske teknologier. Den næste revolution af mikrochipteknologi forventes at komme fra integrationen af fotoniske kredsløb og komponenter (engelsk: photonic integrated circuit (PIC)), som fx vil resultere i mere energieffektive højhastighedsdatacentre, nye supercomputere til anvendelser inden for kunstig intelligens og miniaturisering af optiske komponenter. Denne integration kræver dog først en modning af fotoniske chips, hvilket denne indsats vil arbejde imod i tæt samarbejde med det danske netværk af SMV'er og universiteter samt internationale partnere fra USA i form af bl.a. Fermilab og NIST. Foruden videnhjemtagning fra dette netværk, styrkes denne nye GTS-indsats markant gennem DFM's nyerhvervelse af et molecular-beam-epitaxy (MBE) anlæg, som vil blive brugt til produktion af testemner samt påvisning af efterspurgte metoder til online proceskarakterisering og kontrol.

- Mål år 1: Etablering af dedikeret teststation ved DFM til karakterisering af fotoniske chips.
- Mål år 3: In-situ proceskarakterisering ifm. fabrikation af fotoniske chips.

Indsatsområdets værdiskabelse kvantificeres ved følgende indikatorer og tilhørende mål:

	Indikatorer (måltal er for hele perioden medmindre andet er angivet)	Mål
1	Nye ydelser	29
2	Møder med målgruppen om nye emner	105
3	Møder og sparring med brancheorganisationer, klynger, myndigheder m.v.	23
4	Vidensspredningsaktiviteter i form af bidrag ved fx nationale konferencer, seminarer, workshops, webinarer, videomaterialer m.v.	18
5	(Med)arrangør af afholdte konferencer, workshops, messer, webinarer o. lign.	8
6	Publicerede beretninger om cases med målgruppen (antal)	13
7	Nye F&U ansøgninger (antal)	46

8	heraf internationale (e.g. Horizon Europe, Eurostars, m.v.)	23
9	Nye F&U projektmidler til DFM (mio. kr.)	24
10	Standardiseringsudvalg og arbejdsgrupper med DFM-deltagelse (antal/år)	2
11	Publikationer i internationale 'peer-review' tidsskrifter, resultater fra sammenligninger, patenter og nye standarder.	29
12	International videnhjemtagning i form af gæsteophold (dage)	115

2. Relevans og potentiale

Adgang til kalibreringer og referencematerialer på højeste sporbarhedsniveau er vigtig for at danske produktionsvirksomheder kan sikre international sammenlignelighed af deres produkter og ydelser og derved tilgå globale eksportmarkeder. Med udgangspunkt i DFM's kernekompetencer i akustik, elektrokemi, termometri, geometri, nanometrologi og fotonik, vil indsatsen være med til at sikre at danske virksomheders aktuelle og fremtidige metrologibehov dækkes inden for forskellige sektorer. Indsatsområdets aktiviteter er udarbejdet på baggrund af dialog med målgrupperne herunder følgegruppemøder, en-til-en møder og BedreInnovation.dk. Foruden de tre fokusområder allerede nævnt under pkt. 1 (og detaljeret nedenfor), er der på DFM tiltagende aktivitet på rum- og satellitområdet, bl.a. i form af flere ESA-projekter den sidste årrække. For at komplimentere den danske rumstrategi¹, arbejdes bl.a. på optiske laserteknologier og spektroskopiteknikker, som kan anvendes til at forbedre nøjagtigheden af GPS-baseret satellitteknologi samt forstærke vores forståelse af de atmosfæriske forandringer på Jorden.

Jordens klima er nemlig fortsat en af vores største samfundsmæssige udfordringer, og Danmark er et af de lande som kan, og skal, gå forrest for at finde grønne- og bæredygtige løsninger på den lange bane. Igennem den europæiske grønne pagt² har vi som nation forpligtet os til at opnå klimaneutralitet om ca. 25 år, og på nationalt plan har dette udmøntet sig i konkrete love³, planer⁴, og strategier⁵, med tilhørende delmål om en 70-% reduktion for CO₂e-udledninger sammenlignet med 1990-niveauet i 2030. At være foregangsland på klimafronten nødvendiggør teknologisk innovation, og formodes at skabe økonomisk vækst i danske teknologi- og produktionsvirksomheder, der kan være med til at løse problematikken på internationalt plan. En parallel udvikling af komplimenterende metrologividen og -services er en nødvendighed for at etablere teknologiernes modenhed og målemetodernes troværdighed. Her vil DFM spille en central rolle, hvilket på BedreInnovation.dk blev understøttet af 41 kommentarer omhandlende energi-, klima- og miljøteknologi.

Danmark er en life science-nation og landets økonomi er stærkt afhængig af virksomhederne inden for lægemiddel, bio- og med-tech industri. Ifølge erhvervsministeriets analyse i 2023 har Danmark i det seneste årti haft rekordhøje tal for life science-eksport, skattebetalinger og en beskæftigelsesvækst på +25% fra 2008 til 2020⁶, den højeste blandt samtlige europæiske nationer. Dog skærpes den internationale konkurrence, og, som argumenteret for i en nylig rapport fra Erhvervsministriet⁷, bør teknologiudvikling og innovation sættes i højsædet, hvis Danmark skal bevare styrkepositionen i fremtiden og samtidig opnå en frigørelse af personaleressourcer i et presset sundhedsvæsen. Dette gør sig især gældende i den del af økosystemet, som består af universitet-start-ups og SMV'er, hvor Danmark p.t. sakker bagud i forhold til andre life science-regioner. Denne indsats kan styrkes ved at

¹ Danmarks nationale strategi for rummet, Regeringen, 2021.

² The European Green Deal, 2019.

³ Klimaloven, Lov om Klima, 2020.

⁴ "Danmarks Nationale Energi og Klima Plan 2024", 2024. "Køreplan for et grønt Danmark"; Regeringen, 2021

⁵ Klimaprogram 2023; Klima- Energi- og Forsyningsministeriet, 2023.

⁶ Life science-industriens økonomiske fodaftryk; Erhvervsministeriet, 2023.

⁷ Life Science Rådets anbefalinger til regeringens kommende strategi for life science, Erhvervsministeriet, 2023.

forstærke den omkringliggende infrastruktur hos fx DFM, som kan stille højteknologisk metrologiinfrastruktur til rådighed, fungere som sparrings- og projektpartner og hjælpe med måletekniske metoder, udvikling af testprotokoller, metrologisk sporbarhed, usikkerhedsberegninger og regulative krav. Relevansen af denne aktivitet understøttes af 38 tilbagemeldinger på BedreInnovation.dk, som ser positivt på DFM's udvidede aktivitet i life science.

Siden indeværende resultatkontraktperiode startede i 2021, har de geopolitiske forhold ændret sig markant med krigene i Ukraine og Mellemøsten samt en opstået handelskrig mellem USA og Kina. Dette skifte har naturligt resulteret i et øget forsvars- og sikkerhedspolitisk fokus både i Danmark⁸ og i Europa⁹. Desuden er det blevet klart at vi ikke kan tillade Fjernøsten monopolagtige positioner på vigtige teknologier og ressourcer. Herunder hører blandt andet halvleder- og mikrochipindustrien, der anses for at være en kritisk teknologi både i europæisk regi under den Europæiske Chips Act¹⁰ og i nationalt regi ifølge en nylig strategi fra udenrigsministeriet¹¹. Den seneste udvikling inden for mikrochipteknologi peger imod de fotoniske chips, hvis integration med eksisterende mikrochips danner fotoniske integrerede kredsløb (PICs), som har et kæmpe potentiale i relation til højkapacitets- og energieffektive datacentre samt højtydende supercomputere til fremtidens kunstige intelligens. Fotonisk chipteknologi, som endvidere kan lede til minituariserede komponenter til brug i satelliter samt nedbringe energiforbruget fra optisk kommunikation, er blandt Danmarks største forskningsmæssige styrkepositioner, hvilket allerede har resulteret i flere danske start-ups. På DFM har vi en bred kontaktflade med aktørerne inden for fotoniske chips og PICs, som med 20 kommentarer på BedreInnovation.dk også har detaljeret vigtigheden af igangsættelsen af en metrologisk indsats i feltet.

3. Markedssvigt og konkurrencesituation

Med dette indsatsområde opbygges metrologividen, som resulterer i etableringen af nye internationalt sammenlignelige kalibreringsydelser. Som NMI er det DFM's primære opgave at varetage metrologi på det højeste nationale sporbarhedsniveau, hvorfor DFM's eksistensgrundlag i sig selv minimerer risikoen for uønsket konkurrenceforvridning. I langt de fleste tilfælde vil det heller ikke være muligt for andre danske aktører at etablere tilsvarende ydelser på samme måleevne-niveau som ved DFM. Dette skyldes ikke mindst DFM's position i det europæiske metrologinetværk, som tillader de internationale sammenligninger, der er en forudsætning for etableringen af metrologiske ydelser på højeste niveau, men er også et resultat af DFM's unikke faciliteter og metrologikompetencer.

Over halvdelen af forskningsreserven for 2024 er øremærket til klimadagsordenen og den grønne omstilling¹². Dette er, om noget, en politisk hensigtserklæring om at klimakampen er en dansk "must-win-battle". Metrologiekspertise og generel understøttelse af rammevilkårene for de små- og mellemstore innovative virksomheder er essentielt for en effektiv udnyttelse af milliarderne fra forskningsreserven. Bl.a. efterspørger virksomheder inden for grønne brændsler baseret på brint, ammoniak eller biogas, måletekniske kompetencer, der kan sikre kvaliteten af deres teknologi, produktion og transport. Aktører inden for carbon storage har brug for måletekniske metoder til at monitorere intaktheden og kapaciteten af opbevaringssites, aflægge dokumentation, og kvantificere størrelsen af eventuelle uønskede udslip; og produktionsvirksomheder af nye grønne energimaterialer efterspørger in-line karakteriseringsmetoder der kan hjælpe med kvalitetssikring.

Med store succesfulde virksomheder ledt an af Novo Nordisk, ser det på overfladen ikke ud som om der er brug for en indsprøjtning af offentlige midler inden for bio- og life science. Som nævnt i afsnit 2

⁸ "Udenrigs- og sikkerhedspolitisk strategi", Regeringen, 2023. "Dansk sikkerhed og forsvar frem mod 2035", 2022. "Vilje og evne til at tage ansvar", Forsvarsministeriet, 2022.

⁹ European Industrial Defense Strategy (EDIS), 2023.

¹⁰ European Chips Act, 2023.

¹¹ Strategi for teknologisk diplomati, Udenrigsministeriet, 2024.

¹² Aftaler om fordeling af forskningsreserve mv. i 2024, 2023.

halter Danmark dog efter andre life-science nationer mht. antallet af patentansøgninger og start-ups pr. 1.000 publikationer¹³. Denne skævvridning i økosystemet er bekymrende, og skyldes delvist de stramme adgangskrav i form af godkendelser og kvalitetsovervågning, samt betydelige investeringsbehov mht. dyre instrumenter og kvalificerede medarbejdere. SMV'erne er også særligt udfordrede mht. at besidde alle de nødvendige avancerede teknologiske kompetencer. Dette udgør en generel markedsfejl for højteknologiske SMV'er, som denne indsats vil bidrage til at udligne.

Der er, på trods af den klare europæiske strategi, p.t. ingen målrettet dansk GTS-indsats inden for nye mikrochipteknologier. Da standardiserede metrologiske metoder er nødvendige for at opnå en effektiv skalering af udvikling og produktion¹⁴, er dette en væsentlig markedsfejl, som søges adresseret med dette indsatsområde. Ud af de danske GTS-institutter har DFM de bedste kompetencemæssige forudsætninger for at varetage denne rolle, hvilket også er blevet understøttet af de forskellige danske aktører bl.a. på BedreInnovation.dk. Kompetenceudvikling inden for fotoniske chips og PIC's er desuden en del af DFM's langsigtede strategi og satsning (se pkt. 7), og der er p.t. en tæt kontakt mellem DFM og de øvrige danske aktører, med DTU Nanolab i spidsen, angående etablering af en fælles dansk forskningsindsats omkring fotoniske chips.

I løbet af perioden for indsatsområdet vil DFM kontinuerligt overvåge markedssituationerne inden for de tre aktivitetsområder.

4. Videnspredning og inddragelse i indsatsområdet

Sammensætning af følgegruppen

I den kommende RK-periode vil indsatsområdet operere med en følgegruppe på mindst 12 deltagere, således at der for hver af de 3 fokusområder som udgangspunkt bliver tilknyttet mindst 4 eksperter og/eller erhvervsfolk med etableret industrielt netværk. Der vil for følgegruppen blive etableret en offentlig LinkedIn gruppe, som vil håndtere annonceringer af aktivitetsspecifikke følgegruppemøder og fungere som en ekstra videnspredningskanal for historier og nyheder.

Strukturelt forventes den eksisterende DFM-følgegruppe videreført ind i denne følgegruppe. Denne består overordnet af to virksomhedsrepræsentanter, én universitetsrepræsentant og én repræsentant fra klyngeorganisationer, GTS-netværket eller Dansk Industri for hver af de to fokus områder hhv. "Grøn omstilling" og "Sundhed". Repræsentationen inden for "Fotoniske chips" vil blive struktureret på samme måde.

Der vil årligt blive afholdt to til tre følgegruppemøder, hvorpå gruppens medlemmer vil blive brugt som strategiske sparringspartnere, der kan hjælpe med manøvreringen i de forskellige fokusområder, give feedback på fokusområdernes fremgang, hjælpe med at prioritere aktiviteter og potentielt afhjælpe teknologisk aktivitetsoverlap med andre GTS-aktiviteter. Desuden vil følgegruppen, og dennes netværk, udgøre en vigtig kontakthoved til målgrupperne, og en kerneaktivitet for følgegruppemedlemmerne vil være at identificere nye stakeholders til DFM's aktiviteter.

Inddragelse af målgrupperne

Målgrupperne inddrages i gennemførelsen af indsatsområdet gennem en række forskellige tiltag. Først og fremmest inviteres repræsentanter fra målgruppen til DFM-afholdte workshops og fokusgrupper, som giver mulighed for feedback på fremdrift, dybdegående diskussioner samt planlægning af fremtidigt samarbejde. Målgruppens involvering udgør et kvalitetsstempel, og det er derfor essentielt at en eller flere deltagere fra målgruppen inddrages i implementeringen af hver aktivitet hørende til indsatsområdet. Involveringen sikrer også at de udviklede ydelser kan testes tidligere i udviklingsfasen og der kan blive forventningsafstemt i forhold til metoder og krav til målenøjagtighed. Foruden

¹³ "Economic Footprint of the Life Science Industry in Denmark", 2023; "Untap the Startup Potential - A comparative review of the Danish life science Startup Ecosystem", DAMVAD Analytics, 2022.

¹⁴ Kommentarer på BedreInnovation.dk fra NVIDIA Denmark og Swiss PIC.

gennemførelse af virksomhedscases kan samarbejde med målgruppen også etableres igennem eksternt finansieret projekt- og forskningssamarbejde (se pkt. 6).

Videnspredning vil, udover deling af nyhedshistorier, bestå i udvikling af ydelser, fælles forskningsprojekter med målgruppen, publicering af forskningsresultater i videnskabelige tidsskrifter samt præsentationer givet ved konferencer og faglige seminarer. Dette vil i så vid udstrækning som muligt blive gjort i samarbejde med målgruppen. Formidlingen af indsatsområdets resultater til målgruppen vil derudover foregå gennem deltagelse i faglige netværk, industriorienterede videnspredningsevents og via de relevante klyngeorganisationer (se nedenfor). Kvantitative mål for videnspredning findes i tabellen under pkt. 1.

Samarbejde med klyngeorganisationer

På DFM vil vi i kommende RK-periode arbejde endnu tættere sammen med de danske klyngeorganisationer, som udfører et stort medierende arbejde for at etablere netværk mellem alle de danske aktører i de teknologiske fødekæder. De relevante klynger for nærværende kontrakt er *Energy Cluster Denmark*, *CenSec – Center for Defense, Space & Security*, *Clean – Danmarks vand- og miljøklynge*, *Danish Sound Cluster*, *Food & Bio Cluster Denmark* og *Danish Life Science Cluster*¹⁵, og det vil fortsat være det primære fokus at bidrage med ekspertviden inden for metrologi samt at agere som bro mellem universiteterne og industrien. Klyngerne varetager en kernerolle i forhold til at styrke og forbinde de enkelte økosystemer, hvorfor samarbejde med disse er helt essentielt både i forhold til samarbejde og arbejdsdeling. I de tidligere RK-perioder har DFM deltaget i flere succesfulde samarbejdsprojekter i klyngeregion, fx projektet ”CCSmon”, og i den kommende periode vil vi styrke denne indsats og også indgå i samarbejdsprojekter i regi af CenSec og Danish Life Science Cluster.

5. Nyhedsværdi og ambitionsniveau

Forskning ifm. indsatsområdet foregår med et højt internationalt ambitionsniveau, hvilket underbygges af DFM's store, og gradvist voksende, nationale- og internationale forskningsnetværk. Indsatsområdet fik således på BedreInnovation.dk henholdsvis 41 kommentarer fra universitetsansatte og 18 kommentarer fra NMI'er og andre videninstitutter. Videnhjemtagning, faglig sparring og samarbejde med dette store forskningsnetværk bestående af universiteter og udenlandske NMI'er er desuden helt essentielt for en effektiv udnyttelse af DFM's ressourcer.

Aktiviteterne tager i mange tilfælde udgangspunkt i kompetencer udviklet i løbet af de foregående RK-perioder, hvilket markant minimerer risici mht. succesfuld gennemførelse af ansøgningens mål og delmål. At aktivitetsforslag ofte baserer sig på teknologisk infrastruktur som allerede er etableret på DFM, såsom AFM, optisk spektroskopi og skatterometri, sænker også barriererne for at indfri aktiviteterens mål. Dette er i mindre grad tilfældet for delaktiviteten omhandlende fotoniske chips, som først blev påbegyndt i den nuværende resultatkontraktperiode (2021-2024). Dog har en håndfuld medarbejdere en forskningsmæssig baggrund inden for netop dette område, og der er fra DFM's side allerede etableret stærke samarbejdsaftaler både nationalt (DTU Nanolab, NQCP, Copenhagen Quantum Foundry, KU og AU) og internationalt (fx NIST, Fermilab, NPL og Chalmers). Dette netværk vil, bl.a. gennem eksterne gæsteophold, være med til at sikre at de planlagte aktiviteter kan gennemføres med fokus på faglighed og kvalitet. Desuden er der på DFM p.t. en høj grad af stabilitet i medarbejderstaben hvilket gør det muligt at fastholde fokus på at etablere kompetence- og netværksoverlap, som er med til at sikre vedligeholdelsen af instituttets faglige profil.

Sundhedssektoren er blandt de mest konservative sektorer når det gælder anvendelse af ny teknologi, hvilket repræsenterer en udviklingsmæssig barriere. Metrologisk forskning på internationalt plan og tilhørende standardisering er et vigtigt udgangspunkt før ny teknologi kan blive accepteret som praksis. Derudover, er der en tendens til at flere og flere metrologiske serviceydelser bliver udviklet som on-

¹⁵ Kommentarer på BedreInnovation.dk fra Energy Cluster Denmark, Clean og CenSec.

site kalibrering, hvilket kan besværliggøre arbejdet med at etablere de pågældende ydelser. Det kan derfor være en barriere at opnå tilstrækkelig adgang til de nødvendige eksterne faciliteter, hvorfor interessen i etableringen nødvendigvis må være drevet af kunderne.

Teknologiske serviceydelser forventes markedsmodne og etableret løbende igennem den kommende resultatkontraktperiode. Aktiviteternes kompleksitet betyder dog at ydelserne først vil begynde at nå markedsmodenhed fra indgangen af andet år i kontraktperioden, hvorefter der forventes at blive etableret nye serviceydelser kontinuerligt i alle tre kerneaktiviteter.

6. Kobling til forsknings- innovations- og erhvervsfremmesystemerne

DFM er i 2024 aktiv partner i 25 forskningsprojekter inden for de 3 fokusområder. Partnerne tæller de danske universiteter AU, DTU, KU, SDU samt en række danske virksomheder, klyngeorganisationer, udenlandske universiteter, videninstitutioner og virksomheder, andre GTS'er samt NMI'er. Inden for indsatsområdets aktiviteter forventer DFM at øge antallet af projektsamarbejdspartnere med yderligere mindst 48 organisationer fx gennem internationale og nationale projekter. Flere igangværende forskningsprojekter (se pkt. 9) vil blive videreført i dette indsatsområde.

Erhvervsfremme i Danmark

Inden for landets grænser samarbejder DFM især med de danske universiteter, højteknologiske virksomheder, klyngeorganisationer (se afsnit 4) og øvrige GTS-institutter.

Blandt relevant universitetssamarbejde¹⁶ kan bl.a. nævnes AU (fotoniske chips, metrologi til bløde materialer*, biomaterialer*), DTU Electro (fotoniske chips*, fiberoptiske sensorer*, solceller), DTU Kemi (molekylær spektroskopi og imaging), DTU Energi (energimaterialer), DTU Nanolab (integreret optik*), SDU (molekylær spektroskopi og imaging), KU (materialekarakterisering*) og RUC (sundhed*). Desuden planlægges etableringen af nyt samarbejde med AAU (droneteknologi) og KU (fluorescens og fotoniske chips). Kontakten til universiteterne søges styrket i den kommende periode og der planlægges p.t. 1-2 DFM-ansatte Ph.d.-studerende i samarbejde med universiteter.

Forsknings- og innovationsrelaterede aktiviteter i regi af erhvervsfremmesystemet foregår især i samarbejde med klyngeorganisationer (se pkt. 4) og øvrige GTS-institutter. Der arbejdes, på DFM, tættest sammen med Force Technology (FT) og Teknologisk Institut (TI) inden for klima og grøn omstilling, hvor der påtænkes flere fælles aktiviteter i de kommende år. Dette involverer bl.a. monitorering og brug af ammoniak som grøn energikilde (FT+TI), metrologiske kapaciteter inden for carbon capture, utilization and storage (CCUS) (FT+TI), fiberoptiske temperaturmålinger på bl.a. højspændingskabler og energilagre (TI) og målemetoder relateret til renheden af skibsbrændsler (FT+TI). Herudover har der med FT været indledende diskussioner vedr. samarbejde inden for mikrochipteknologi og sensorteknologi.

Standardiseringsmæssigt vil DFM, inden for rammerne af dette indsatsområde, i første omgang fokusere på deltagelse i komiteerne *ISO TC 24/SC4 Particle Characterization*, som er pharma- og renrumsrelateret, og *IEC TC 113 Nanotechnology for electrotechnical products and systems*, som er relevant både inden for grøn omstilling og life science. Derudover overlapper forskningaktiviteter fra dette indsatsområde delvist med flere standardiseringsaktiviteter fra de to øvrige indsatsområder "Metrologisk Infrastruktur" og "Metrologi for kvanteteknologi".

Internationalt samarbejde

Internationalt har DFM et tæt samarbejde med de øvrige NMI'er og har årligt forskningssamarbejder med disse gennem EURAMET's program *European Partnership on Metrology* (EPM). Både små og store danske virksomheder har mulighed for at deltage i disse projekter som finansierede partnere, og

¹⁶ Teknologiområder markeret med "***" indikerer samarbejde opstartet i indeværende RK-periode (2021-2024).

DFM har i flere omgange haft succes med at inkludere danske virksomhedspartnere, som dermed kan være med til at præge den metrologiske dagsorden og samtidig få adgang til den nyeste metrologividen.

For at forankre resultater fra afsluttede EPM-projekter, og desuden styrke en fælles og organiseret Europæisk metrologisk indsats, har EURAMET søsat det *Europæiske Metrologinetværk* (EMN). Her er der i alt oprettet 12 forskellige EMN-grupper, som hver dækker et emne, der er strategisk vigtigt på europæisk plan. Med særlig relevans for dette indsatsområde er DFM repræsenteret i *EMN for Clean Energy*²³ (hvor DFM er vice-chair), og *EMN for Energy Gases*. Disse netværk er fokuseret på grøn omstilling og klimadagsordnen, og DFM kan derfor være med til at sikre ensrettethed og synergi mellem europæiske tiltag i EMN-regi og danske aktiviteter igennem Energy Cluster Denmark.

Fokus på eksterne midler fra programmer og puljer

På DFM holdes aktivt øje med deadlines for både danske- og europæiske puljer, som kan bruges til at opnå en gearing af midlerne fra resultatkontrakt. Blandt de europæiske programmer monitoreres Horizon Europe programmet (2021-2027), de Europæiske Partnerskaber i Metrologi (EPM), ESA-programmer, den europæiske forsvarsfond (EDF), og diverse EUREKA programmer som fx Eurostars og netværksprojekter. Hertil kommer danske programmer hos Innovationsfund Danmark (IFD), de forskellige udvikling- og demonstrationsprogrammer (xUDP), innovations- og videnbro-samarbejdsprojekter i klyngeregi samt tematiske puljer fra fx Novo Nordisk Fonden og Villum fonden. Næsten alle de ovennævnte puljer og programmer søges på årlig basis af DFM og dette sker altid i samarbejde med enten danske SMV'er, danske universiteter eller andre GTS-institutter.

7. Sammenhæng med instituttets strategi og afsæt i instituttets ressourcer

Indsatsområdets sammenhæng med DFM's strategi

Som detaljeret i DFM's strategiplan for perioden 2025-2028¹⁷, indgår fokusområderne "*Grøn omstilling*", "*Pharma produktion og udvikling*" og "*Mikrochipteknologi*", som centrale elementer i instituttets fremtidige strategi. Metrologi til klimaomstillingen og sundhedssektoren er tilbagevendende aktivitetsområder, som der på DFM har været fokus på igennem en årrække. Derimod er mikrochips, herunder fotoniske chips, et nyt strategisk fokus som vedrører en ny- og kritisk teknologi med enormt fremadrettet potentiale inden for både supercomputing, satellitteknologi, kunstig intelligens og optiske kvanteteknologier (se: "Sammenhæng med andre indsatsområder"). Med en fokuseret indsats på at etablere en dedikeret testfacilitet og nye metrologiske kompetencer som målgruppen efterspørger, vil DFM rette op på den manglende GTS-indsats på området.

Kompetencer, faciliteter og organisation

DFM's ekspertise inden for bl.a. elektrokemi, fotonik, akustik og nanometrologi, kombineret med et stærkt og veletableret internationalt forskningsnetværk, udgør et stærkt fundament til at etablere fremtidens metrologiløsninger til den grønne omstilling og dansk life science-industri. Etableringen af en dedikeret GTS-indsats i fotoniske chips er stærkt afhængig af metrologiske kompetencer inden for fotonik og nanometrologi, hvorfor DFM er den oplagte kandidat. Med vores nyerehvervede MBE-anlæg, og nyansættelsen af flere forskere med ekspertviden, står DFM unikt positioneret til at drive metrologisk innovation i relation til fotoniske chips og fremtidens PIC-teknologi.

Sammenhæng med andre indsatsområder

Aktiviteterne i nærværende ansøgning er tæt forbundet med aktiviteter i "Metrologisk Infrastruktur", hvilket sikrer effektiv brug af DFM's eksisterende infrastruktur og kapacitet i forskningsøjemed og en samtidig forankring af metrologisk forskning i den fremtidige infrastruktur. Endvidere er der god synergi med indsatsområdet "Metrologi for kvanteteknologi", da fotoniske chips forventes en stærkt understøttende rolle for skaleringen og modningen af optisk baserede kvanteprodukter. Modsat forventes kvantesimulatorer bl.a. at kunne bidrage til opdagelsen af nye grønne og bæredygtige materialer samt innovative lægemidler, optiske ure kan realiseres effektivt og billigt med fotoniske

¹⁷ DFM's strategi for perioden 2025-2028, afsnit 1.3.1.

mikroresonatorer på en chip og kvantesensorer kan forbedre diagnostisk kapacitet i realtid.

8. Konkrete aktiviteter

Baseret på dialoger med målgrupperne, og forventet samfundsmæssig værdiskabelse, følger herunder planlagte aktiviteter for nærværende indsatsområde.

Grøn omstilling

Avanceret grøn energiproduktion¹⁸: Producenter af grønne energiprodukter efterspørger karakteriseringsmetoder, til realtids kvantificering af produktionskvaliteten. DFM vil udvikle *in-situ* hyperspektral karakterisering af organiske solceller, brændselsceller, PtX-membraner og antirefleksive solcellebelægnings i roll-2-roll produktion. Nanometrologiske mikroskopiteknikker baseret på fx SEM, (C-)AFM og KPFM, udvikles til at karakterisere nye batteri- og PtX-materialer.

Metrologi til CCS¹⁹: Operatører af CO₂-lagre har et uopfyldt behov mht. at dokumentere fravær af lækage ved CO₂-lagring og -transport. Derfor udvikles optiske spektroskopimetoder til kvantificering af CO₂-udslip vha. isotopforhold, samt fiberoptisk detektion af mikroseismisk aktivitet ifm. lagringen.

Renhed af grønne brændsler²⁰: Transportsektoren står for ca. 20% af global CO₂e-emission og det er langt fra trivielt at elektrificere fx shippingsektoren, som konstant mødes af skærpede regulativer. Hertil udvikles spektroskopiske metoder til måling af drivhusgasser og NO_x-affaldstoffer i skibsemission.

Akustisk metrologi til lavfrekvente støjmålinger²¹: Menneskeskabt støj er blandt de hyppigste årsager til stress, med betydelige sundhedsmæssige følger og udgifter. Lavfrekvent støj fra vindmøller, trafik- og industri er dog vanskeligt at måle og eksisterende sporbarhed dækker ikke lavfrekvensområdet ned til 1 Hz. Derfor etablerer DFM sporbarhed til kalibrering af lavfrekvente lydmålere i området 1-10 Hz.

Termometri i barske omgivelser²²: El-distributører og industrier med højtemperaturprocesser har i forbindelse med energieffektivisering, udfordringer med at anvende konventionelle kontakttermometre fx pga. elektromagnetiske felter og barske målemiljøer. Der udvikles derfor alternative målemetoder i form af kontaktfri strålingstermometri til forbedret kontrol af højtemperaturprocessor og fiberoptisk termometri med anvendelser i højtemperatur energilagring og monitorering af højspændingskabler.

Pharma udvikling og produktion

Etablering af standarder til blodstof-metrologi²³: Bio- og sundhedssektoren efterspørger standarder til kalibrering af diagnostiseringsudstyr anvendt til vævsprøvning. DFM vil udvikle nye strukturelle gel-baserede referencematerialer og kalibreringsmetoder for adhæsion og mekaniske egenskaber.

Hybridspektroskopi til bakteriemåling²⁴: Sundhedssektoren og fødevarerindustrien efterspørger effektiv diagnosticering af bakterieforekomster og -identificering. Via kombinationer af forskellige spektroskopimetoder, fx kontaktfri impedansspektroskopi, Raman spektroskopi, infrarød spektroskopi og fluorescensspektroskopi, vil DFM udvikle nye metoder til at kvantisere bakterie-forekomst og -type.

Måling af luftbårne organismer i farmaceutiske produktionsmiljøer²⁵: Grundet skærpede regulatoriske krav, er der et voksende behov i den farmaceutiske industri for at forbedre *in-situ* detektion af levende organismer i produktionsmiljøer. DFM vil udvikle et sporbart fluorescensmikroskop og fluorescerende referencepartikler til brug ved on-site kalibrering af bio-partikeltællere. Nye nanooptiske målemetoder kombineret med specialdesignede mikrofluidsystemer udvikles til kvantificering af partikelstørrelser.

¹⁸ Kommentar på BedreInnovation.dk fra FOM Technologies, Fluence Energy og KEP Technologies.

¹⁹ Kommentarer på BedreInnovation.dk fra GEUS og NORDUnet.

²⁰ Kommentar på BedreInnovation.dk fra A.P. Møller-Mærsk og Instrumatic EMI.

²¹ Kommentar på BedreInnovation.dk fra Hottinger Brüel & Kjær og NPL.

²² Kommentarer på BedreInnovation.dk fra HOFOR og Energinet.

²³ Kommentar på BedreInnovation.dk fra PTB, Coloplast og Aarhus Universitet.

²⁴ Kommentar på BedreInnovation.dk fra Odense Universitetshospital, CPH Nanosystems og DTU Health.

²⁵ Kommentar på BedreInnovation.dk fra European Science Foundation og Novo Nordisk Engineering.

Metrologi til højfrekvente gener i høreapparater²⁶: Producenter i høreapparatsindustrien efterspørger måle- og testmetoder til at sikre undertrykkelsen af højfrekvente gener fra deres transducere. Der udvikles derfor en sporbar reference til måling af højfrekvent (ultralyd) fra høreapparater.

Fotoniske chips

Online proceskarakterisering og -kontrol²⁷: Produktionsfaciliteter af fotoniske chips og PICs mangler i høj grad avancerede metoder til online validering af deres fabrikationsprocesser. DFM vil kombinere *in-situ* karakterisering i form af ellipsometri, skatterometri og optisk spektroskopi med det nyere hervede MBE-system, for at forbedre proceskontrollen under produktion af fotoniske chips.

Nanometrologiske tests og produktion af fotoniske chips: Fabrikationsdefekter i form af strukturelle ujævnheder og manglende reproducerbarhed er p.t. den dominerende tekniske barriere i forhold til markedsmodenhed. Ved brug af nanometrologisk karakterisering med AFM, SEM, ellipsometri og skatterometri, udvikles nye metoder til strukturel karakterisering af egenproducerede fotoniske chips.

Etablering af testfacilitet til fotoniske chips²⁸: Funktionalitetstest af fotoniske chips er meget ressourcekrævende, og der mangler metrologiske og statistiske metoder til at sikre sammenlignelighed blandt de forskellige aktører. DFM vil derfor etablere en testfacilitet til at funktionsteste fotoniske chips med henblik på at udvikle standardiserede testmetoder for diverse kritiske parametre, herunder fx lineære tab, koblingseffektivitet og optisk ulinearitet.

I alt 18 igangværende projekter vil bidrage med ekstern finansiering af indsatsområdets aktiviteter fra starten af 2025. Her følger en liste med de projekter som samlet vil bidrage med mere end 250 kkr.:

- QualSurfe, Quality monitoring system for roll-to-roll fabricated functional surfaces and multilayer structures (Eurostars, 659 kkr.)
- NANORAM, Emerging Nanotools for Soft Matter Characterization/Manipulation (ITN, 1635 kkr.)
- xDDiff, Multidimensional optical diffusion for the measurement of appearance (EPM, 803 kkr.)
- BioAirMet, Standardisation of bioaerosol monitoring for air quality and climate (EPM, 803 kkr.)
- UVSOLAR, Ultra-Violet supercontinuum sources and pulsed lasers for the solar cell and semiconductor industry (IFD, 1615 kkr.)
- MAIBAI, Developing a metrological framework for assessment of image-based Artificial Intelligence systems for disease detection (EPM, 410 kkr.)
- INFOTherm, Integrated European research, calibration and testing infrastructure for fibre-optic thermometry (EPM, 418 kkr.)
- MaritimeMet, Metrology for green maritime shipping: Emission control through traceable measurements and machine learning approach (EPM, 773 kkr.)
- CCSmon, AUV operated CO₂ analyzer for offshore CCS monitoring (Eurostars, 1208 kkr.)
- MbSENS, Multi bacteria Sensing to enhance wound healing (Eurostars, 515 kkr.)

²⁶ Kommentarer på BedreInnovation.dk fra WSAudiology og Hottinger Brüel & Kjær.

²⁷ Kommentar på BedreInnovation.dk fra SPIO Systems.

²⁸ Kommentarer på BedreInnovation.dk fra Topsil GlobalWafers og UV Medico.