

Mål og ambitioner for de danske medlemskaber af internationale forskningsfaciliteter

September 2023



Udgivet af Uddannelses- og Forskningsstyrelsen
Haraldsgade 53
2100 København Ø
Tel.: 7231 7800
ufs@ufm.dk
www.ufm.dk

Publikationen kan hentes på ufm.dk/publikationer

ISBN (elektronisk publikation): 978-87-94128-73-5

Mål og ambitioner for de danske medlemskaber af internationale forskningsfaciliteter

September 2023

Indhold

Sammenfatning	6
Indledning	7
Baggrund og formål med de strategiske mål	8
Det fremtidige arbejde med målplanerne	12
Tema 1: Overordnede sigtelinjer for udvikling af faciliteterne	14
Fastholdelse af videnskabelig førerposition	15
Økonomisk bæredygtighed	16
Øget involvering af medlemslandenes forskere	16
Tema 2: Videnskabeligt udbytte	18
Videnskabelig anvendelse af medlemskab	19
Fastholdelse af højt forskningsfagligt niveau	20
Udvidelse af brugermiljøer	20
Tiltrækning af nye brugergrupper	21
Øget samspil med faciliteter	22
Tema 3: Uddannelse og Innovation	23
Øget fokus på uddannelse	24
Højteknologiske leverandørvirksomheder	25
Øget anvendelse i erhvervslivet	26
Iværksætteri og kommercialisering af forskning	26
Tema 4: Forskningspolitiske mål for medlemskaberne	28
Fri og effektiv adgang til data	29
Bæredygtig drift	29
Udvikling af teknologier der kan løse globale samfundsudfordringer	30

Ligestilling	30
--------------	----

Bilag: Målplaner	32
-------------------------	-----------

Målplan for medlemskaber af CERN	33
Målplan for medlemskaberne af ESO, NOT og ESA	48
Målplan for EMBL/EMBO	62
Målplan for ITER	75
Målplan for ESS/ILL	89
Målplan for medlemskabet af EuXFEL	104
Målplan for medlemskabet af ESRF	117

Sammenfatning

Denne rapport tager udgangspunkt i Danmarks medlemskaber af de ni, internationale forskningsfaciliteter; ESO, CERN, ILL, ESRF, ESS, EMBL, XFEL, ESA¹ og ITER.

Der opstilles i rapporten en række strategiske mål og sigtelinjer for udbyttet og anvendelsen af hver af faciliteterne. Disse mål og sigtelinjer omfatter en bred vifte af forhold, der har betydning for den samlede anvendelse af medlemskaber, og redegør for ambitionerne for den fremtidige anvendelse og udbytte af faciliteterne.

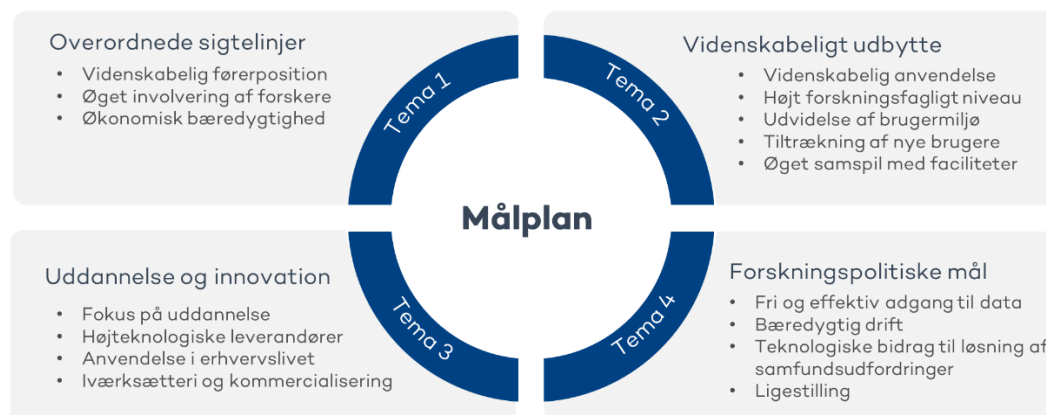
De strategiske mål opdeles inden for fire følgende hovedtemaer:

1. Overordnede sigtelinjer for udvikling af forskningsfaciliteten.
2. Videnskabelig anvendelse og udbytte af medlemskaberne.
3. Betydning af medlemskaberne for uddannelse og innovation.
4. Betydning af medlemskaberne ift. at understøtte forskningspolitiske mål.

Under hvert hovedtema identificerer rapporten en række tværgående emner – som går igen på tværs af faciliteternes opstillede mål. Hovedtemaerne og de tværgående emner er gengivet i nedenstående illustration.

Figur 0.1

Hovedtemaer og tværgående emner.



Kilde: UFM.

De opstillede mål for faciliteterne indeholder en række gode ambitioner for både udviklingen af selve faciliteterne og de danske brugermiljøer brug af disse – samt for kommende indsatsområder og samspil med politiske mål og strategier. Målplanerne for faciliteterne vil desuden udgøre en vigtig rolle og rettesnor i en kommende indsats med henblik på at varetage og udvikle de danske medlemskaber bedst muligt.

¹ ESA medlemskabet er delt i en obligatorisk og frivillig del. I dette dokument tages udgangspunkt i det obligatoriske medlemskab.

Indledning

Uddannelses- og Forskningsstyrelsen har i samarbejde med det Nationale Udvalg for Forskningsinfrastruktur besluttet at opstille strategiske mål for Danmarks medlemskab af ni internationale forskningsfaciliteter.

Forskning er i stigende grad betinget af adgang til avanceret forskningsinfrastruktur. Hovedparten af disse forskningsinfrastrukturer findes på de danske universiteter, men i nogle tilfælde er det nødvendigt at opbygge så avancerede og ressourcekrævende forskningsfaciliteter, at et enkelt land ikke kan løse opgaven alene. Danmark er derfor medlem af ni store, internationale forskningsinfrastrukturer. Det drejer sig om faciliteterne: ESO, CERN, ILL, ESRF, ESS, EMBL, XFEL, ESA² og ITER.

Medlemskabet af de ni forskningsfaciliteter giver danske forskere adgang til verdens største og mest avancerede forskningsanlæg inden for fusionsforskning, molekylærbiologi, partikel- og astrofysik, og materialeforskning. Medlemskaberne spiller en afgørende rolle for, at danske forskere kan gennemføre deres forskning på de pågældende forskningsområder.

Samtidig udgør medlemskaberne en betydelig post på det danske forskningsbudget. Danmark bidrager hvert år med ca. 640 mio. kr. i medlemsbidrag til de ni forskningsinfrastrukturer (se tabel 1).

Uddannelses- og Forskningsstyrelsen (UFS) har løbende fokus på hvordan og i hvilket omfang Danmark og dansk forskning får mest muligt udbytte af medlemskaberne. På den baggrund besluttede UFS og Nationale Udvalg for Forskningsinfrastruktur (NUFI) i 2021 at gennemføre et såkaldt "målplansprojekt". Projektet har til formål at opstille strategiske mål og sigtelinjer for udbyttet og anvendelsen af de store internationale forskningsfaciliteter.

² ESA medlemskabet er delt i en obligatorisk og frivillig del. I dette dokument tages udgangspunkt i det obligatoriske medlemskab.

Tabel 1.1

Danske medlemskaber af internationale forskningsfaciliteter

Organisation	Organisations navn	Forskningsområde	Dansk bidrag 2022 (mio. kr.)
CERN	Det Europæiske Center for Højenergifysik	Partikelfysik	141,0
ESO	Det Europæiske Sydobservatorium	Astrofysik	28,4
ESA obl.	Den Europæiske Rumorganisation	Astrofysik	123,3
EMBL	Det Europæiske Molekylærbiologiske Laboratorium	Molekylærbiologi	19,3
EUXFEL	Den Europæiske Fri-Elektron Røntgenlaserfacilitet	Materialeforskning	10,1
ILL	Institut Laue-Langevin	Materialeforskning	12,1
ESS	European Spallation Source	Materialeforskning	295,3
ESRF	Den Europæiske Synkrotronfacilitet	Materialeforskning	12,5
ITER	International Thermonuclear Experimental Reactor	Energiforskning	0,3 (104,5)
Total			642,03 (746,8)

Anm.: Danmarks årlige direkte bidrag til ITER sker gennem den europæiske organisation Fusion For Energy (F4E). Hovedparten af udgifterne til F4E kommer fra EU's budget. Det angivne beløb i parentes er den beregnede danske andel af F4E's budget (på baggrund af Danmarks bidrag til EU's budget).

Baggrund og formål med de strategiske mål

UFS har i de seneste år gennemført et større udviklingsarbejde med henblik på at styrke anvendelsen og udbyttet af de internationale medlemskaber. Der er bl.a. udarbejdet tre større analyser/kortlægninger, som belyser anvendelsen og medlemskabernes betydning for dansk forskning, uddannelse og innovation (se følgende tekstboks).

Analyserne viser, at de internationale medlemskaber er en vigtig forudsætning for, at danske forskere kan bedrive forskning på højeste internationale niveau og bidrager til at løfte kvaliteten af dansk forskning. Herudover viser analyserne, at de fem følgeforskningscentre (se følgende tekstboks), der organiserer de danske brugere, spiller en central rolle for at understøtte den danske anvendelse af forskningsfaciliteterne.

Analyserne viser yderligere, at der er flere områder, hvor der er betydelige forbedringsmuligheder. Dette gælder eksempelvis omfanget af den videnskabelige anvendelse af flere faciliteter samt medlemskabernes betydning ift. uddannelse og innovation. Endvi-

dere peges der på, at der mangler tydelige mål og strategier for anvendelse og udnyttelse af de enkelte faciliteter.

Analyser og kortlægninger af de internationale medlemskaber

UFM har siden 2017 gennemført tre større analyser/kortlægninger omkring udbytte og anvendelse af de internationale medlemskaber. Det drejer sig om:

Udbytteanalyse fra 2017/18

Analysen havde fokus på det danske udbytte af de internationale medlemskaber og viste, at medlemskaberne har stor positiv indflydelse på kvaliteten af dansk forskning, samt at danske forskningsartiklers impact er meget højt. Yderligere blev det konkluderet, at anvendelsen af medlemskaberne i visse sammenhænge var ad-hoc præget, og at der manglede tydelige mål og strategier for, hvordan medlemskaberne varetages.

<https://ufm.dk/publikationer/2019/udbyttet-af-danmarks-medlemskaber-af-store-internationale-forskningsinfrastrukturer>

Evaluerings af følgeforskningscentrene fra 2019

Evalueringen konkluderede, at følgeforskningscentrene giver betydelig værdi for få midler, da centrene samler forskningsmiljøerne og skaber dialog mellem forskerne og UFM om udnyttelsen af medlemskaberne. På baggrund af panelets anbefalinger blev der i 2021 oprettet to følgeforskningscentre for medlemskaberne af hhv. EMBL/EMBC og ITER/F4E.

<https://ufm.dk/publikationer/2021/review-of-the-danish-model-for-researchsupporting-activities>

Kortlægning af de danske brugermiljøer fra 2020

Kortlægningsrapporten giver en samlet præsentation af omfanget og karakteren af den videnskabelig anvendelse af otte internationale forskningsfaciliteter. Endvidere beskriver kortlægningen størrelsen og sammensætningen af de videnskabelige brugermiljøer. Kortlægningen viser også, at der er en række betydelige potentialer for at udvide den danske anvendelse af de internationale forskningsfaciliteter.

<https://ufm.dk/publikationer/2021/kortlaegning-af-danske-brugermiljoer-af-internationale-forskningsfaciliteter>

Opstilling af strategiske mål og målplaner

Det er på den baggrund ambitionen, at der skal opstilles en række strategiske mål og ambitioner for den fremtidige anvendelse og udbytte af de ni internationale forskningsfaciliteter. De strategiske mål omfatter en bred vifte af forhold, der har betydning for den samlede anvendelse og udnyttelse af hvert enkelt medlemskab. For hver af de ni forskningsfaciliteter er der udarbejdet en såkaldt "målplan", hvori der opstilles strategiske mål inden for følgende fire hovedtemaer:

1. Overordnede sigtelinjer for udvikling af forskningsfaciliteten.

2. Videnskabelig anvendelse og udbytte af medlemskaberne.
3. Betydning af medlemskaberne for uddannelse og innovation.
4. Betydning af medlemskaberne ift. at understøtte forskningspolitiske mål.

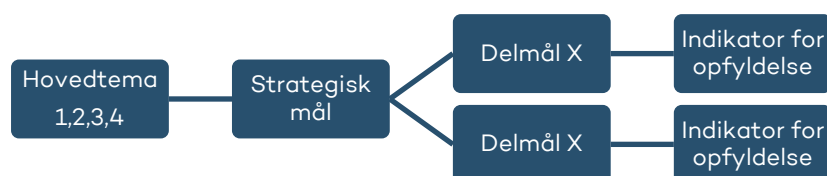
De fire hovedtemaer vil blive udfoldet i de næste kapitler.

For hver af de fire hovedkategorier er der fastsat et strategisk mål, der skitserer de overordnede ambitioner for udbytte og anvendelse i de kommende fem år. For hvert strategisk mål opstilles ét eller flere delmål, som er nødvendige for at opnå de overordnede målsætninger. Dette drejer sig eksempelvis om mål for den konkrete anvendelse af den enkelte facilitet eller mål for udviklingen af et brugermiljø.

Endeligt er der for hvert delmål opstillet én eller flere kvantitative indikatorer, der kan benyttes til at monitorere i hvilket omfang det lykkedes at opnå de strategiske mål og delmål.

Figur 1.1

Illustration af målplanens opbygning.



Rammer for de strategiske mål

Ved opstilling af de strategiske mål er der lagt vægt på, at de som udgangspunkt ikke fører til yderligere bevillinger fra UFM. Det er således udgangspunktet for projektet, at der fra statslig side ikke afsættes flere midler til de ni medlemskaber, end det allerede er tilfældet i dag, f.eks. i form af betaling af de danske medlemsbidrag samt bevillinger til de fem følgeforskningscentre og BigScience.dk.

Følgeforskningscentre

Der er etableret fem følgeforskningscentre, som organiserer de nationale videnskabelige miljøer og understøtter bedst muligt dansk udnyttelse af internationale forskningsfaciliteter:

DANEMO organiserer de molekylærbiologiske forskeres anvendelse af EMBL/EMBO. Fokus på information om muligheder ved EMBL/EMBO samt støtte til EMBL-rejser.

<https://projects.au.dk/danemo/>

DANfusion er følgeforskningscenter for danske fusionsforskere. Organiserer deltagelse i ITER/F4E samt danske forskeres brug af det europæiske fusionsforskningsprogram.

<https://www.danfusion.dk/>

DanScatt er følgeforskningscenter for neutron-, synkrotron- og røntgen-laserforskere, herunder ESS, ILL, EUXFEL og ESRF. Støtter bl.a. danske rejser til forskningsfaciliteter.

<https://danscatt.dk/>

IDA er følgeforskningscenter for de danske astrofysikere, der bl.a. anvender faciliteterne ESO, ESA og NOT.

<https://phys.au.dk/ida>

NICE er følgeforskningscenter for de danske højenergifysikere, der anvender CERN. Støtter bl.a. rejser til CERN og betaler en række udgifter til deltagelse i CERN-eksperimenter.

<https://nice.ku.dk/>

Individuelle mål for de enkelte faciliteter

De ni forskningsfaciliteter er, ud over at være etableret på meget forskellige fag- og forskningsområder, kendetegnet ved at være organiseret meget forskelligt. Ligeledes befinder de ni faciliteter sig på meget forskellige stadier i deres livscyklus. Flere faciliteter har således været i drift i årtier, mens andre stadig er under konstruktion. Dette skaber vidt forskellige muligheder og forudsætninger for den danske anvendelse og udnyttelse af medlemskaberne.

De strategiske mål er derfor som udgangspunkt individuelle og tager afsæt i de forhold og forudsætninger, som kendetegner den enkelte facilitet og det danske brugermiljø. Endvidere findes der i nogle tilfælde endnu ikke de nødvendige data for at kunne opstille kvantitative indikatorer. I sådanne tilfælde vil de fem følgeforskningscentre få til opgave at identificere og eventuelt også udvikle de nødvendige indikatorer i løbet af det kommende års tid.

Der er udarbejdet én målplan for medlemskaberne af ESO og ESA. Det skyldes, at der er et meget stort overlap mellem brugermiljøerne for de to faciliteter. Det samme er tilfældet for faciliteterne ESS og ILL, hvor der ligeledes er et overlap.

Involvering og inddragelse af aktører

Det har været en vigtig forudsætning, at de strategiske mål er forankret blandt de centrale aktører på det forsknings- og innovationspolitiske område, herunder universiteter, og videnskabelige miljøer. Udarbejdelsen af de strategiske mål er derfor sket i et aktivt samarbejde med interessenter, der har viden eller interesse for udviklingen af de ni forskningsfaciliteter.

Herudover har de fem følgeforskningscentre, der organiserer de videnskabelige miljøer, spillet en aktiv rolle i forbindelse med opstillingen af de strategiske mål. Hvert følgeforskningscenter har således udarbejdet et første udkast til "målplaner" for de ni faciliteter. Dette udkast har dannet udgangspunktet for den efterfølgende dialog med såvel UFS som repræsentanter for universiteterne.

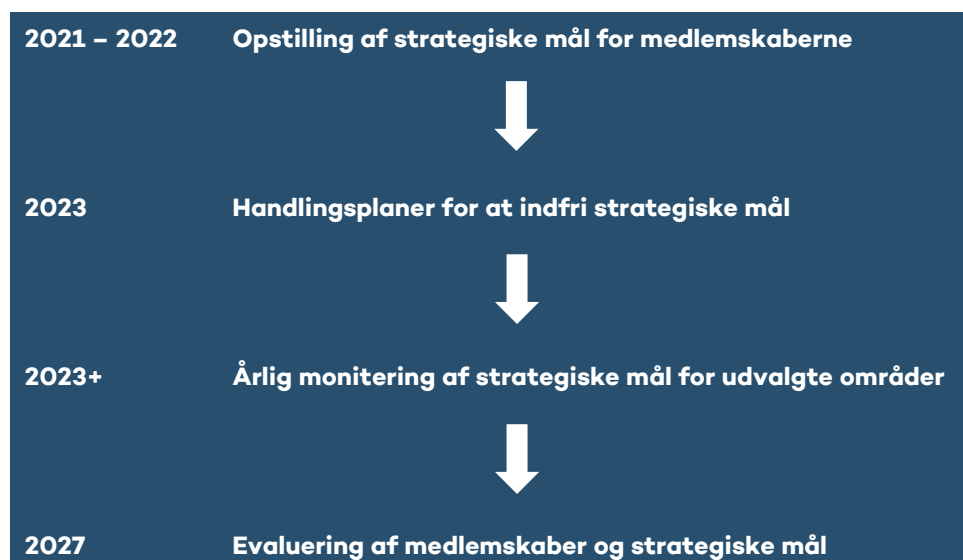
Det fremtidige arbejde med målplanerne

Det er ambitionen, at de strategiske mål skal være med til at skabe en større tydelighed og retning for de danske interesser ift. det enkelte medlemskab. Det er således forventningen, at de strategiske mål og underliggende delmål kan bruges som rettesnor for varetagelsen og udviklingen af de danske medlemskaber.

Det er derfor målsætningen, at der med afsæt i de strategiske mål efterfølgende skal udarbejdes handleplaner for, hvordan det er muligt at indfri de opstillede mål. De fem følgeforskningscentre vil, i samarbejde med UFS, få til opgave at udarbejde en handleplan inden udgangen af 2023, der angiver, hvordan de strategiske mål søges opfyldt.

Figur 1.2

Proces for anvendelse af strategiske mål



Det er endvidere intentionen, at målplanernes kvantitative indikatorer skal bruges til løbende at monitorere hvordan og i hvilket omfang, de strategiske mål bliver indfriet. Følggeforskningscentrenes årlige afrapporteringer til UFS vil derfor fra 2023 gøre status ift. opfyldelsen af udvalgte mål. Hvis der på sigt konstateres en større divergens mellem de opstillede målsætninger og opnåede resultater, vil dette give anledning til en dialog om udfordringer for faciliteterne og mulige løsninger.

Endeligt vil der i 2027 blive igangsat en evaluering af udbyttet af de danske medlemskaber. Denne evaluering vil tage afsæt i de strategiske mål, der er opstillet til hver forskningsfacilitet.

Tema 1: Overordnede sigtelinjer for udvikling af faciliteterne

I dette kapitel udfoldes temaet om de overordnede, strategiske sigtelinjer for de ni internationale forskningsfaciliteter, som Danmark er medlem af. Der er identificeret tre emner, som gør sig gældende på tværs af faciliteternes målplaner.



De internationale forskningsfaciliteter er store forskningsorganisationer med en meget lang levetid, og som derfor gradvist udvikles og opgraderes. Danske delegerede i faciliteternes styrende organer skal løbende tage stilling til en lang række af større eller mindre beslutninger, der har stor betydning for facilitetens udvikling.

Hidtil har der, for hovedparten af de internationale medlemskaber, ikke eksisteret en dansk strategi eller holdning til hvordan den enkelte facilitet bør udvikles. Dette medfører, at den danske interessevaretagelse i nogen tilfælde har været "ad hoc-præget", og at der i flere tilfælde ikke har været taget stilling til de langsigtede danske interesser på det pågældende område. Det er på den baggrund ambitionen, at opstillingen af strategiske mål for de internationale medlemskaber skal bidrage til at sætte retningen for den danske interessevaretagelse. På denne måde kan de strategiske mål bl.a. anvendes som et konkret styringsværktøj for UFS's tilsyn og forvaltning af de enkelte medlemskaber.

Det er vigtigt at understrege, at Danmark for flere af medlemskaberne kun råder over en meget begrænset ejerandel (Danmark har i flere faciliteter en stemmeandel på 1-2 pct.). Det betyder, at det fra dansk side ikke kan bestemmes hvordan og i hvilket omfang de forskellige mål skal indfries. Men erfaringen viser, at vi som lille land kan have stor indflydelse på faciliteterne, hvis vi har en klar ide om, hvordan faciliteten bør udvikles. Det er ambitionen, at de opstillede mål kan bidrage til skabe en øget tydelighed omkring de danske prioriteter for udviklingen af de enkelte faciliteter.

I det følgende beskrives de vigtigste overordnede sigtelinjer for de ni internationale forskningsfaciliteter, som Danmark er medlem af. Der er identificeret tre tværgående emner, der går igen fra facilitet til facilitet:

- Fastholdelse af videnskabelig førerposition
- Øget involvering af medlemslandenes forskere
- Økonomisk bæredygtighed

Fastholdelse af videnskabelig førerposition

De ni internationale forskningsfaciliteter er alle kendetegnet ved at være blandt de absolut bedste og mest avancerede forskningsfaciliteter på deres forskningsfelter. Det er en tværgående ambition for hovedparten af medlemskaberne at bevare denne globale førerposition i fremtiden.

I målplanerne for ESRF, EMBL, EuXFEL, ESS og CERN er der således opstillet eksplicitte mål eller delmål om at forblive eller udvikle faciliteternes videnskabelige position i det internationale forskningslandskab. De konkrete målsætninger adskiller sig mellem de enkelte faciliteter, men på tværs af de fem medlemskaber fremhæves, at der fra dansk side vil være fokus på at fastholde og udvikle faciliteternes videnskabelige førerposition.

For ESRF, EuXFEL og ESS er det således en strategisk målsætning, at de tre faciliteter enten skal fastholde eller udvikle sig til verdens førende faciliteter på hver deres område. Herudover er der opstillet en række supplerende delmål, som specificerer, hvordan de tre faciliteter skal opnå denne position. For ESS, ESRF og ESO/ESA er fokus særligt at færdiggøre de igangværende konstruktions- eller opgraderingsaktiviteter. For EuXFEL fokuseres der på at færdiggøre den igangværende indkøring af anlægget, således at faciliteten kan leve op til de oprindelige specifikationer, som blev fastsat forud for påbegyndelsen af konstruktionsaktiviteterne i 2009.

For EMBL er ambitionen i høj grad knyttet til facilitetens nye videnskabelige program. Målet er, at EMBL med afsæt i dette program kan udvikle en række aktivitetsområder og på den måde fastholde sin position som internationalt fyrtårn for den molekylærbiologiske forskning.

For CERN tages der ligeledes udgangspunkt i facilitetens videnskabelige program, som skal vedtages i den kommende årrække. Ambitionen er, at CERN med afsæt i dette program kan udvikle facilitetens videnskabelige niveau samt fastholde sin position som globalt center for højenergifysik.

Det bemærkes, at der ikke er opstillet særskilte mål for at fastholde den videnskabelige førerposition for faciliteterne ITER, ILL, ESO og ESA. For ILL skyldes dette, at der endnu ikke er taget stilling til hvordan og i hvilket omfang faciliteten videreføres efter 2032, når den nuværende budgetperiode udløber. For ITER handler det om, at faciliteten først vil være operationel efter 2027, og indtil da vil følge den eksisterende konstruktionsplan. For ESO handler det om at faciliteten er i gang med at bygge det nye "Extremely Large Telescope", der vil blive verdens største optiske teleskop, som vil sikre at ESO også i den kommende årrække vil være førende inden for denne type observatorier. Endeligt er

der ikke opstillet mål for ESA, da det er indlejret i det videnskabelige program, at der skal udvikles nye teknologier for de videnskabelige missioner.

Økonomisk bæredygtighed

Økonomisk bæredygtighed er en anden målsætning, der går igen i målplanerne for de internationale medlemskaber. Målsætningen betyder, at der fra dansk side vil være særligt fokus på, at faciliteterne drives og udvikles inden for de eksisterende budgetrammer, og at de årlige medlemsbidrag ikke stiger ud over de allerede fastlagte rammer. Dette betyder bl.a., at den fortsatte udvikling af de enkelte faciliteter i udgangspunktet skal finansieres inden for den eksisterende bevillingsramme.

Danske delegerede vil derfor i udgangspunktet ikke kunne støtte opgraderinger eller udviklingsprojekter, der kræver finansiering, som ligger ud over de nuværende finanslovsbevillinger til faciliteterne.

Der bemærkes, at det i ekstraordinære sammenhænge kan vise sig nødvendigt, at danske delegerede godkender udgifter, der ligger ud over det fastsatte driftsbudget. Eksempelvis fordi igangværende konstruktionsaktiviteter er blevet forsinket. Det vil dog kræve en særskilt godkendelse i UFM.

Øget involvering af medlemslandenes forskere

Gennem den seneste årrække, er der opstået en stigende erkendelse i det europæiske forskningslandskab om, at et øget samspil og samarbejde mellem faciliteter og de nationale brugermiljøer kan styrke både faciliteterne, virksomheder og forskningsmiljøer i medlemslandene. For faciliteterne handler dette særligt om, at man kan trække på den meget store viden og erfaring, der findes blandt medlemslandenes forskningsmiljøer. For de nationale forskningsmiljøer kan et øget samarbejde medvirke til at opbygge en unik viden om en bestemt teknologi eller instrument, der gør det lettere at udnytte de videnskabelige muligheder på faciliteterne.

Flere faciliteter har aktivt søgt at involvere medlemslandenes forskere og virksomheder i forbindelse med opgraderinger eller konstruktioner af videnskabeligt udstyr. Det er ikke mindst tilfældet i forbindelse med konstruktionen af ESS og EuXFEL, hvor såkaldte in-kind-bidrag har udgjort en betydelig del af de samlede konstruktionsaktiviteter. I andre tilfælde har faciliteterne søgt at involvere medlemslandenes forskergrupper i forskellige drifts- eller udviklingsaktiviteter. Dette er bl.a. tilfældet på CERN og til dels også EMBL.

Det er derfor ambitionen i hovedparten af målplanerne at øge samspillet mellem facilitet og medlemslandenes forskere. Det gælder faciliteterne EMBL, EuXFEL, ESS, ESO, ESA og CERN, hvor der er opstillet separate delmål om, at faciliteternes udviklings- og opgraderingsaktiviteter i stigende omfang skal gennemføres i et aktivt samarbejde med medlemslandenes forskergrupper.

Når det gælder ESS er der eksempelvis en ambition om, at en større del af facilitetens aktiviteter (herunder også driftsaktiviteter) gennemføres i samarbejde med medlemslandenes forskergrupper.

I målplanerne for CERN, EMBL og EuXFEL er der fokus på faciliteternes forsknings- og udviklingsaktiviteter. Det er her en dansk prioritet, at faciliteternes forsknings- og udviklingsaktiviteter i stigende omfang gennemføres i samspil og samarbejde med medlemslandenes forskere. For ESO og ESA er det målsætningen, at danske forskere i øget omfang får mulighed for at deltage i udviklingen af nye instrumenter til de to faciliteters observatorier/satellitmissioner.

Tema 2: Videnskabeligt udbytte

I dette kapitel udfoldes temaet om videnskabeligt udbytte. Der præsenteres en række tværgående emner vedrørende det videnskabelige impact og udbytte forbundet med danske forskeres anvendelse af de internationale faciliteter.



Forskernes adgang og anvendelse af de videnskabelige faciliteter er den primære årsag til, at Danmark er medlem af de ni forskningsfaciliteter. Til trods for dette har der hidtil ikke været opstillet entydige mål for den danske anvendelse og udbytte af de enkelte faciliteter. Det har derfor været vanskeligt at vurdere, om det videnskabelige udbytte stod mål med de betydelige danske bidrag til faciliteterne. Derfor har det videnskabelige udbytte af de internationale medlemskaber en helt central placering i de enkelte målplaner.

Med målopstillingsprojektet er det ambitionen, at der identificeres en række mål og delmål for den fremtidige videnskabelige anvendelse og udbytte af de ni internationale medlemskaber. Der er i den forbindelse identificeret en række indikatorer, der går igen fra facilitet til facilitet:

- Videnskabelig anvendelse af medlemskab.
- Fastholdelse af højt forskningsfagligt niveau.
- Udvidelse af brugermiljø.
- Tiltrækning af nye brugere.
- Øget samspil med faciliteter.

Videnskabelig anvendelse af medlemskab

Det er vigtigt, at danske forskere får udnyttet og anvendt de internationale medlemskaber fuldt ud. Derfor er det et af de centrale mål for alle ni medlemskaber, at den videnskabelige anvendelse eller udnyttelsen af faciliteten matcher de årlige danske økonomiske bidrag.

For EuXFEL, ESRF, ILL, ESS og ESO er det forholdsvist simpelt at bestemme den videnskabelige anvendelse. Disse faciliteter udbyder en afgrænset mængde af eksperimentel tid, der fordeles mellem medlemslandenes forskere på baggrund af en forskningsfaglig vurdering. Mængden af eksperimentel tid, der tildeles danske forskere, udtrykker derfor den videnskabelige anvendelse af faciliteten. For de fem faciliteter er det derfor målsætningen, at andelen af den eksperimentelle tid, der tildeles danske forskere, svarer til det årlige danske bidrag til faciliteten.

På EuXFEL, ESRF og ILL overstiger den danske anvendelse i betydeligt omfang det danske bidrag, og den danske anvendelse bliver derfor begrænset af faciliteterne. For at få dækket behovet for eksperimentel tid på synkrotron-, neutron- og røntgen-laserfaciliteter har danske forskere i en lang årrække haft tradition for at anvende en række nationale faciliteter. Det er i den sammenhæng målsætningen, at danske forskere fortsætter med at anvende disse faciliteter på samme niveau som i dag.

Når det gælder de øvrige medlemskaber (ITER, EMBL, ESA og CERN) kan det være vanskeligere at bestemme omfanget af den videnskabelige anvendelse. Dette skyldes ikke mindst, at anvendelsen af disse medlemskaber er mere forskelligartet og omfatter en bredere vifte af anvendelsesmuligheder. Dette er bl.a. tilfælde for EMBL, der tilbyder et stort antal services og samarbejdsmuligheder for danske forskere. Det er derfor målsætningen, at fastholde den nuværende anvendelse af EMBL's forskellige infrastrukturer og services samt det omfattende samarbejde mellem EMBL og danske forskere. Det er imidlertid ambitionen, at øge det danske hjemtag af forskellige stipendier.

I forhold til ITER er faciliteten endnu ikke færdigbygget, og det er derfor endnu ikke relevant at opstille mål for den danske anvendelse. I stedet er målet, at det relative danske hjemtag af F4E's³ forskningsmidler matcher den danske andel af EU-budgettet.

ESA gennemfører en række forskellige aktiviteter på det astrofysiske område, herunder opsendelse af rumbaserede observatorier. Der findes imidlertid ikke tilgængelige data over den videnskabelige anvendelse af ESA. Det er derfor målsætningen, at der i løbet af 2023/2024 udarbejdes en opgørelse af denne anvendelse (eksempelvis deltagelse i missioner, observationstid og brug af data). Der skal på den baggrund opstilles et konkret mål for den fremtidige videnskabelige anvendelse, der matcher størrelsen af det danske bidrag til ESA.

For CERN har den danske anvendelse i løbet af en årrække været stagnerende. Den danske anvendelse af CERN er således noget mindre end man kunne forvente, når man sammenligner med flere af de øvrige medlemslande. Det er på den baggrund ambitionen, at universiteter, brugermiljø og UFS i løbet af 2023 vil udarbejde en særskilt strategisk plan for den fremtidige udvikling og anvendelse af CERN samt hvordan det danske brugermiljø kan udvikle sig.

³ Fusion for Energy (F4E) er en europæisk organisation der har til formål at administrere Europas bidrag til ITER.

Fastholdelse af højt forskningsfagligt niveau

Medlemskaberne har stor betydning for kvaliteten af dansk forskning. De publikationer, som danske forskere udgiver på baggrund af deres arbejde på faciliteterne, har i mange tilfælde en betydeligt højere impact, end det er tilfældet for gennemsnittet af europæiske forskere, der har anvendt samme facilitet. Det er på den baggrund ambitionen at de internationale medlemskaber også i fremtiden skal bidrage til, at sikre et højt forskningsfagligt niveau i de danske brugermiljøer.

Det er en fælles målsætning for alle ni medlemskaber, at fastholde det høje forskningsfaglige niveau, som har kendetegnet de danske brugermiljøer og deres anvendelse af medlemskaberne. Konkret er det ambitionen at fastholde samme høje impact for de publikationer (målt ved antal citationer) der offentliggøres af danske forskere på baggrund af deres videnskabelige arbejde på forskningsfaciliteterne.

Det bemærkes, at der er i de enkelte målplaner er forskel på, hvordan den forskningsfaglige kvalitet opgøres. Det skyldes blandt andet, at der ikke tidligere har været gennemført publikationsanalyser for alle af de ni medlemskaber (er tilfældet for ESA, ITER, ESS og EuXFEL). Følgforskningssentrene vil på den baggrund udarbejde forslag til, hvordan det forskningsfaglige impact af forskernes publikationer kan monitoreres for disse faciliteter.

Udvidelse af brugermiljøer

For en stor del af medlemskaberne, er der gennem årene opbygget et både kompetent og omfangsrigt brugermiljø. "Brugeranalysen" fra 2020⁴ indikerede imidlertid, at der var et betydeligt potentiale for at udvide eller udvikle flere af de danske brugermiljøer. Dette udviklingspotentiale er også afspejlet i de enkelte målplaner. For seks (ESRF, EMBL, EuXFEL, ESS/ILL og ITER) ud af de i alt ni internationale medlemskaber er det således ambitionen at øge antallet af forskere, der benytter faciliteterne i 2027.

De største udvidelsespotentialer findes for EuXFEL, ESS/ILL og ITER, hvor det er målsætningen, at brugermiljøerne øges med mere end 50 pct. i den kommende årrække. Baggrunden for disse udvidelser er meget forskellig. For ITER er det vurderingen, at der i den kommende årrække opstår en række muligheder ift. udvikling af ny fusionsreaktor "DEMO", som giver muligheden for at udvide brugermiljøet med omkring 50 pct. For ESS/ILL er det målet i den danske ESS-strategi, at der samlet skal ske en tredobling i antallet af danske neutronbrugere i perioden fra 2015 til 2027. Der er allerede sket en betydelig forøgelse fra 90 neutronbrugere i 2015 til 160 brugere i 2021, men det er ambitionen, at dette antal øges til omkring 270 frem mod åbningen af ESS i 2027.

For EuXFEL er det vurderingen, at antallet af brugere vil kunne tredobles frem mod 2027. EuXFEL er en ny eksperimentel teknik (faciliteten åbnede i 2017), der hidtil kun har været anvendt af få danske forskere. Dog er det forventningen, at den eksperimentelle teknik rummer så store videnskabelige potentialer, at der i de kommende år vil ske en tredobling af antallet af brugere fra ca. 16 brugere i 2019/20 til omkring 50 brugere i 2027.

⁴ <https://ufm.dk/publikationer/2021/kortlaegning-af-danske-brugermiljoer-af-internationale-forskningsfaciliteter>

Når det gælder ESRF og EMBL eksisterer der allerede meget betydelige brugermiljøer (ca. omkring 600 EMBL-brugere og ca. 480 brugere af ESRF og de øvrige synkrotronfaciliteter). Det er alligevel vurderingen, at der i de kommende år vil være basis for en mindre udvikling af brugermiljøerne. På EMBL er det forventningen, at væksten vil ske gennem øget anvendelse af facilitetens stipendieprogrammer samt en øget involvering i det nye videnskabelige program. På ESRF er det forventningen, at der i de kommende år vil være basis for at tiltrække en række brugere inden for forskningsområder, der hidtil ikke har anvendt synkrotronspredning – eksempelvis inden for sundsvidenskaberne samt humaniora.

For brugermiljøet omkring ESO/ESA er det vurderingen, at der ikke vil være grundlag for at ændre på størrelsen af brugermiljøet. For CERN-brugermiljøet vil der blive nedsat en arbejdsgruppe, der skal undersøge de fremtidige udviklingsmuligheder for såvel brugermiljøet som den videnskabelige anvendelse af CERN.

Tiltrækning af nye brugergrupper

Den forventede udvidelse af brugermiljøerne for ESRF, EMBL, EuXFEL, ESS/ILL, CERN og ITER vil hovedsageligt ske gennem en faglig og/eller geografisk udvidelse af brugermiljøerne.

Brugermiljøerne for ITER, EuXFEL, EMBL og CERN er eksempelvis koncentreret omkring et eller to universiteter. Således findes stort set alle brugerne af ITER og EuXFEL på DTU, mens brugerne af CERN (eksperimentelle brugere) og EMBL i meget stort omfang findes på KU og AU. Det er imidlertid vurderingen, at de fire faciliteter også er interessante for forskere på de øvrige universiteter. Det er på den baggrund ambitionen, at der i de kommende år skal ske en geografisk udbredelse af brugermiljøerne, således at forskere fra de øvrige universiteter i stigende omfang bliver en del af brugermiljøet

Samtidig med, at det er ambitionen at skabe en større geografisk/institutionel udbredelse af brugermiljøerne, er det også ambitionen at udvide brugermiljøet ved at tiltrække brugere fra forskningsområder, der ikke hidtil har anvendt faciliteten. For ESRF, EuXFEL og ESS/ILL, er det således vurderingen, at de eksperimentelle teknikker på faciliteterne rummer så store videnskabelige potentialer, at forskere uden for det traditionelle brugermiljøer i stigende omfang vil begynde at anvende faciliteterne. For ESRF og synkrotronområdet drejer det sig eksempelvis om forskere inden for præklinisk forskning, palæontologi og arkæologi. For ESS/ILL er det ambitionen, at forskere inden for Life Science, engineering og geologi i stigende omfang vil begynde at benytte neutronspredning i deres forskning. Endeligt er det forventningen, at forskere inden for strukturbologi, imaging og kemi i stigende grad vil begynde at benytte EuXFEL.

For EMBL handler den faglige udvikling af brugermiljøet i stort omfang om det nye videnskabelige program, som blev vedtaget 2021. Programmet indebærer en kraftig forøgelse af EMBL's budget, og det betyder, at EMBL i de kommende år vil opdyrke en række nye forskningsaktiviteter inden for bl.a. biologiske økosystemer. Det skaber nye muligheder for at tiltrække forskere uden for de traditionelle EMBL-forskningsmiljøer (strukturbologi og bioinformatik).

For CERN og ITER vil der i de kommende år været øget fokus på udvikling af eksperimentelle teknikker på de to områder. Det er på den baggrund vurderingen, at der på

begge faciliteter vil arbejdes for at involvere forskere fra det tekniske område med henblik på at udvikle nye teknologiske løsninger. Det er yderligere ambitionen, at brugermiljøerne i stigende omfang vil omfatte tekniske forskere.

Øget samspil med faciliteter

Danske forskeres samspil og samarbejde med faciliteterne kan i mange tilfælde være med til at øge det videnskabelige udbytte af medlemskabet. Erfaringerne fra eksempelvis ESRF og ESO viser således, at når danske forskere deltager i faciliteternes udviklingsaktiviteter (bl.a. i form af instrumentudvikling) skaber det en række fordele. Både med hensyn til at lette danske forskeres adgang til et konkret instrument eller teknik på faciliteten, men også fordi danske forskere får mulighed for at drage fordel af de højspecialiserede videnmiljøer, der er opbygget på forskellige forskningsfaciliteter.

Det er derfor en ambition for flere af medlemskaberne, at samspillet eller samarbejdet med faciliteterne enten skal øges eller fastholdes på samme høje niveau som det er tilfældet i dag. Det gælder for EMBL, ITER, ESS, ESO/ESA og CERN.

For EMBL findes der allerede et omfattende samarbejde med forskere på EMBL, som bl.a. har resulteret i publicering af et stort antal artikler med en meget høj impact. Det er målet at fastholde dette samarbejde, mens der yderligere arbejdes for, at samarbejdet i de kommende år vil omfatte de nye forskningsområder i EMBL's nye forskningsstrategi. For ESS er det ligeledes målet, at der etableres et tæt samspil med ESS-organisationen i Lund. Det handler om alt lige fra "shared positions", drift af instrumenter på ESS og etablering af et partnerskab ift. det datacenter, der er under opbygning i København.

For ITER, ESO/ESA og CERN er det ligeledes ambitionen, at danske forskere kan være med til at bidrage mere aktivt til faciliteternes fremtidige udviklingsaktiviteter. For både ITER og CERN vil der i den kommende årrække blive gennemført en række omfattende udviklingsarbejder, som danske forskere kan deltage i. Det samme gør sig gældende for både ESO og ESA-obligatorisk, der løbende udvikler nye instrumenter på såvel de jord-baserede observatorier som på de observationssatellitter, der opsendes i regi af ESA-obligatorisk. For alle fire organisationer er det ambitionen, at danske forskere i større omfang end i dag skal være involveret i faciliteternes udviklingsaktiviteter.

Tema 3: Uddannelse og Innovation

Dette kapitel omhandler temaet om uddannelse og innovation. Der præsenteres en række tværgående ambitioner for hvorledes de danske medlemskaber kan bidrage positivt til uddannelsen af forskere og studerende samt deres rolle for innovation og vækst i dansk erhvervsliv.



Medlemskaberne af de internationale forskningsfaciliteter har i mange tilfælde betydning for andre forhold end den rent forskningsmæssige anvendelse af faciliteterne. Det drejer sig eksempelvis om uddannelse af studerende og forskere samt innovation i dansk erhvervsliv.

Når det gælder uddannelse, viser erfaringen fra flere forskningsfaciliteter, at medlemskaberne kan styrke kompetenceopbygningen blandt såvel forskere som studerende på universiteterne. Dels fordi medlemslandenes forskningsmiljøer ofte benytter forskningsinfrastrukturen i forbindelse med de nationale uddannelser. Dels fordi faciliteterne gennemfører forskellige uddannelsesprogrammer (typisk i form af ph.d.-stipendier, sommerskoler eller praktikforløb).

I de seneste 10-20 år er det ligeledes blevet stadigt mere tydeligt, at de store internationale forskningsfaciliteter også spiller en rolle for vækst og innovation i dansk erhvervsliv. Dette omhandler både faciliteternes meget betydelige indkøb af højteknologisk udstyr og services. Disse ordrer har en direkte betydning for flere virksomheders omsætning, men kan endvidere understøtte virksomhedernes innovationskapacitet, fordi der ofte er tale om avancerede teknologiske løsninger, der kan udnyttes kommercielt. Desuden omfatter det også virksomhedernes direkte anvendelse af faciliteterne i deres innovations- og udviklingsarbejde.

Det har derfor været vigtigt, at opstillingen af mål for de danske medlemskaber også har fokus på uddannelse og innovation. Der er opstillet en række mål og ambitioner for

hvordan medlemskaberne kan styrke såvel uddannelsen af forskere og kandidater, som innovation i dansk erhvervsliv. Som det er tilfældet med det øvrige temaer er der flere, der går igen fra facilitet til facilitet. Det gælder på følgende områder:

- Øget fokus på uddannelse.
- Højteknologiske leverandørvirksomheder.
- Øget anvendelse i erhvervslivet.
- Iværksætteri og kommercialisering af forskning.

Øget fokus på uddannelse

"Udbytteanalysen" fra 2019 viste, at de internationale forskningsinfrastrukturer kan spille en betydelig rolle ift. uddannelse af både forskere og studerende på universiteterne. Forskningsinfrastrukturene har eksempelvis tradition for – direkte og indirekte – at bidrage til opbygningen af medlemslandenes kompetencer på de pågældende fag- og forskningsområder (typisk i form af ph.d.-stipendier, sommerskoler eller praktikforløb). Samtidig benytter mange universiteter adgangen til forskningsinfrastrukturene i forbindelse med den nationale uddannelse af både forskere og kandidatstuderende – eksempelvis gennem deltagelse i det eksperimentelle arbejde på faciliteten.

Selv om der findes mange gode eksempler på, at faciliteterne styrker uddannelse og kompetenceopbygning på universiteterne, så er det også en af observationerne i "Handlingsplan for de internationale medlemskaber"⁵, at der kun i mindre omfang har været fokus på, hvordan medlemskaberne kunne understøtte uddannelsen og kompetenceopbygningen på de danske universiteter og uddannelsesinstitutioner.

For samtlige medlemskaber er der derfor opstillet konkrete mål og ambitioner for, hvordan faciliteterne kan bidrage til at styrke uddannelsen af forskere og studerende. For ITER, ESRF, ILL/ESS, EuXFEL, CERN og ESO/ESA er det således ambitionen at øge antallet af studerende, der deltager i kurser som er relevante for den pågældende facilitet. Omfanget af den øgede kursusdeltagelse varierer fra facilitet til facilitet, men afspejler i et vist omfang den forventede vækst i brugermiljøerne for den enkelte facilitet (se tema 2).

Ud over en øget kursusdeltagelse, er der for hovedparten af medlemskaberne også opstillet mål for, at et øget antal studerende skal deltage i eksperimentelle aktiviteter på faciliteterne. Dette gælder for ITER, ESRF, ILL/ESS, EuXFEL og ESO/ESA. De konkrete forventninger til den øgede studenterinvolvering varierer også her mellem de forskellige medlemskaber.

Når det gælder uddannelse, adskiller EMBL-medlemskabet sig fra de øvrige medlemskaber. Der er i målplanen ikke opstillet mål for kursusdeltagelse på de danske universiteter, men derimod fokus på en bedre udnyttelse og hjemtag af stipendier samt deltagelse i EMBL's kurser og træningsforløb.

⁵ [Handlingsplan for de danske medlemskaber af store internationale forskningsinfrastrukturer](#), 2019, UFS.

Højteknologiske leverandørvirksomheder

De internationale forskningsinfrastrukturer, som Danmark er medlem af, har en skønnet årlig omsætning på ca. 15 mia. kr. Selv når der tages højde for, at en del af disse midler går til drift og lønninger, er der tale om et stort marked for danske virksomheder. Samtidig viser flere nationale og internationale analyser, at virksomhedernes leverancer til de store forskningsinfrastrukturer kan understøtte deres innovationskapacitet. Dette skyldes bl.a., at faciliteterne efterspørger avancerede teknologiske løsninger, der i mange tilfælde kan udnyttes kommercielt i andre sammenhænge.

For at øge danske virksomheders salg til de internationale forskningsfaciliteter har UFM i en årrække støttet BigScience.dk på Teknologisk Institut, der har til opgave at hjælpe danske virksomheder med at afsætte deres produkter og serviceydelser til forskningsfaciliteterne. Sammen med UFM har BigScience.dk opstillet en række mål for det fremtidige salg til de forskellige faciliteter. Målene tager afsæt i en konkret vurdering af de enkelte faciliteters indkøb i den kommende årrække, samt de konkrete muligheder for at danske virksomheder kan øge salget af produkter/services til den pågældende facilitet.

Som det fremgår af nedenstående tabel er det en central målsætning, at danske virksomheder øger salget af produkter/services til ESS i takt med, at faciliteten påbegynder sine driftsaktiviteter.

Det er det langsigtede mål, at danske virksomheders salg til ESS når op på 100 mio. kr. i 2027. Det er endvidere også målsætningen at fastholde et forholdsvis højt dansk salg til CERN og til dels også til ESO og ESA. CERN sender hvert år en meget betydelig mængde opgaver i udbud. Det samme er delvist tilfældet både for ESO og ESA.

Når det gælder EMBL, ESRF, EuXFEL, ILL og ITER er det vurderingen, at potentialerne for det fremtidige dansk salg er mere begrænset. Det skyldes primært, at disse faciliteter har afsluttet en række opgraderinger/konstruktionsaktiviteter, hvorfor deres indkøb mindskes i den kommende årrække.

Tabel 4.1

Mål for danske virksomheders salg til internationale forskningsfaciliteter (mio. kr.)

	Årligt salg	Målsætning 2027
ESS	18,7	100
CERN	55,8	54
ITER (F4E)	4,7	10
ESO	12,3	12
ESA (oblig.)	52,4	57,7
ESRF	4,7	2
ILL	0	1
EuXFEL	1	1
EMBL	0,5	0,6

Anm.: Årligt salg til facilitet er opgjort som det årlige gennemsnitlige salg over en treårig periode 2019-2021. For ESS, CERN, ITER og EMBL er salg opgjort som gennemsnitligt årligt salg i perioden 2019-2020. Opgørelse af årligt salg for ESA er opgjort som gennemsnit for perioden 2017-2021.

Kilde: *BigScience.dk* og *ESA*

Øget anvendelse i erhvervslivet

Flere forsknings- og innovationsaktive virksomheder anvender faciliteternes videnskabelige udstyr og ekspertise i forbindelse med deres innovations- og udviklingsarbejde - enten alene eller sammen med et universitet. Det gør sig også gældende i Danmark, hvor erhvervslivets interesse især har samlet sig om synkrotronfaciliteter som ESRF samt neutronfaciliteter som ILL.

Det er vurderingen, at der også i den kommende årrække vil være basis for, at danske erhvervsvirksomheder anvender både synkrotron- og neutronfaciliteter. I målplanerne for ESRF og ESS/ILL, er der således opstillet en række mål for den erhvervsmæssige anvendelse af såvel neutron- som synkrotronspredningsteknikkerne. Konkret er der opstillet mål for at fastholde både antallet af virksomheder, der benytter de to teknikker, samt antallet af samarbejder, der er etableret mellem danske virksomheder og videninstitutioner. Ambitionen er, at der er samme erhvervsmæssige anvendelse af de to teknikker i 2027 som det var tilfældet i 2020/21.

Det bemærkes, at der ikke tidligere har været udarbejdet præcise opgørelser over, hvor hyppigt danske virksomheder benytter neutron- og synkrotronspredningsteknikkerne. Det er derfor et selvstændigt mål, at der i forbindelse med udarbejdelse af handlingsplaner, fastlægges en præcis metode for at følge udviklingen i den erhvervsmæssige anvendelse af synkrotron- og neutronfaciliteter.

Iværksætter og kommerialisering af forskning

Erfaringerne fra hovedparten af de internationale forskningsfaciliteter viser, at der løbende skabes mange opfindelser og forskningsresultater i tilknytning til faciliteterne, som efterfølgende kan nyttiggøres i andet regi. Eksempelvis gennem formidling eller salg af opfindelser til eksisterende virksomheder eller gennem opstart af nye innovative virksomheder. Det er ambitionen, at de forskningsmæssige opfindelser og resultater på faciliteterne også skal komme danske virksomheder og start-ups til gavn. Det gælder især for medlemskaberne af EMBL og ESRF, hvor der er opstillet en række mål og ambitioner for den fremtidige kommerialisering af forskningen.

For EMBL er det således målsætningen, at der inden 2027 er etableret mindst ét yderligere formaliseret partnerskab mellem EMBL og én eller flere danske bioincubators. Målet er at styrke opstart af nye innovative virksomheder med afsæt i den forskning, der gennemføres på EMBL.

Herudover er det ambitionen, at den meget betydelige viden, der er opbygget på synkrotronområdet på de danske universiteter, i stigende omfang udnyttes kommercielt.

Konkret er det målsætningen, at der i den kommende årrække sker en tredobling i omsætningen i "røntgen-industrien", således at danske røntgenvirksomheder i 2027 årligt omsætter for 100 mio. kr.

Tema 4:

Forskningspolitiske mål for medlemskaberne

Kapitlet omhandler det sidste hovedtema, forskningspolitiske mål. Der præsenteres en række fælles mål og ambitioner, der skal bidrage til, at medlemskaberne kan understøtte de danske forskningspolitiske prioriteter.



Erfaringerne fra flere forskningsfaciliteter viser, at de internationale medlemskaber kan have betydning for en række forskningspolitiske problemstillinger, som række ud over den konkrete anvendelse og udnyttelse af den enkelte facilitet. Faciliteter som CERN, ESO og EMBL har eksempelvis spillet en stor rolle i at sikre, at europæiske forskere har fået forbedret adgang til såvel eksperimentelle data som videnskabelige resultater på de pågældende faciliteter. Ved etableringen af ESS er der eksempelvis lagt stor vægt på, at en stor del af facilitetens energiforbrug kan genbruges i det lokale fjernvarmesystem.

Det er på den baggrund vurderingen, at forskningsfaciliteterne pga. af deres størrelse og generelle betydning i det europæiske forskningslandskab, kan være med til at fremme en række overordnede forskningspolitiske mål.

Der er i målplanerne opstillet en række strategiske mål og ambitioner for, hvordan de enkelte medlemskaber kan bidrage til at løse en række forskningspolitiske problemstillinger. Selvom de konkrete mål varierer fra medlemskab til medlemskab, er der en række problemstillinger, der går igen. Det drejer sig især om følgende mål og ambitioner:

- Fri og effektiv adgang til data.
- Bæredygtig drift.
- Udvikling af teknologier der kan løse globale samfundsudfordringer.
- Ligestilling.

Fri og effektiv adgang til data

I de seneste 10-15 år har der været et stigende fokus på betydningen af åben og effektiv adgang til de eksperimentelle data, der generes af europæiske forskere. Baggrunden er bl.a., at åben adgang til data gør det lettere at efterprøve og kontrollere forskningsresultater. Erfaringerne viser yderligere, at forsøgsdata i mange tilfælde kan genbruges, og dermed bane vejen for ny forskning ved at genanvende eksisterende forsøgsdata. Inden for astrofysikken har man i en længere årrække haft tradition for at give adgang til observationsdata fra de forskellige observatorier. Resultatet er, at omkring 40 pct. af alle publikationer med data fra ESO's observatorier helt eller delvist er baseret på arkivdata. Fri og effektiv adgang til forsøgsdata rummer derfor et kæmpe potentiale for europæisk forskning.

På denne baggrund har der både fra dansk og europæisk side været arbejdet for at sikre fri og åben adgang til forsøgsdata, der generes i Europa. EU har i den forbindelse lanceret de såkaldte "FAIR-dataprincipper", der både skal bane vejen for, at forskere har fri adgang til forsøgsdata, men også at forsøgsdata organiseres og lagres på en sådan måde, at data kan genanvendes. Fra dansk side er der stor opbakning til at udbrede disse "FAIR-dataprincipper". Det er derfor et vigtigt mål for alle de internationale medlemskaber, at der implementeres datapolitikker, der sikrer fri og effektiv adgang til alle de forsøgsdata, der generes på forskningsfaciliteterne. Målet er således, at alle ni forskningsfaciliteter inden 2027 har implementeret EU's "FAIR-dataprincipper".

Flere af faciliteterne er kommet meget langt med at implementere disse principper (bl.a. ESO og CERN), men for andre faciliteter er man først i de seneste år påbegyndt dette arbejde. Fra dansk side vil der blive arbejdet for, at "FAIR-dataprincipperne" vil blive implementeret i videst muligt omfang. Det er imidlertid vigtigt at bemærke, at Danmark i hovedreglen kun har en begrænset andel af stemmerne i organisationernes forskellige besluttende organer. Muligheden for at implementere dataprincipperne er derfor afhængig af, at der sikres opbakning fra de øvrige medlemslande.

Bæredygtig drift

Det er et centralt mål for Folketingets partier, at Danmark skal mindske sin klimabelastning mest muligt. På europæisk niveau er det således besluttet, at EU-landene samlet skal mindske drivhusgasemissionerne med minimum 55 pct. inden 2030 i forhold til 1990. I Danmark er målsætningen endnu højere, og Folketingets partier vedtog i 2020, at man skal reducere udledningen af drivhusgasser med 70 pct. i 2030 ift. 1990. Da flere af de internationale forskningsfaciliteter anvender meget store mængder energi, er det naturligt, at der fra dansk side er fokus på at nedbringe faciliteternes klimabelastning.

Det er på den baggrund en ambition, at samtlige faciliteter inden 2027 har udarbejdet en plan eller strategi for, hvordan hver enkelt facilitet vil nedbringe sit klimaaftryk. Da de enkelte faciliteter er meget forskellige og har meget forskellige klimaaftryk, vil de enkelte klimaplaner eller klimastrategier være meget forskellige. Det afgørende er dog, at alle forskningsfaciliteter systematisk udvikler en plan og strategi for, hvordan facilitetens klimaaftryk mindskes.

Udvikling af teknologier der kan løse globale samfundsudfordringer

På flere af de internationale faciliteter gennemføres der forskning, som har stor betydning for udvikling af teknologier, der kan bidrage til at løse en række af verdens store udfordringer som eksempelvis grøn omstilling, udvikling af klimavenlige teknologier, forbedret fødevarerproduktion og øget sundhed. Det gælder særligt de fire materialeforskningsfaciliteter ESRF, EuXFEL, ESS og ILL, hvor en del af de eksperimenter, der gennemføres på faciliteterne, direkte eller indirekte har betydning for løsningen af de globale udfordringer. Eksempelvis har udviklingen af nye avancerede materialer stor betydning for nye klimateknologier som batterier, solceller, CO₂-fangste etc.

Ligeledes gennemføres der også på EMBL en lang række forskningsprojekter, som har betydning for biodiversitet, den grønne omstilling, bedre sundhed og fødevarerproduktion.

Det er på den baggrund en strategisk målsætning for medlemskaberne af ESRF, EuXFEL, ESS/ILL og EMBL, at der i stigende omfang er fokus på at fremme forskning, der kan bidrage til udvikle teknologier som kan løse en række af de globale samfundsudfordringer.

Når det gælder ESRF, EuXFEL, ESS og ILL er det derfor målsætningen, at faciliteternes videnskabelige strategier også har fokus på forskning, som har betydning for udvikling af konkrete teknologier, der kan understøtte løsning af globale samfundsudfordringer. Det kan bl.a. ske ved, at faciliteterne udvikler en eller flere eksperimentelle teknikker, der har betydning for at løse konkrete globale udfordringer. For EMBL, er det målsætningen, at der ved implementeringen af det nye videnskabelige program er fokus på at understøtte forskning, der understøtter grøn- og/eller klimarelateret forskning samt forskning omkring biodiversitet, sundhed og fødevarer.

Herudover er det endvidere målsætningen, at ikke bare forskningsfaciliteterne men også de danske materialeforskere (dvs. brugerne af ESRF, EuXFEL, ESS og ILL) i stigende grad har fokus på grøn eller klimarelateret forskning. Det er således en konkret målsætning, at andelen af publikationer, der udgives med afsæt i synkrotron-, neutron- og/eller røntgen-laserforsøg og som har fokus på udviklingen af nye grønne og klimavenlige løsninger øges med omkring 50 pct. frem mod 2027.

Ligestilling

I den seneste årrække har der på såvel dansk som på europæisk plan været fokus på at øge ligestillingen blandt forskerne. Både dansk og europæisk forskning har således brug for at alle talenter kommer i spil.

Det er derfor vigtigt, at de strategiske mål for de internationale medlemskaber også har fokus på at sikre en større grad af ligestilling mellem kønnene. Det skyldes ikke mindst, at der er flere forhold som peger på, at der stadig er et stykke vej, før der er ligestilling mellem kønnene – både når det gælder kønsfordelingen mellem de ansatte på faciliteterne og i de danske brugermiljøer.

Det er derfor en ambition for alle ni medlemskaber, at der i de kommende år vil ske en øget ligestilling på faciliteterne og i de danske brugermiljøer.

Når det gælder kønsfordelingen på de ni forskningsfaciliteter, vil de danske delegerede i de forskellige bestyrelser/councils arbejde for, at der i de kommende år vil været et øget fokus på behovet for en øget ligestilling mellem kønnene. Det betyder, bl.a.:

- At der løbende udarbejdes opgørelser over kønsfordeling blandt de ansatte.
- At faciliteten udarbejder plan/strategi for at opnå en mere ligelig kønsfordeling.
- At faciliteten har fokus på at identificere mulige kvindelige kandidater i forbindelse med opslag af ledige stillinger.

I forhold til udviklingen af de danske brugermiljøer vil følgeforskningscentrene få til opgave at løfte denne problemstilling i forbindelse med udarbejdelse af handlingsplanerne i løbet af 2023. Følgeforskningscentrene får således til opgave at komme med forslag til, hvordan kønsfordeling kan ændres i de kommende år. Som led i udarbejdelse af handlingsplanerne vil de fem følgeforskningscentre også få til opgave at udarbejde en opgørelse over kønsfordeling i det danske brugermiljø. En sådan opgørelse kan skabe et bedre overblik over den aktuelle kønsfordeling i brugermiljøet. Samtidig vil sådanne opgørelser understøtte, at der udvikles mere præcise forslag til, hvordan der kan skabes en mere ligelig kønsfordeling.

Bilag: Målplaner

Målplan for medlemskaber af CERN

Det Europæiske Center for Højenergifysik (CERN) er det fælles europæiske forskningsanlæg for acceleratorbaseret forskning. Faciliteten ligger nær Genève og krydser grænsen mellem Schweiz og Frankrig. CERN har bygget og driver en række accelerators, der leverer stråler ("beams") til forskellige typer af eksperimenter.

Flagskibet er den 27 km lange og superledende Large Hadron Collider (LHC) der stod færdig i 2008, hvor bl.a. eksperimenterne, der førte frem til opdagelsen af Higgs-partiklen, blev udført. CERN's acceleratorkompleks består desuden af en række andre accelerators, der i dag fungerer som injektorer for LHC, leverer eller lagrer selvstændige stråler til andre typer af eksperimenter.

CERN fungerer som laboratorium for et stort spænd af fysikkens etablerede discipliner (bl.a. partikelfysik, kernefysik, atomfysik og acceleratorfysik), samt for en række andre fysiske discipliner i f.eks. antistof, medicinsk fysik og astropartikelfysik. For disse forskningsområder findes der kun i meget begrænset omfang tilsvarende forskningsinfrastruktur i Danmark. Gennem medlemskabet af CERN er Danmark medejere af forskningslaboratoriet, og det er her de danske forskere opbygger deres instrumenter og udfører deres forskning.

Fundamentet for de videnskabelige eksperimenter på CERN er en stor koncentration af teknologisk forskning og udvikling. Af CERN's ca. 2500 ansatte er de 2000 ingeniører eller har en anden teknisk baggrund. CERN forsker og udvikler teknologi til sin infrastruktur, ofte i samarbejde med universiteter i medlemslandene og med private virksomheder. CERN forsker i og arbejder med de fleste tekniske discipliner, ofte i tværdisciplinære opgaver, f.eks. elektronik, superledning, overfladebehandling (coating), computerstyring og automation. CERN har samtidig stadigt voksende fokus på at udvikle tekniske løsninger der kan reducere energiforbruget.

Den videnskabelige anvendelse af CERN er i stort omfang organiseret omkring en række tværnationale eksperimenter. Som grundregel leverer CERN acceleratorinfrastrukturen, mens det eksperimentelle apparatur udvikles og finansieres af medlemslandene gennem disses følgeforskningsbevillinger og andre bevillinger fra nationale fonde og forskningsråd med flere. Der er tale om ambitiøse, nyskabende, men også kostbare og langvarige eksperimenter, der er fastlagt i CERN's videnskabelige program, og som har deltagelse af et stort antal forskere fra forskellige lande. I de største af eksperimenterne, der gennemføres over en periode på 15-25 år, deltager der således mere end 1000 forskere. Det er bl.a. tilfældet for eksperimenterne ALICE og ATLAS, som Danmark deltager i. En anden og mindre del af CERN's aktiviteter, fx ISOLDE, er bruger-baserede, hvor videnskabelige projekter udføres efter ansøgning om beam-tid til specifikke videnskabelige formål.

Tema 1 - Mål og sigtelinjer for udvikling af CERN

Gennem de seneste 10-15 år har en betydelig del af de danske eksperimentelle aktiviteter haft fokus på eksperimenterne "ALICE" og "ATLAS", der udnytter de meget energetiske partikelkollisioner fra den 27 km lange Large Hadron Collider (LHC) ring. LHC gennemgår frem mod 2028 en omfattende opgradering, kaldet High-Luminosity LHC, med sigte på at forøge den opsamlede datamængde med en faktor 10. Opgraderingen af acceleratorfaciliteten ledsages af en tilsvarende omfattende opgradering af detektorerne i to etaper.

Danmark er ligeledes involveret i eksperimenter som ikke er baseret på LHC. Det gælder f.eks. ISOLDE til forskning i sjældne isotoper, og AD-infrastrukturen til forskning i anti-brint.

Sideløbende med den eksperimentelle udnyttelse af LHC og de øvrige accelerators er CERN og medlemslandene, herunder Danmark, i regi af den såkaldte "European Strategy for Particle Physics, ESPP" fra 2020, involveret i et forløbende strategiarbejde for at identificere hvilke områder og problemstillinger den europæiske partikelfysik skal fokusere på i de kommende 10-20 år. Med afsæt i denne strategi, vil CERN formulere en videnskabelig strategi, der har til formål at fastholde CERN som den førende forskningsfacilitet, som understøtter medlemslandenes forskning inden for de nævnte områder.

Overordnede strategiske mål for CERN

Det er en dansk ambition, at CERN med afsæt i sit kommende videnskabelige program skal fastholde sin position som centrum for den accelerator-baserede forskning, herunder højenergifysik.

Strategisk mål

CERN vil i partnerskab med medlemslandenes brugermiljøer fortsat være et af verdens førende forskningsfaciliteter inden for forskning i højenergifysik.

Uddybelse af mål

For at understøtte den overordnede strategi vil der fra danske side blive arbejdet for følgende mål for CERN.

Delmål A: CERN vedtager en videnskabelig strategi med fokus på ny fundamental erkendelse om naturlovene og på udvikling af nye avancerede teknologier.

Delmål B: CERN's videnskabelige strategi kan gennemføres inden for den eksisterende budgetmodel

Delmål C: Teknisk forskning og udvikling på CERN sker i stigende grad i samarbejde med medlemslandene

Delmål D: CERN bidrager aktivt til udviklingen af europæiske HPC-løsninger.

Delmål A: CERN vedtager en videnskabelig strategi med fokus på udvikling af nye teknologier

CERN vil i de kommende år skulle vedtage en ny videnskabelig strategi, der skal an vise hvilke aktiviteter og forskningsmæssige investeringer, CERN skal foretage i den kommende årrække. Det er en dansk prioritet, at en kommende strategi i særligt omfang har fokus på udvikling af CERN's teknologier, og som kan bane vejen for udviklingen og forbedring af CERN's eksisterende acceleratorkompleks og detektorsystemer. Et sådant fokus kan eksempelvis indebære, at CERN igangsætter en række strategiske udviklingsprojekter inden for bl.a. udvikling af nye mikrochips og elektroniske komponenter/kredsløb, nye superledere, strømforsyninger, software, cryostater, og udvikling af lavtemperatur materialer og høj-temperatur superledere.

Delmål B: CERN's videnskabelig strategi kan gennemføres inden for den eksisterende budgetmodel

I forbindelse med udviklingen af en videnskabelig strategi for CERN, er det en central dansk prioritet, at den skal være økonomisk bæredygtig, og at den som udgangspunkt kan realiseres inden for den nuværende medlemsbidragsmodel. Hvis der skal gennemføres investeringer, der ligger ud over rammen for CERN's nuværende medlemsbidrag, vil det forudsætte et internationalt samarbejde f.eks. med USA og Japan, optagelse af nye medlemslande eller øget finansiering fra eksempelvis EU.

Dansk støtte til nye, større faciliteter og accelerators på CERN uden for det nuværende budget og den nuværende budgetmodel forudsætter en dansk beslutning herom. Det gælder ikke mindst den 100 km accelerator-ring, som indgår i ESPP, og som ikke kan etableres inden for det nuværende budget.

Delmål C: Teknisk forskning og udvikling på CERN sker i et aktivt samarbejde med medlemslandene.

Det er også en dansk prioritet, at de kommende års fokus på forskning, udvikling og modning af eksperimentelle teknikker i øget omfang sker i samspil og samarbejde med medlemslandenes forskere fra de tekniske universiteter og med virksomheder. Hidtil er der kun relativt få danske forskere, som har været involveret i disse forsknings- og udviklingsaktiviteter, selv om danske forskere bidrager aktivt til udvikling af nye detektorer til eksperimenterne. Det er en ambition, at danske forskere/virksomheder sammen med kollegaer fra de øvrige medlemslande i stigende omfang bliver involveret i CERN's tekniske forskning.

Det er konkret målsætningen, at CERN og DK, inden 2027, har konkretiseret hvordan medlemslandenes forskere/virksomheder vil blive involveret i de fremtidige udviklingsaktiviteter – eksempelvis gennem vedtagelsen af en plan eller strategi for øget involvering af medlemslandenes forskere.

Delmål D: CERN bidrager aktivt til udviklingen af europæiske HPC-løsninger.

CERN har i en lang årrække arbejdet med at indsamle, lagre og ikke mindst analysere de meget store datamængder, der genereres på de forskellige eksperimenter. CERN-organisationen har derfor formået at udvikle et velfungerende datasystem, der på den ene side formår at håndtere store og komplekse datamængder, men som samtidig fungerer i tæt samspil med de nationale forskningsmiljøer, der har effektiv adgang til CERN's data- og computingfaciliteter. Danmark, sammen med de andre Nordiske lande, bidrager allerede hertil via den danske node (STENO) i det Nordiske Tier1 samarbejde (GRID computing).

Det er i den sammenhæng en dansk målsætning, at CERN's kompetencer og erfaringer på dataområdet ikke alene kommer de europæiske højenergifysikere til gavn, men også kan bidrage til at understøtte udviklingen i den europæiske indsats på computing-området. Fremmet af EU kommissionen sker der i disse år, gennem det europæiske fællesforetagende EuroHPC, en meget omfattende og ambitiøs udvikling og opbygning af en række europæiske High Performance Computer (HPC) faciliteter i Europa, der skal sikre at europæiske forskere får adgang til 'state of the art' - data og computing-faciliteter. Det er vurderingen, at udviklingen af europæiske HPC-løsninger, og evt. også data management initiativer, kan drage nytte af de erfaringer og viden, som er opbygget i CERN på dette område (Big Data).

Tabel 0.1

Tema 1: Mål og sigtelinjer for udvikling af CERN

Strategisk mål	CERN vil i partnerskab med medlemslandenes brugermiljøer fortsat være en af verdens førende forskningsfaciliteter inden for højenergifysik.
Delmål	A. CERN vedtager en videnskabelig strategi med fokus på udvikling af nye teknologier. B. CERN's videnskabelig strategi kan gennemføres inden for den eksisterende budget-model evt. suppleret med eksterne bidrag. C. Teknisk forskning og udvikling på CERN sker i et aktivt samarbejde med medlemslandene. D. CERN bidrager aktivt til udviklingen af europæiske HPC-løsninger.
Kvantitative indikatorer	A1: CERN har vedtaget nyt videnskabeligt program, der identificerer fremtidige udviklingsområder for CERN. B2: Det danske medlemsbidrag er ikke steget (ud over alm. indeksering) C1: CERN har vedtaget en strategi/vision for øget involvering af medlemslandenes forskningsmiljøer ifb. med teknisk forskning/udvikling D1: Der er etableret et eller flere strategiske samarbejder mellem CERN og det europæiske HPC-initiativ EuroHPC.

Tema 2 - Videnskabelig anvendelse og udbytte af CERN

Danmark har traditionelt haft et stærkt forskningsmiljø på CERN, der har været kendetegnet ved et højt forskningsfagligt niveau. Det kom bl.a. til udtryk i en undersøgelse, igangsat af UFS, af udbyttet af de internationale medlemskaber, der blev offentliggjort i 2019, hvor det bl.a. fremgik, at den videnskabelige "impact" af de publikationer, som danske forskere udgiver på baggrund af eksperimenterne på CERN, er højere, end det er tilfældet for hovedparten af de "CERN-publikationer", som forskere fra de øvrige medlemslande udgiver.

I UFS analysen fra 2019 var det imidlertid også vurderingen, at *"selvom det danske forskningsmiljø kan karakteriseres som værende meget stærkt, er det også relativt begrænset i størrelse, målt ved antal tilknyttede forskere"*. Til grund for vurderingen indgår også, at det danske eksperimentelle miljø for CERN-forskning er koncentreret på få (2-3) universiteter, og eksempelvis at den danske teknologiske forskning kun i begrænset omfang er i berøring med CERN.

Samlet peger brugermiljøet omkring CERN på tilstedeværelsen af flere udfordringer ift. den nuværende danske anvendelse af CERN, som vanskeliggør fastlæggelsen af konkrete måltal for medlemskabet. Brugermiljøet efterlyser en national stillingtagen til de danske ambitioner omkring CERN-medlemskabet, som rækker ud over det nuværende forskningsmiljø.

Det overordnede strategiske mål

Det er på denne baggrund den overordnede målsætning, at der i den kommende år-række skal arbejdes på at fastholde og også udvikle det danske brugermiljø inden for partikelfysik og tilgrænsende områder.

Strategisk mål

Med afsæt i medlemskabet af CERN findes der fortsat et stærkt dansk CERN-brugermiljø.

Uddybelse af mål

For at understøtte det strategiske mål om at fastholde et stærkt partikelfysisk miljø i Danmark, vurderes det nødvendigt med en række strategiske indsatser og mål på følgende områder.

Delmål A: Universiteter, brugermiljø og UFS har sammen udarbejdet en handlingsplan, der belyser, hvordan det danske CERN-brugermiljø kan fastholdes og videreudvikles.

Delmål A: Universiteter, brugermiljø og UFS har sammen udarbejdet en handlingsplan, der belyser, hvordan det danske CERN-brugermiljø kan fastholdes og videreudvikles.

Det danske CERN-brugermiljø er i stort omfang koncentreret omkring Niels Bohr Institutet på KU og på AU, og udgør hovedparten af det danske eksperimentelle CERN-brugermiljø. Foruden de eksperimentelle brugermiljøer på KU og AU findes også stærke forskningsgrupper inden for den teoretiske partikelfysik på SDU og KU. Det eksperimentelle brugermiljø er i en vis udstrækning kendetegnet ved en arbejdsdeling mellem universiteterne, således at eksperimenterne på LHC i særlig grad har deltagelse af forskere fra KU, mens brugermiljøet på AU er involveret i en række af de lidt mindre non-LHC eksperimenter på CERN – eksempelvis "ISOLDE" (isotoper) og "AD" (anti-stof). Brugermiljøet på SDU er ikke involveret i eksperimentelle aktiviteter på CERN, men arbejder med en række teoretiske problemstillinger inden for partikelfysikken, herunder komplekse modelleringer baseret på 'High Performance Computing' (HPC).

De nuværende eksperimentelle forskergrupper blandt fysikmiljøerne er aktivt involveret i udvikling af ny teknologi i forbindelse med eksperimenterne. Derimod er de tekniske forskningsmiljøer kun meget begrænset involveret i forskning og udvikling af den teknologi, som anvendes i infrastrukturen på CERN.

Følgeforskningscentret NICE har i en brugerundersøgelse fra 2020 vurderet, at der i 2018 var i alt 134 forskere og teknikere, der direkte eller indirekte er knyttet til CERN's aktiviteter. 60 af disse kan betegnes som eksperimentelle forskere, der deltager i eksperimenter på CERN, mens der var 65 forskere inden for teoretisk partikelfysik, og 9 forskere inden for teknisk forskning eller såkaldte støttefunktioner inden for bl.a. computing. Hertil anslås at ca. 100 studerende udfører CERN-relaterede projekter. Den samlede brugerpopulationen er over 200.

Det eksperimentelle brugermiljø har bl.a. pga. af pensionering af en række nøgleforskere været svagt faldende i den seneste årrække. En opgørelse fra CERN viser således, at til trods for flere udsving er det eksperimentelle danske brugermiljø faldet fra 69 forskere i 2011 til 59 forskere i 2018. Antallet af registrerede forskere faldt yderligere i 2019 og 2020 til hhv. 50 og 40. Dette fald skyldes sandsynligvis delvist, at LHC-ringen var nedlukket i denne periode og Covid-19 pandemien (dvs. forskernes ophold på CERN har i nogen grad været mindre i perioden).

Herudover viser CERN's brugeropgørelser, at det danske brugermiljø er noget mindre end man kunne forvente på baggrund af størrelsen af det danske bidrag til CERN. Danske brugere udgjorde således 0,7 pct. af alle medlemslandenes CERN-brugere. Danmark bidrager imidlertid med 1,8 pct. af medlemslandenes betalinger til CERN. For flere af de nordiske lande kan der identificeres en lignende tendens, hvor andelen af CERN's brugere er betydeligt lavere end deres relative bidrag til CERN. For lande som eksempelvis Polen og Italien er brugermiljøet til gengæld noget større end deres bidrag. Der er ikke udarbejdet egentlige analyser af baggrunden for den store forskel i landenes anvendelse af CERN.

Der er i flere sammenhæng blevet peget på, at lande med et stort brugermiljø ikke alene er involveret i eksperimenterne ved CERN men også deltager i CERN's meget omfattende forsknings og udviklingsaktivitet inden for udvikling af teknologisk udstyr (eksempelvis inden for accelerator- og detektortechnologi). Lande som Frankrig, Tyskland og Italien har således nationale laboratorier, der i stort omfang har været involveret i udviklingen af CERN's accelerators og eksperimenter.

Tabel 0.2

Den relative andel af CERN-brugere i Danmark og udvalgte CERN-medlemslande sammenlignet med landenes relative andel af medlemsbidragene til 2020.

	Andel af medlemslandenes CERN brugere (pct.)*	Andel af medlemsbetalinger til CERN (pct.)
Danmark	0,7	1,8
Norge	0,8	2,3
Sverige	1,0	2,6
Finland	1,0	1,3
Italien	26,0	10,4
Polen	4,4	3,0
Tyskland	16,5	20,9
Frankrig	10,9	13,8

Anm.: *Ud over de 7.149 brugere der kommer fra CERN's medlemslandene har CERN også registreret 5.152 brugere fra andre lande (bl.a. USA, Rusland, Japan og Kina). Disse brugere er ikke medtaget i beregning af medlemslandenes andel af CERN's brugermiljø.

Kilde: CERN Budget 2022 and CERN Personal statistics 2020.

Der kan naturligvis ikke altid etableres en direkte sammenhæng mellem størrelsen af de danske bidrag til en forskningsfacilitet og den danske anvendelse af faciliteten. Til trods for dette, er det dog en general ambition for de danske medlemskaber af store internationale forskningsfaciliteter, at anvendelsen af en facilitet i udgangspunktet bør matche det relative bidrag til faciliteten. Det er vurderingen, at den danske anvendelse af CERN er noget mindre, end hvad man kunne forvente, når man kigger på størrelsen af det danske bidrag til CERN. Samme vurdering fremkom i den udbytteanalyse fra 2018, som undersøgte udbyttet af de internationale medlemskaber. Her blev det således påpeget, at CERN-brugermiljøet har en begrænset størrelse, og at størrelsen af brugermiljøet burde øges. Desuden fremgår det, at Danmark har det mindste brugermiljø blandt de nordiske lande, men ikke har det mindste medlemsbidrag til CERN – medlemsandelen og antallet af brugere balancerer dermed ikke.

Det er på den baggrund også vurderingen, at der i de kommende år bør arbejdes på at styrke og udvikle CERN-brugermiljøet. Det er derfor en målsætning, at universiteter, forskningsmiljøer og UFS sammen udarbejder en handlingsplan, der belyser, hvordan det danske CERN-brugermiljø kan udvikles i den kommende årrække. Det er målet, at en sådan handlingsplan for det første kan indeholde en række konkrete forslag til, hvordan brugermiljøet kan udvikles. For det andet skal handlingsplanen også opstille (og begrunde) en række realistiske mål for såvel den videnskabelige anvendelse af CERN samt den danske anvendelse af CERN's uddannelsestilbud.

Handlingsplanen skal bl.a. have fokus på at undersøge i hvilket omfang, det også er muligt at udvide brugermiljøet gennem inddragelse af forskere fra de universiteter, der ikke har tradition for at anvende CERN. Det er således en generel ambition, at de danske medlemskaber af store internationale forskningsfaciliteter kommer hele det danske forskningslandskab til gavn. Der findes således flere universiteter med teknisk-/naturvidenskabelige afdelinger (RUC, AAU og DTU), der ikke benytter CERN (eller kun gør det i meget begrænset omfang). I handlingsplanen skal det undersøges i hvilket omfang disse

universiteter kunne være interesserede i at blive involveret i de forskellige forskningsaktiviteter på CERN.

Det er også ambitionen, at handlingsplanen skal undersøge, hvordan og i hvilket omfang det er muligt at udvide brugermiljøet ved at involvere flere tekniske forskere i CERN's forskningsaktiviteter. En meget betydelig del af CERN's forsknings- og udviklingsbudget anvendes således inden for teknologisk forskning og udvikling af udstyr (eksempelvis til udvikling af accelerators, detektorer og HPC-systemer). Det skønnes endvidere, at CERN, som opfølgning på en kommende videnskabelig strategi, vil øge sine investeringer i teknologiske forskning. Det skaber en mulighed for at danske forskere fra de tekniske forskningsområder i øget omfang kan blive involveret i CERN's forskningsaktiviteter.

Handlingsplanen kan desuden inkludere, en sammenligning af den danske følgeforskningsstøtte med de lande som DK normalt sammenligner sig med.

Endelig kan handlingsplanen indeholde en beskrivelse af finansieringslandskabet omkring den danske CERN-forskning, og hvordan denne kan anvendes til at sikre den overordnede målsætning.

Samlet oversigt

I følgende tabel opsummeres strategiske mål, delmål og kvantitative indikatorer for den videnskabelige anvendelse og udbytte af CERN:

Tabel 0.3

Tema 2: Videnskabelig anvendelse og udbytte af CERN

Strategisk mål	Med afsæt i medlemskabet af CERN findes der fortsat et stærkt dansk brugermiljø.
Delmål	A: Universiteter, brugermiljø og UFS har udarbejdet en handlingsplan, der belyser, hvordan det danske CERN-brugermiljø kan fastholdes og videreudvikles.
Kvantitative indikatorer	A1: I løbet af 2023 er der udarbejdet handlingsplan for udviklingen af det danske CERN-brugermiljø, der bl.a. har fokus på hvordan det danske CERN-brugermiljø kan udvikles i den kommende årrække.

Tema 3 - Betydning af CERN-medlemskabet for uddannelse og innovation

CERN er den vigtigste eksperimentelle facilitet for højeenergifysik (partikelfysik, kernefysik, atomfysik mm.) og i en lang række avancerede tekniske felter, jvf. tema 1 og 2. Det er derfor relevant, at såvel fysik-studerende som ingeniørstuderende som led i deres uddannelse får adgang og kendskab til den forskning, som pågår på CERN. Erfaringerne viser, at adgangen til de eksperimentelle aktiviteter ved CERN giver studerende på alle niveauer mulighed for, i et internationalt miljø, at få state-of-the-art værdifuld erfaring med eksperimentelt arbejde inden for partikelfysikken og/eller på de mange teknologiske områder, hvor CERN er førende.

Ud over uddannelse viser de hidtidige erfaringer, at en forskningsfacilitet som CERN også kan understøtte og inspirere vækst og innovation i erhvervslivet. Dette gælder ikke mindst gennem virksomhedernes leverancer af højteknologisk/videnintensivt udstyr og services til faciliteterne.

Det overordnede strategiske mål

Det er på den baggrund ambitionen, at medlemskabet af CERN forsat bidrager til at understøtte uddannelsen af studerende og understøtter innovation i danske virksomheder. Der opstilles derfor nedenstående strategiske målsætning:

Strategisk mål

Medlemskabet af CERN skaber grundlag for banebrydende innovation og understøtter undervisningen inden for både fysik og det tekniske område.

Uddybelse af mål

For at understøtte denne overordnede strategiske målsætning er det vurderingen, at det er nødvendigt med en række strategiske indsatser og mål inden for følgende områder:

Delmål A: Medlemskabet af CERN medvirker til at understøtte uddannelse af studerende på alle niveauer inden for fysik og de tekniske fagområder.

Delmål B: Medlemskabet af CERN bidrager til at udvikling af højteknologiske leverandørvirksomheder.

Delmål A: Medlemskabet af CERN medvirker til at understøtte uddannelse af studerende på alle niveauer inden for fysik og det tekniske område.

Når det gælder uddannelse, er det ambitionen, at CERN-medlemskabet skal være med til at understøtte uddannelsen af studerende på alle uddannelsesniveauer (bachelor-, kandidatstuderende og ph.d.-studerende) og inden for forskellige uddannelsesretninger, dvs. både inden for fysik og de tekniske discipliner.

CERN udbyder hvert år et stort antal uddannelsesforløb for medlemslandenes forskere og studerende. Disse uddannelsesforløb omfatter bl.a. delfinansierede ph.d.-stipendier, post doc/fellowships, praktikforløb for ingeniør- og erhvervsakademistuderende, og f.eks. sommerskoler for fysik og ingeniørstuderende. Disse uddannelsesmuligheder er rettet mod studerende med en teknisk baggrund og/eller fysikstuderende. Opgørelserne fra CERN peger på, at den danske anvendelse af disse tilbud er meget begrænset. Eksempelvis at danske forskere i perioden fra 2005 – 2020 i alt fik tildelt 17 af CERN's

Post Doc / Fellowship stipendier, svarende til 0,3 pct. af alle de fellowships, CERN uddelte i perioden. Det er væsentligt lavere end man kunne forvente p.b.a. af Danmarks medlemsbidrag på ca. 1,8 pct. At interessen for CERN blandt danske studerende er stor, viser erfaringen fra det særlige danske trainee-program på CERN, hvor ca. 20 studerende om året på bachelor/specialniveau, f.eks. fra erhvervsakademier, maskinmesterskoler samt universiteterne, deltager i projekter på CERN's værksteder.

Det er på den baggrund målsætningen at øge den danske anvendelse af CERN's forskellige uddannelses tilbud, således at danske forskere og studerende kommer til at anvende uddannelses tilbuddene på et niveau, der modsvarer det danske bidrag til CERN.

Det er i den sammenhæng et konkret mål, at antallet af studerende, der deltager i "CERN-relevante"-kurser på de hjemlige uddannelsesinstitutioner, fastholdes på samme niveau som hidtil. I forbindelse med udarbejdelse af handlingsplanen for det danske CERN-medlemskab, undersøges det endvidere om der er grundlag for at kurser/uddannelsesforløb inden for de tekniske fagområder også kan omfatte områder fra CERN's tekniske forskning.

Det bemærkes, at der endnu ikke findes en opgørelse over hvor mange studerende, der deltager i konkrete danske kursusaktiviteter, der er målrettet CERN, eller i hvor mange kurser det er muligt at CERN kan indgå i tekniske uddannelsesforløb. Derfor vil følge-forskningscentret NICE forud for udarbejdelse af handlingsplan i 2023 udarbejde det nødvendige statistiske materiale på de to områder.

Delmål B: Medlemskabet af CERN bidrager til udvikling af højteknologiske leverandørvirksomheder.

Det er en målsætning, at medlemskabet af CERN skal bidrage til at skabe innovation og vækst i det danske erhvervsliv. Mange af CERNs helt store højteknologiske ordrer går til særlige specialiserede virksomheder. Men der er et stort potentiale for øget salg af udstyr og services til faciliteten fra danske SMV virksomheder, der i den seneste årrække har øget deres salg af højteknologiske produkter og serviceydelser til CERN. Baggrunden er bl.a. den indsats, der har været gennemført af det danske BigScience.dk, der har til opgave at hjælpe virksomheder med at få ordrer ved de store internationale forskningsfaciliteter.

Det er ambitionen, at CERN-medlemskabet forsat kan bidrage til udviklingen af højteknologiske leverandørvirksomheder i Danmark. I perioden 2019-2021 udgjorde danske virksomheders årlige salg til CERN ca. 56 mio. kr. hvilket er lidt mere end man kunne forvente på baggrund af det danske medlemsbidrag til CERN. Det er ambitionen at fastholde det danske salg til CERN på dette niveau i den kommende årrække.

Samlet oversigt

I følgende tabel opsummeres strategiske mål, delmål og kvantitative indikatorer for CERN-medlemsskabets betydning for uddannelse og innovation:

Tabel 0.4

Tema 3: CERN medlemskabets betydning for uddannelse og innovation

Strategisk mål	Medlemskabet af CERN skaber grundlag for banebrydende innovation og styrker undervisningen inden for både fysik og det tekniske område.
Delmål	A: Medlemskabet af CERN medvirker til at styrke uddannelse af studerende på alle niveauer inden for fysik og de tekniske områder. B: Medlemskabet af CERN bidrager til udvikling af højteknologiske leverandørvirksomheder.
Kvantitative indikatorer	A1: Antallet af uddannelsespladser inden for det partikelfysiske områder (kandidat- og Ph.d.) fastholdes. A2: Den danske deltagelse i CERN's Ph.d.-program, Post Doc-program, sommerskoler og praktikforløb har en andel, der nærmer sig den danske andel af de årlige medlemsbidrag til CERN. B1: Danske virksomheders salg til CERN beløber sig årligt til 55 mio. kr.

Tema 4 - Betydning af medlemskaberne ift. at understøtte forskningspolitiske mål

Medlemskabet af CERN har ikke alene betydning for uddannelse, forskning og innovation på partikelfysik og tilstødende områder. Erfaringer viser, at faciliteternes størrelse og deres placering i det internationale forskningslandskab ligeledes har betydning for en række bredere forskningspolitiske problemstillinger.

Det overordnede strategiske mål

Ovenstående gælder eksempelvis ift. at sikre fri og effektiv adgang til de forskningsdata, f.eks. open access-adgang til videnskabelige tidsskrifter, hvor CERN ikke alene deltager aktivt, men historisk har spillet en afgørende pionér rolle (alle CERN relaterede publikationer er nu open access). På europæisk plan er der et stigende fokus på, at forskere skal have adgang til de forsøgsdata, som europæiske forskere frembringer. Det er i denne sammenhæng en dansk prioritet, at faciliteterne sikrer fri og effektiv adgang til disse forsøgsdata.

Det er desuden en vigtig dansk prioritet, at medlemskaberne af CERN understøtter, at danske vidensinstitutioner og virksomheder i stigende omfang omsætter partikelforskning til grønne løsninger. Inden for partikelfysik er der muligheder omkring valg og udvikling af bæredygtige gasser til detektorer og teknisk udstyr, og i forbindelse med CERN's omfattende accelerator anlæg, hvor dele er af ældre dato, foregår der allerede en omfattende omlægning til mindre energikrævende metoder, hvor det er muligt, f.eks. gennem anvendelse af superledende teknologi til magneter i stedet for konventionelle

magneter. En potentiel nedsættelse af prisen for superledende løsninger (high-temperature SC) ville have en meget betydelig indflydelse inden for mange sektorer (energi mm.).

Strategisk mål

- Medlemskabet af CERN understøtter EU's FAIR-dataprincipper.
- CERN har i sin drift og udvikling fokus på klimaneutralitet.

Uddybelse af mål

For at indfri disse strategiske mål for at understøtte bredere forskningspolitiske dagsordener vurderes det nødvendigt med en række strategiske indsatser og mål inden for følgende områder.

Delmål A: CERN sikrer fri og effektiv adgang til forsøgsdata fra de forskellige eksperimenter

Delmål B: CERN har vedtaget grøn strategi, der sikrer, at CERN er både energieffektiv, og prioriterer grønne investeringer og grønne industriudbud inden for budgettet.

Delmål C: Øget fokus på ligestilling mellem kønnene på CERN og i det danske bruger-miljø.

Delmål A: CERN sikrer fri og effektiv adgang til forsøgsdata de eksperimentelle kollaborationer.

Når det gælder sikring af adgang til eksperimentelle data, er det vigtigt, at faciliteterne har indført politikker, der sikrer at forsøgsdata er tilgængelige for andre forskere (efter en karenperiode). Men det er også afgørende, at de lagrede data har en karakter og er organiseret på en måde, som muliggør at andre forskere også kan benytte disse på en effektiv måde.

Det partikelfysiske miljø har igennem en lang årrække haft tradition for at sikre adgang til både publikationer og data til alle forskere. Det er på den baggrund et mål, at dette arbejde fortsætter, og at CERN omkring 2027 har vedtaget en datapolitik, der bygger på FAIR-dataprincipperne, således at alle forskere i praksis har fri og effektiv adgang til forsøgsdata.

Delmål B: CERN har vedtaget en grøn strategi, der sikrer, at CERN er både energieffektiv, og prioriterer grønne investeringer og grønne industriudbud inden for budgettet.

På grund af de meget store accelerator-faciliteter er CERN en af de forskningsfaciliteter, der forbruger mest energi. Facilitetens drift og udvikling har derfor stor betydning for den grønne omstilling.

Det er derfor en målsætning, at CERN i den kommende årrække mindsker sit energiforbrug, og bidrager til udviklingen af nye klimavenlige løsninger. Konkret er det en målsætning, at CERN inden 2027 har vedtaget en grøn strategi, der har fokus på energieffektivitet og på at mindske CERN's direkte forbrug af energi. Det er også målsætningen, at strategien skal bane vejen for, at CERN kan prioritere grønne investeringer og grønne industriudbud, når man køber og udvikler nye komponenter/produkter. Endelig er det målet, at CERN skal vise nye veje for at reducere omkostningerne ved at investere i grøn teknologi.

Delmål C: Øget fokus på ligestilling mellem kønnene på CERN og i det danske brugermiljø

På CERN er der en overvægt af mandlige ansatte – ikke mindst blandt det tekniske og videnskabelige personale. Når det gælder det danske brugermiljø, er der endnu ikke udarbejdet en opgørelse af kønsfordelingen.

Det er imidlertid ambitionen, at der i de kommende år vil ske en øget ligestilling mellem kønnene – både når det gælder CERN som i det danske brugermiljø. Mere konkret er det målet:

- At CERN har udarbejdet en plan eller strategi, der kan sikre større grad af ligestilling.
- At kønsfordeling i de danske brugermiljøer matcher kønsfordeling på danske universiteter på det teknisk/naturvidenskabelige områder.

Det er vigtigt at understrege, at det er en meget kompleks proces at ændre kønsfordelingen på såvel CERN som i det danske brugermiljø. Ansættelse af forskere på såvel de danske universiteter som CERN sker pba. ansøgernes faglige kvalifikationer. Det er imidlertid erfaringen, at et øget fokus på ligestillingsproblematikken i sig selv kan have betydning for kønsfordelingen blandt de ansatte på universiteterne. Det er derfor en ambition, at der i de kommende år skabes et større fokus og opmærksomhed på nødvendigheden af at skabe en mere ligelig kønsfordeling. Det bemærkes, at der endnu ikke er udarbejdet opgørelser over kønsfordelingen i de danske brugermiljø. NICE vil derfor ifb. med udarbejdelse af handlingsplan i 2023 få udarbejdet en sådan opgørelse.

Samlet oversigt

I følgende tabel opsummeres strategiske mål, delmål og kvantitative indikatorer for at understøtte forskningspolitiske mål:

Tabel 0.5

Tema 4: betydningen af medlemskabet for at understøtte forskningspolitiske mål

Strategisk mål	- Medlemskabet af CERN understøtter EU's FAIR-dataprincipper. - CERN har i sin drift og udvikling fokus på klimaneutralitet.
Delmål	A: CERN sikrer fri og effektiv adgang til forsøgsdata fra eksperimenterne. B: CERN har vedtaget grøn strategi, der sikrer, at CERN er både energieffektiv, og prioriterer grønne investeringer og grønne industriudbud inden for budgettet. C: Fokus på ligestilling mellem kønnene på CERN og i det danske brugermiljø.
Kvantitative indikatorer	A1: CERN har vedtaget en datapolitik, der bygger på FAIR-dataprincipperne A2: CERN har i praksis udmøntet datapolitik således at alle forskere har fri og effektiv adgang til forsøgsdata. B1: Der er vedtaget en strategi for at nedbringe CERN's klimabelastning, der indeholder konkrete mål samt plan for hvordan CERN's klimamål indfris. C1: CERN har udarbejdet en plan eller strategi, der kan sikre større grad af ligestilling. C2: Kønsfordelingen i det danske brugermiljø matcher kønsfordeling på danske universiteter på det teknisk/naturvidenskabelige område.

Målplan for medlemskaberne af ESO, NOT og ESA

Danske astrofysikere er involveret i et bredt spektrum af forskningsaktiviteter – fra studier af solsystemet (Mars, asteroider), stjernedannelse, studiet af exoplaneter, studier af andre stjerners indre med asteroseismologi, studier af eksploderende stjerner i form af supernovaer og gammaglimt, studiet af andre galakser og aktive galaksekerner og kosmologien og herunder Big Bang. Fælles for alle disse forskningsaktiviteter er behovet for adgang til 'state of the art' infrastruktur, hvad enten der er tale om jordbase-rede observationer eller rumbaserede satellitobservatorier. De forskellige typer observatorier og teleskoper giver således mulighed for at udforske forskellige typer af astrofysiske problemstillinger. I mange tilfælde komplementerer de forskellige observatorier hinanden og giver mulighed for at studere et fænomen med forskellige instrumenter.

Danmark har ikke selv ressourcer eller kapacitet til at opbygge eller drive de nødvendige observatorier. Derfor er Danmark og danske universiteter medlem af tre organisationer, der stiller observatorier, teleskoper eller andre typer af faciliteter til rådighed for, at astrofysikere kan studere universet og vores solsystem. Det drejer sig for det første om European Southern Observatory (ESO), som har hovedkvarter ved München, og som driver en række jordbaserede teleskoper i Chile. Det drejer sig bl.a. om ESO's fire teleskoper VLT, samt ESO's internationale samarbejde om ALMA, der hver især råder over en række specialiserede instrumenter. Ud over driften af de eksisterende teleskoper er ESO i gang med at opbygge det såkaldte "Extremely Large Telescope" (ELT), der bliver verdens største optiske teleskop, når det er klar omkring 2027.

Danmark er også medlem af den Europæiske rumfartsorganisation ESA, der som led i sit obligatoriske program gennemfører en række rummissioner, hvor der bl.a. opsendes rumfartøjer mhp. at udforske solsystemet og universet. Rummissionerne gennemføres af ESA i samarbejde med medlemslandene og til en vis grad med internationale partnere som NASA, JAXA og CNSA. I øjeblikket findes der 14 af disse rummissioner, der bl.a. har fokus på emner som solfysik, kosmologi, exoplaneter og studier af Mars og Merkur. Endelig deltager Danmark (med støtte fra UFM) i det nordiske universitetssamarbejde om Nordiske Optiske Teleskop (NOT) på La Palma i Spanien. Medlemskaberne af ESO, NOT og ESA's obligatoriske program giver også danske forskere adgang til en række andre faciliteter, det drejer sig bl.a. om det netop opsendte rumteleskop James Webb udviklet af den amerikanske rumfartsorganisation NASA.

Da der er et meget betydeligt overlap mellem de tre organisationer, opstilles der én samlet målplan for udnyttelsen af disse medlemskaber.

Tema 1 - Mål og sigtelinjer for udvikling af faciliteterne

Ved både ESO, NOT og ESA's obligatoriske program gennemføres der løbende en række større udviklingsaktiviteter. I øjeblikket er ESO således i gang med at opbygge ELT, der efter planen skal stå færdig i 2027, og som vil blive omkring fem gange større (målt på spejldiameter) end det største af ESO's nuværende teleskoper (VLT). ESA's obligatoriske program arbejder kontinuerligt på at udvikle nye rummissioner. I øjeblikket er der et særligt fokus på nye missioner, der skal øge kendskabet til exoplaneter, samt kombinere højenergiobservationer med observationer af tyngdebølger. På NOT arbejdes der på et nyt instrument, NTE, som også er efterspurgt af danske forskere.

Der vil i den kommende årrække være fokus på at få gennemført disse udviklingsprojekter. I den sammenhæng vil der fra dansk side være særligt fokus på at sikre, at danske forskeres mulighed for at udnytte de nye observationsmuligheder styrkes. Danske forskere har i udgangspunktet mulighed for at søge om observationstid eller få adgang til data på ELT og ESA's rummissioner. Tilbagemeldingerne fra brugerundersøgelsen viser imidlertid, at det ofte har en stor betydning for den videnskabelige kvalitet og gennemslagskraft, at danske forskere er aktivt involveret i de forskellige udviklingsprojekter. Derfor vil der i de kommende år være særligt fokus på, at medlemslandenes forskere får styrket mulighederne for at deltage i udviklingen af såvel ELT som ESA's rummissioner.

Overordnede strategiske mål for ESO, NOT og ESA

I den kommende årrække vil det være en dansk prioritet, at ESO, NOT og ESA's obligatoriske program udvikles, så medlemslandenes forskere får endnu større muligheder for at deltage i såvel igangværende og fremtidige udviklingsaktiviteter som at udnytte de eksisterende observationsmuligheder på de tre faciliteter.

Strategisk mål

Medlemskaberne af ESO, ESA's obligatoriske program og NOT udvikles så danske astrofysikere i endnu højere grad kan udnytte faciliteterne.

Uddybelse af mål

For at understøtte det overordnede strategiske mål for færdiggørelsen af ELT, udvikling af instrumenter til rummissioner under ESA's obligatorisk program, NTE på NOT, samt den langsigtede udvikling af faciliteterne vurderes det nødvendigt med en række strategiske indsatser og mål på følgende områder.

Delmål A: ELT færdiggøres ifølge plan og budget

Delmål B: ESO varetager en større del af finansieringen ifb. med instrumentering af ELT.

Delmål C: ESA sætter fokus på at alle medlemsstater har rimelig mulighed for deltagelse i instrumentdelen på ESA rummissioner under ESA's obligatoriske program.

Delmål D: Forskere har fri og effektiv adgang til data fra både ESO, ESA's obligatoriske program og NOT

Delmål E: Der udarbejdes planer for opgradering og vedligehold af eksisterende faciliteter.

Delmål A: ELT færdiggøres ifølge plan og budget

ESO har i en lang årrække arbejdet på at bygge verdens største optiske teleskop, ELT i Chile. Konstruktionsarbejderne er flere gange blevet ændret. Det har betydet, at konstruktionsprisen er øget, lige som at den forventede ibrugtagning er blevet udskudt. Hertil kommer, at der endnu ikke er etableret en fælles tidsplan ift. færdiggørelsen af de første tre ELT-instrumenter. Det kan i værste fald betyde, at instrumenterne ikke vil være færdigbyggede, når konstruktionen af ELT er færdig. Det er på den baggrund en central dansk strategisk målsætning, at den igangværende konstruktion af ELT færdiggøres i forlængelse af vedtagne planer (og budget).

Det betyder konkret, at ESO i de kommende år skal udvikle en samlet projektplan for færdiggørelsen af ELT, herunder også de tre instrumenter. Det er en dansk prioritet, at projektet kan færdiggøres inden for det vedtagne budget. Det betyder, at uforudsete budgetstigninger i udgangspunktet vil skulle afholdes inden for rammerne af ESO's eksisterende budget – og finansieres gennem tiltrækning af nye medlemslande, besparelser eller gennem udskydelse af de forskellige projektaktiviteter.

Delmål B: ESO varetager en større del af finansieringen ifb. med instrumentering af ELT.

De første tre instrumenter på ELT er i al væsentlighed finansieret af en række store forskningskonsortier. På den måde får ESO betalt opbygning af de første ELT-instrumenter, mens konsortierne til gengæld får tildelt en vis mængde observationstid, samt med at de får opbygget en særlig viden om det pågældende instrument. Erfaringerne fra andre observatorier viser således, at involvering i instrumentudvikling kan have meget stor positiv betydning for forskergruppernes efterfølgende videnskabelige anvendelse af et givent instrument. Flere danske forskergrupper har tilkendegivet, at de er meget interesseret i deltage i den fremtidige instrumentudvikling på ELT. ELT-instrumenterne er dog store, dyre og komplekse, i et omfang som kun kendes fra f.eks. instrumentering til rummissioner. Det er derfor et strategisk mål, at ESO afsætter finansiering i sin egen deltagelse i udviklingen af instrumenterne, så gennemførligheden øges og risi-

koen mindskes. Det vil samtidig bevirke, at det danske medfinansieringsbehov stabiliseres og gøres forudsigeligt. Derigennem øges samtidig muligheden for at mindre forskningsgrupper kan deltage i instrumentudviklingen.

Delmål C: Der er fortsat udvikling af ESO's eksisterende observatorier

ESO har i disse år stor fokus på etableringen af ELT. Det er imidlertid vigtigt, at ESO også har fokus på de eksisterende observatorier og faciliteter. Det er derfor vigtigt, at der i de kommende år fortsat sker en udvikling og vedligehold af eksisterende instrumenter og udstyr ikke bliver glemt. Det gælder ikke mindst ift. VLT, der fortsat vil være en af verdens førende faciliteter selvom ELT tages i brug. Og som vil spille en stor rolle for dansk astrofysik i fremtiden. Det er derfor essentielt at der fortsat sker vedligehold og udvikling af VLT.

Konkret er det derfor målet, at ESO fortsat udarbejder planer vedligehold og udvikling af de eksisterende faciliteter og instrumenter. Lige som det er tilfældet for mål a, er det en forudsætning af denne udvikling sker inden for de eksisterende budgetrammer, og ikke fører til øgede danske medlemsbidrag.

Delmål D: ESA sætter fokus på at alle medlemsstater har rimelig mulighed for deltagelse i instrumentdelen på rummissioner under ESA's obligatoriske program.

De videnskabelige instrumenter på ESA rummissioner under ESA's obligatoriske program, udvikles og bygges af instrumentkonsortier, som udgøres af forskningsinstitutter fra medlemslandene. Udgifterne overstiger typisk forskningsinstitutternes finansielle formåen. De er dermed afhængig af national støtte, hvilket begrænser mindre landes mulighed for deltagelse. Pga. begrænsede finansieringsmuligheder har forskningsgrupper fra bl.a. Danmark vanskeligt ved at deltage i udvikling og design af de instrumenter, der indgår i rummissionerne. Og lige som det er tilfældet for ESO's ELT-instrumenter (se mål B), betyder den manglende involvering, at danske forskere har vanskeligere ved at udnytte mulighederne ved rummissionerne.

Det er, ud fra tilsvarende overvejelser som i målsætning B, en målsætning, at ESA fremover sætter fokus på, at alle medlemsstater har rimelig mulighed for deltagelse i instrumentdelen på rummissioner under ESA Science missioner-delen af ESA's obligatoriske program.

Konkret er det målet, at ESA inden 2027 har udarbejdet en plan for, hvordan deltagelsen af mindre stater i instrumentkonsortier kan underbygges. En sådan plan skal på den ene side sikre, at der fortsat er finansiering af de fremtidige satellitmissioner samtidig med at mindre forskergrupper også får reel indflydelse på de enkelte missioner.

Delmål E: Forskere har fri og effektiv adgang til data fra både ESO, ESA's obligatoriske program og NOT.

Inden for astrofysikken er der en lang og meget omfattende tradition for at (gen)anvende data fra tidligere gennemførte observationer (såkaldt arkivdata). En stigende an-

del af danske astrofysikere bruger således aktivt eksisterende arkivdata i deres forskning. Og selv om der i princippet er fri adgang til observationsdata fra ESO, ESA's obligatoriske program og NOT, så kan det i nogle tilfælde være vanskeligt at anvende de pågældende data – eksempelvis fordi observationsdata ikke er oprettet i et format eller ikke processeres på en måde, som gør dem anvendelige for andre forskere. Fra dansk side er det en central målsætning, at alle forskere (og studerende) får fri og effektiv adgang til observationsdata fra de tre organisationer. Målsætningen svarer i stort omfang til den generelle målsætning om at sikre åben adgang til forskningsdata som EU-kommissionen har besluttet at indføre.

Det betyder konkret, at danske repræsentanter i de styrende organer for ESO, ESA's obligatoriske program, og NOT vil arbejde for, at de tre organisationer inden 2027 har vedtaget en datapolitik (i stil med EU's FAIR-dataprincipper), der i praksis sikrer, at alle forskere og studerende i praksis har fri og effektiv adgang til observationsdata fra de tre faciliteter.

Udfordringer og forudsætninger

Udviklingen på ESO, ESA's obligatoriske program og NOT fastlægges, som det er tilfældet for alle de internationale forskningsinfrastrukturer, af facilitetens medlemslandene (eller ejere). Det er derfor ikke Danmark alene, der kan bestemme, om ovenstående mål kan indfries. Og gennemførelsen af ovenstående fire delmål afhænger derfor også af, om der kan skabes opbakning til de danske synspunkter og prioriter. Målsætningerne fungerer derfor som pejlemærker for den fremtidige danske indsats i de tre organisationers styrende organer.

Samlet oversigt

I følgende tabel opsummeres strategiske mål, delmål og kvantitative indikatorer for overordnede udvikling af ESO, NOT og ESA's obligatoriske program:

Tabel 0.6

Tema 1: Mål og sigtelinjer for udvikling af faciliteterne

Strategisk mål	Medlemskaberne af ESO, ESA's obligatoriske program og NOT udvikles, så danske astrofysikere i endnu højere grad kan udnytte faciliteterne.
Delmål	A: ELT færdiggøres ifølge plan og budget B: ESO varetager en større del af finansieringen ifb. med instrumentering af ELT. C: Der er fortsat udvikling af ESO's eksisterende observatorier. D: ESA sætter fokus på, at alle medlemsstater har rimelig mulighed for deltagelse i instrumentdelen på rummissioner under ESA's obligatoriske program. E: Forskere har fri og effektiv adgang til data fra både ESO, ESA's obligatorisk program og NOT.

Strategisk mål	Medlemskaberne af ESO, ESA's obligatoriske program og NOT udvikles, så danske astrofysikere i endnu højere grad kan udnytte faciliteterne.
Kvantitative indikatorer	A1: Vedtagelse af projektplan for færdiggørelsen af ELT som omfatter ELT's instrumenter. A2: ELT færdiggøres inden for fastlagt budget. B1: Plan for forskeres involvering ifb. med udbygning af ELT's instrumenter. C1: Der udarbejdes planer for opgradering og vedligehold af ESO's eksisterende faciliteter D1: ESA har vedtaget plan for mindre staters øgede involvering i instrumentkonsortier E1: Data fra ESA, ESO og NOT er organiseret og lagret, så alle forskere frit og effektivt kan anvende disse data i deres forskning (jf. bl.a. EU's FAIR-dataprincipper).

Tema 2 - Videnskabelig anvendelse og udbytte

Igennem årene er der opbygget et kompetent astrofysisk forskningsmiljø i Danmark, der omfatter omkring 100 forskere (inkl. ph.d.-studerende). Miljøet har tradition for at anvende en meget bred vifte af forskellige observatorier og teleskoper, herunder naturligvis også de observatorier, der stilles til rådighed af ESO, NOT og ESA's obligatoriske program. Men danske astrofysikere bruger i høj grad også NASA's rummissioner samt andre nationale/internationale observatorier. Mere end halvdelen af de danske astrofysikere anvender eksempelvis hvert år NASA's forskellige rummissioner eller data derfra.

Den meget diverse anvendelse af observatorier illustrerer, at mange astrofysikere i vid udstrækning baserer det videnskabelige arbejde på forskellige typer af observationer og ofte kombinerer data på tværs af de jord- og/eller rumbaserede observatorier.

Det overordnede strategiske mål

Det er på den baggrund den overordnede målsætning, at der i den kommende årrække fortsat skal findes et kompetent astrofysisk forskningsmiljø i Danmark, som kan udnytte mulighederne ved ESO, NOT og ESA's obligatoriske program.

Strategisk mål

Med afsæt i medlemskaberne af ESO, ESA's obligatoriske program og NOT er der i 2027 fortsat et stærkt dansk brugermiljø inden for astrofysik.

Uddybelse af mål

For at understøtte det strategiske mål om at fastholde et stærkt dansk brugermiljø inden for astrofysik vurderes det nødvendigt med en række strategiske indsatser og mål på følgende områder:

Delmål A: Det danske astrofysiske brugermiljø har fastholdt mindst samme størrelse i 2027 som i 2021.

Delmål B: Det danske astrofysiske brugermiljø har mindst samme høje videnskabelige niveau som i 2021.

Delmål C: Der er i 2027 udviklet et samarbejde mellem forskningsinstitutioner om instrumentudvikling på ESA/ESO aktiviteter.

Delmål D: Medlemskaberne af ESO, ESA's obligatoriske program og NOT understøtter internationalisering af dansk astrofysik.

Delmål A: Det danske astrofysiske brugermiljø har fastholdt mindst samme størrelse i 2027 som i 2021

Gennem årene er der opbygget et mindre, men kompetent, astrofysisk brugermiljø i Danmark, der omfatter omkring 100 forskere (inkl. ph.d.-studerende). Det er vurderingen i følgeforskningscentret IDA, at det med det nuværende finansieringsniveau til astrofysikken vil være realistisk, at brugermiljøet som minimum kan fastholde samme størrelse i 2027 som hidtil (dvs. i 2021, da den seneste kortlægning af det astrofysiske brugermiljø blev gennemført).

Konkret er det målet, at der i 2027 stadig findes omkring 100 aktive astrofysikere på de danske universiteter. Det er samtidig målsætningen, at den observationstid, der tildeles danske forskere på ESO, ESA's obligatoriske program og NOT, matcher det relative danske bidrag til de tre organisationer.

Delmål B: Det danske astrofysiske brugermiljø har mindst samme høje videnskabelige niveau som i 2021.

Dansk astrofysik er kendetegnet ved et højt fagligt niveau. Det kommer bl.a. til udtryk, når man sammenligner impact af de artikler, som publiceres på baggrund af observationer udført på ESO. Her ligger danske forskere i top tre sammenlignet med forskere fra de øvrige europæiske lande.

Konkret betyder målsætningen, at den videnskabelige impact af de artikler, som publiceres af danske forskere, har samme niveau i 2027, som det er tilfældet i dag. Det er derfor også målet, at det astrofysiske brugermiljø i Danmark kan fastholde det nuværende høje faglige niveau.

Delmål C: Der er i 2027 udviklet et samarbejde mellem forskningsinstitutioner om instrumentudvikling på ESA/ESO aktiviteter.

Det er erfaringen fra bl.a. opbygningen af NOT såvel som ESO's VLT-teleskop, at en aktiv deltagelse i instrumentudvikling har en række fordele ift. den efterfølgende anvendelse. Det skyldes først og fremmest, at de involverede forskergrupper får opbygget en meget omfattende viden om de videnskabelige muligheder ved det pågældende instrument, hvilket gør det lettere at designe og gennemføre succesfulde observationer. Det er på den baggrund et strategisk mål, at der i den kommende årrække etableres samarbejder mellem danske forskergrupper i forhold til instrumentudvikling på både ESO og ESA's obligatoriske program.

Det er derfor et konkret mål, at danske astrofysikere i samarbejde på tværs af universiteterne har deltaget i udviklingen af såvel ESO's ELT som i instrumentet ANDES (tidl. HIRES). samt i instrumentudvikling på én eller flere rummissioner under ESA's obligatoriske program.

Delmål D: Medlemskaberne af ESO, ESA's obligatoriske program og NOT understøtter internationalisering af dansk astrofysik

Anvendelsen af de internationale observatorier har ikke alene betydning ift. den enkelte observation. Erfaringen viser, at anvendelsen af faciliteterne kan være med til at fremme samspillet og samarbejdet med udenlandske forskere og forskergrupper. Følgeforskningscentret IDA har således påpeget, at medlemskaberne af ESO, ESA's obligatoriske program og NOT ofte fungerer som katalysator ift. deltagelsen i internationale samarbejder og opbygning af internationale netværk samt adgangen til andre internationale faciliteter. Det er en strategisk målsætning, at de tre medlemskaber også i de kommende år er med til at understøtte internationaliseringen af dansk astrofysik.

Konkret er det målet, at andelen af danske astrofysikeres sampublicationer med udenlandske forskere er mindst på samme niveau som i 2021. Det er samtidig målsætningen, at danske astrofysikere (såvel forskere som studerende) benytter andre faciliteter end ESO, ESA's obligatoriske program og NOT i samme omfang som det er tilfældet i 2021.

Udfordringer og forudsætninger for mål

Det bemærkes, at der endnu ikke findes opgørelser over omfanget af den videnskabelige anvendelse af ESA's obligatoriske program. Det bemærkes yderligere, at der endnu ikke er fastlagt en metode til at bestemme eller måle det videnskabelige niveau i det astrofysiske miljø. Følgeforskningscentret IDA vil i forbindelse med udarbejdelse af handlingsplan udvikle et forslag til, hvordan det er muligt at opgøre/måle såvel den videnskabelige anvendelse af ESA's obligatoriske program samt det videnskabelige niveau blandt danske astrofysikere. Begge opgørelser skal i udgangspunktet være kvantitative, således at det er muligt at afgøre i hvilket omfang delmålet er blevet indfriet.

Samlet oversigt

I følgende tabel opsummeres strategiske mål, delmål og kvantitative indikatorer for den videnskabelige anvendelse og udbytte af ESO, ESA's obligatoriske program og NOT:

Tabel 0.7

Videnskabelig anvendelse af faciliteterne

Strategisk mål	Med afsæt i medlemskaberne af ESO, ESA's obligatoriske program og NOT er der i 2027 forsat et stærkt dansk brugermiljø inden for astrofysik.
Delmål	A: Det danske astrofysiske brugermiljø har fastholdt mindst samme størrelse som i 2021. B: Det danske astrofysiske brugermiljø har mindst samme høje videnskabelige niveau som i 2021. C: Der er i 2027 udviklet et samarbejde mellem forskningsinstitutioner om instrumentudvikling på ESA/ESO-aktiviteter. D: Medlemskaberne af ESO, ESA's obligatoriske program og NOT understøtter internationalisering af dansk astrofysik.
Kvantitative indikatorer	A1: Det astrofysiske brugermiljø består i 2027 af godt 100 forskere (inkl. ph.d.-studerende) (30-40 benytter årligt ESO og 30-40 benytter ESA-faciliteter). A2: Danske forskeres observationstid i ESO/ESA/NOT faciliteter matcher det relative danske bidrag til de tre organisationer. B1: IDA udarbejder en målestok til evaluering af impact specifikt for astrofysik, som anvendes til evaluering af den videnskabelige udnyttelse af faciliteterne. B2: Danske astrofysikeres videnskabelige publikationer har samme høje videnskabelige niveau som i 2021/2022 (jf. mål i b.1). C1: Danske astrofysikere deltager i udviklingen af ELT og instrumentet ANDES (tidl. HIRES). C2: Danske astrofysikere deltager i instrumentudvikling på ESA rummissioner under ESA's obligatoriske program. D1: Andelen af sampublicationer med udenlandske forskere er mindst på samme niveau som i 2021. D2: Danske forskere og studerende benytter andre faciliteter end ESO/ESA/NOT i samme omfang som det er tilfældet i 2021.

Tema 3 - Betydning af medlemskaberne af ESO, ESA's obligatoriske program og NOT for uddannelse og innovation

Ud over at medlemskaberne af ESO, ESA's obligatoriske program og NOT spiller en afgørende rolle for den astrofysiske forskning i Danmark, er det også ambitionen, at medlemskaberne kan bidrage til at styrke uddannelse samt understøtte innovation og vækst i dansk erhvervsliv.

Et væsentligt element i uddannelsen af nye astrofysikere er knyttet til medlemskabet af ESO, ESA's obligatoriske program og NOT. Det skyldes dels, at mange studerende ifb. med deres uddannelse enten bruger eksisterende observationsdata fra faciliteternes datarepositorier, eller fordi de studerende gennemfører egentlige observationer på de

forskellige faciliteter (ofte i samarbejde med deres vejledere/undervisere på universiteterne). Hertil kommer, at der på flere af faciliteterne udbydes en række trænings- og uddannelsesforløb i form af f.eks. sommerskoler og fellowships. Det er derfor en ambition, at medlemskaberne af ESO, ESA's obligatoriske program og NOT også i den kommende årrække kommer til at spille en aktiv rolle i astrofysikuddannelsen samt i tekniske uddannelser. Ud over uddannelse viser de hidtidige erfaringer fra såvel ESO, men ikke mindst ESA's obligatoriske program, at medlemskaberne også kan understøtte vækst og innovation gennem danske virksomheders salg af højteknologiske produkter og services til de forskellige faciliteter.

Det overordnede strategiske mål

Det er på den baggrund ambitionen, at medlemskaberne af ESO, ESA's obligatoriske program og NOT er med til at styrke uddannelsen af både kandidater og ph.d.-studerende på universiteterne samt innovation i dansk erhvervsliv. Der opstilles derfor nedenstående strategiske målsætning:

Strategisk mål

Adgang til ESO, ESA's obligatoriske program og NOT skaber grundlag for banebrydende innovation og karriereudvikling, samt styrker undervisningen på alle niveauer.

Uddybelse af mål

For at understøtte den overordnede strategiske målsætning opstilles følgende delmål:

Delmål A: Medlemskabet af ESO, ESA og NOT bidrager til udvikling af højteknologiske leverandørvirksomheder.

Delmål B: Medlemskaberne af ESO, ESA og NOT bidrager aktivt til uddannelsen inden for astrofysik på de danske universiteter.

Delmål C: Medlemskaberne af ESO, ESA og NOT understøtter karriereudvikling blandt danske forskere.

Delmål A: Medlemskabet af ESO, ESA og NOT bidrager til udvikling af højteknologiske leverandørvirksomheder i Danmark.

Målet er, at danske virksomheder får del i de ordrer, der hvert år udbydes af infrastrukturerne. Det er således erfaringen fra ikke mindst ESA's obligatoriske program at virksomheders salg af højteknologiske varer og services i mange tilfælde kan udnyttes kommercielt.

Det er i den sammenhæng et konkret mål, at danske virksomheders salg til ESO i 2027 udgør ca. 12 mio. kr., svarende til en returkoefficient på 1,0. For ESA's obligatoriske program opgøres returkoefficienterne for delprogrammerne Science og Basic Activities lidt

forskelligt. Målet er en georetur på 0,91 i 2027 for ESA Science og 0,95 i 2027 for ESA Basic Activities.

Delmål B: Medlemskaberne af ESO, ESA og NOT bidrager aktivt til uddannelsen inden for astrofysik på de danske universiteter

Medlemskaberne af ESO, ESA eller NOT har stor indflydelse på uddannelsen af såvel kandidat- som ph.d.-studerende. Erfaringerne viser således, at det ofte har stor værdi for de studerende at anvende faciliteternes forskellige tilbud og muligheder. Det er derfor målsætningen, at et stigende antal kandidat- og ph.d.-studerende deltager i uddannelsesforløb inden for astrofysik på en af de tre faciliteter, f.eks. gennem en nationalt arrangeret sommerskole, gennem universiteternes uddannelsesudbud, eller gennem forløb arrangeret af faciliteterne. Sådanne uddannelsesforløb kan omfatte, at studerende i forbindelse med deres studier har udført observationer på de tre organisationers observatorier (enten alene eller i samarbejde med andre studerende eller forskere). Det kan også dreje sig om studerende, der har anvendt faciliteternes E-Science ressourcer. Endeligt kan det handle om, at de studerende har deltaget i instrumentudvikling ift. ESO, ESA eller NOT. Herudover kan uddannelsesforløb også omfatte studerende, som har benyttet de direkte uddannelsesstilbud, der udbydes på de forskellige observatorier. På den måde bidrager medlemskaberne af ESO, ESA og NOT aktivt til uddannelsen inden for astrofysik på de danske universiteter.

Konkret er det målet, at antallet af studerende, der har foretaget observationer, anvendt datarepositorier eller har medvirket i instrumentudvikling til ESO, ESA eller NOT, er øget i 2027 sammenlignet med 2021. Det er samtidig målet, at antallet af studerende, der har anvendt 'NOT student program', er fastholdt på samme niveau i 2027 som i 2021. Endeligt er antallet af studerende, som har fået merit for de uddannelsesaktiviteter, de har deltaget i på de tre faciliteter, steget.

Delmål C: Medlemskaberne af ESO, ESA og NOT understøtter karriereudvikling blandt danske forskere.

Unge forskeres relationer til ESO, ESA og NOT vil styrke deres fremtidige karrieremuligheder. Det skyldes bl.a., at samarbejdet sker i en international kontekst, der er præget af højt videnskabeligt niveau, samt at internationalt netværk opbygges. Det er derfor en målsætning, at unge danske forskere i endnu højere grad end nu samarbejder med de tre faciliteter.

Konkret er det derfor målsætningen, at antallet af ESO/ESA-fellowships, der tildeles danske astrofysikere er øget i 2027 ift. 2021.

Udfordringer og forudsætninger

Det bemærkes, at der endnu ikke findes opgørelser over omfanget af studerendes anvendelse af de tre faciliteter (hverken ift. observationstid, E-Science ressourcer eller in-volvering i instrumentudvikling). Der findes heller ikke opgørelser over antallet af studerende, der har fået merit for uddannelsesaktiviteter på faciliteterne, eller som har modtaget et ESO/ESA-fellowship. Derfor vil følgeforskningscentret IDA i forbindelse med udarbejdelse af handlingsplan indsamle disse data

Følgeforskningscentret IDA har samtidig pointeret, at det i flere tilfælde kan være vanskeligt for studerende at få merit for de uddannelsesforløb, som de har deltaget i på faciliteterne. Følgeforskningscentret IDA foreslår, at der som del af en handlingsplan indgås dialog med studienævn på universiteterne om hvordan sommerskoler og uddannelsesforløb ved faciliteterne kan indgå i den formelle del af uddannelsen på alle niveauer. Måler er at studerende mere problemfrit kan få merit for deltagelse i uddannelsesaktiviteter ved faciliteterne.

Samlet oversigt

I følgende tabel opsummeres strategiske mål, delmål og kvantitative indikatorer for betydning af medlemskaberne af ESO, ESA's obligatoriske program og NOT for uddannelse og Innovation:

Tabel 0.8

Tema 3: Uddannelse og innovation

Strategisk mål	Adgang til ESO, ESA's obligatoriske program og NOT skaber grundlag for banebrydende innovation og karriereudvikling, samt styrker undervisningen på alle niveauer.
Delmål	A: Medlemskabet af ESO bidrager til udvikling af højteknologiske leverandørvirksomheder B: Medlemskaberne af ESO, ESA og NOT bidrager aktivt til uddannelsen inden for astrofysik på de danske universiteter. C: Medlemskaberne af ESO, ESA og NOT understøtter karriereudvikling blandt danske forskere.
Kvantitative indikatorer	A1: I 2027 udgør danske virksomheders salg til ESO ca. 12 mio. kr., svarende til en returkoefficient på 1,0, mens den danske geotetur til ESA Science og ESA Basic Activities i 2027 er på hhv. 0,91 og 0,95. B1: Antallet af studerende, der har foretaget observationer, anvendt datarepositorier eller har deltaget i instrumentudvikling til ESO, ESA eller NOT, er øget i 2027 sammenlignet med 2021. B2: Antallet af studerende, der har anvendt 'NOT student program', er fastholdt på samme niveau i 2027 som i 2021. B3: Der er sket en i stigning i antallet af studerende, som har fået merit for de uddannelsesaktiviteter, de har deltaget i på de tre faciliteter. C1: Andelen af tildelte ESO/ESA-fellowships er øget i 2027 ift. 2021

Tema 4 - Betydning af medlemskaberne ift. at understøtte forskningspolitiske mål

Som det er tilfældet for alle de internationale forskningsfaciliteter, så har medlemskaberne af ESO, ESA og NOT ikke alene betydning for uddannelse, forskning og innovation

inden for det pågældende forskningsområde. Erfaringer viser, at faciliteternes størrelse og deres placering i det internationale "forskningslandskab" betyder, at faciliteternes også har betydning for en række bredere forskningspolitiske problemstillinger.

Det overordnede strategiske mål

Det gælder eksempelvis ift. klimapolitik, hvor det er en vigtig dansk prioritet, at ESO, ESA og NOT har fokus på klimaneutralitet. Det er også en målsætning at sikre en større grad af diversitet i såvel det astrofysiske brugermiljø, som på de tre faciliteter. Det er på den baggrund strategiske målsætninger for medlemskaberne af ESO, ESA og NOT:

Strategiske mål

- ESO, ESA og NOT arbejder på at blive klimaneutrale.
- Såvel ESO, ESA og NOT som det danske brugermiljø har fokus på diversitet

Uddybelse af mål

For at indfri disse strategiske mål for medlemskaberne ESO, ESA og NOT opstilles følgende delmål:

Delmål A: Der udarbejdes strategi/politik for at mindske faciliteternes klimabelastning.

Delmål B: Øget fokus på diversitet og ligestilling.

Delmål A: Der udarbejdes strategi/politik for at mindske faciliteternes klimabelastning.

Konkret forslås det, at danske delegerede i styrende organer på ESO, ESA og NOT arbejder for, at de tre faciliteter inden 2027 har udarbejdet strategi/politik for at mindske faciliteternes klimabelastning.

Delmål B: Øget fokus på diversitet og ligestilling.

På både ESO, ESA og NOT er der en overvægt af mandlige ansatte – ikke mindst blandt det tekniske og videnskabelige personale. Når det gælder det danske astrofysiske forskningsmiljø, er der endnu ikke udarbejdet en egentlig opgørelse af kønsfordelingen. Det er imidlertid IDA's vurdering, at der findes en mindre overvægt af mandlige astrofysikere.

Det er ambitionen, at der i de kommende år vil ske en øget diversitet og specifikt ligestilling mellem kønnene – både når det gælder ESO, ESA og NOT, som i det danske astrofysiske brugermiljø. Mere konkret er det målet for alle medlemskaber at:

Danske delegerede arbejder for en større grad af ligestilling blandt de ansatte på ESO, ESA og NOT og blandt medlemmer i de rådgivende komiteer.

Faciliteter har udarbejdet plan eller strategi, der kan sikre større grad af ligestilling. Kønsfordelingen i de danske brugermiljøer matcher kønsfordelingen på danske universiteter på det teknisk/naturvidenskabelige områder.

Det er vigtigt at understrege, at det er en meget kompleks proces at øge diversiteten på såvel ESO, ESA og NOT som i det astrofysiske brugermiljø. Det er imidlertid erfaringen, at et øget fokus på diversitet i sig selv kan have betydning. Det er derfor en ambition, at der i de kommende år skabes et større fokus og opmærksomhed på nødvendigheden af at skabe først en mere ligelig kønsfordeling og senere øget diversitet i en bredere forstand. De delegerede i faciliteternes styrende organer vil arbejde for, at der i de kommende år vil være et øget fokus på behovet for en øget diversitet og i særdeleshed ligestilling mellem kønnene.

Diversitet er allerede noget følgeforskningscenteret IDA har fokus på, og har haft i en årrække. Specifikt er der udarbejdet valgeregler til det styrende organ, IDA Board, som tager hensyn til de opstillede diversitetskriterier: køn og (akademisk) alder. Disse kriterier anvendes ligeledes ved udvælgelsen af bidrag til årsmødet for astrofysikere ved danske universiteter arrangeret af IDA. Diversitet i en bredere forstand er ligeledes et fokuspunkt, som bliver flittigt behandlet i IDA Board, samt eksplicit italesættes i forbindelse med valgbehandlingen ved årsmødet.

For det astrofysiske brugermiljø vil IDA udarbejde en opgørelse over kønsfordelingen.

Samlet oversigt

I følgende tabel opsummeres strategiske mål, delmål og kvantitative indikatorer for betydningen af medlemskaberne ift. at understøtte forskningspolitiske mål:

Tabel 0.9

Tema 4: Understøttelse af forskningspolitiske mål

Strategisk mål	- ESO, ESA og NOT arbejder på at blive klimaneutrale. - Såvel ESO, ESA og NOT som det danske brugermiljø har fokus på diversitet.
Delmål	A. Der udarbejdet strategi/politik for at mindske faciliteternes klimabelastning. B. Øget fokus på diversitet og ligestilling.
Kvantitative indikatorer	A1: ESO og ESA har udarbejdet plan for at mindske faciliteternes klimabelastning. B1: Faciliteter har udarbejdet plan eller strategi, der kan sikre større grad af ligestilling. B2: Kønsfordeling i de danske brugermiljøer matcher kønsfordeling på danske universiteter på det teknisk/naturvidenskabelige områder.

Målplan for EMBL/EMBO

Danmark er medlem af de to forskningsorganisationer European Molecular Biology Organisation (EMBO) og European Molecular Biology Laboratory (EMBL), der er en verdensførende forskningsinstitution på det molekylærbiologiske område. Begge organisationer har hovedsæde i Heidelberg, Tyskland, og har til formål at understøtte og bedrive verdensledende molekylærbiologisk forskning samt udvikle de molekylærbiologiske forskningsmiljøer i de 28 medlemslande. Dette sker gennem bl.a. forskningssamarbejder, forskningslederansættelse, uddannelse (stipendier/fellowships og kurser), netværk og videnskabelige services (adgang til videnskabelige faciliteter, databaser og laboratorier).

De to organisationer fungerer som to uafhængige enheder, men har samme europæiske ejerkreds, der koordinerer de forskellige aktiviteter. EMBO er den mindre gren af de to organisationer med et årligt budget på ca. 21 mio. €. EMBO anvender hovedparten af sine midler til forskellige fellowships og stipendier, der uddeles til lovende (primært yngre) forskere, et omfattende program af workshops og symposier samt et akademisk netværk af omkring 1800 international ledende forskere inden for molekylærbiologi (EMBO members). EMBL er med et årligt budget på omkring 250 mio. € en stor organisation, som spænder over mange aktivitetsområder og formål, herunder: at udføre fundamental molekylærbiologi med gruppelederbaseret forskning, at udvikle metoder på det molekylærbiologiske område, at tilvejebringe forskningsfaciliteter og services til europæiske forskere og at forskeruddanne og træne yngre europæiske forskere.

EMBL og EMBO er således involveret i en meget bred vifte af forskellige aktiviteter og indsatser, som danske forskere på forskellige måder kan anvende og benytte med store fordele og effekter.

For Danmark kommer den strategiske betydning af medlemskabet især til udtryk ved uddannelse og oplæring af forskere i life science miljøer på allerhøjeste niveau (ph.d., postdoc, gruppeleder), ved anvendelse af avancerede faciliteter (fx strålelinjer, bioinformatik, avanceret mikroskopi), ved partnerskaber (DANDRITE, ESS udvikling) og gennem anvendelse af forskningsresultater og metoder til innovation og industri samt myndighedspraksis og politisk strategi (fx folkesundhed, grøn omstilling, miljø).

En omfattende undersøgelse i det danske brugermiljø afdækkede en stor værdi af EMBL/EMBO medlemskaberne, ikke mindst set i lyset af et stort life science miljø med stor betydning for nationaløkonomien i Danmark, men også et uudnyttet potentiale for at øge effekten ved et øget kendskab til mulighederne. I den sammenhæng er følge-forskningscentret DANEMO åbnet mellem de danske universiteter.

Tema 1: Overordnede sigtelinjer for udvikling af EMBL/EMBO-medlemskab

EMBL/EMBO har siden sin etablering i 1970'erne understøttet udviklingen af molekylærbiologiske forskningsmiljøer i de europæiske medlemslande. Begge organisationer har haft særligt fokus på at understøtte excellent forskning gennem en vifte af forskellige aktiviteter. På den baggrund har EMBL udviklet sig til et globalt fyrtårn for den molekylærbiologiske forskning. EMBL har således stor fokus på selv at udføre excellent forskning og derigennem at udvikle nye metoder og løsninger, som kan anvendes i de europæiske forskningsmiljøer. Samtidig skaber EMBL adgang til 'state of the art' laboratorier, forskningsfaciliteter og datasamlinger på såvel hovedfaciliteten i Heidelberg, Tyskland som på under-enheder i UK, Frankrig, Tyskland, Spanien og Italien. Herudover har både EMBL og EMBO fokus på uddannelse og træning af unge forskere, og uddeler i den sammenhæng et større antal stipendier (EMBO) og har mange stillingsudbud (især EMBL) på alle niveauer - fra ph.d. og postdoc til gruppeleder samt understøttende funktioner.

For at fastholde sin internationale position som forskningsfyrtårn har medlemslandene vedtaget et nyt videnskabeligt program for EMBL, som i betydeligt omfang øger bevilgingerne til organisationen (10% om året i fem år, i alt ca. 61%, for Danmarks bidrag øges fra 2 til 3.2 mio. €). Målet med det nye program har bl.a. været at udvide organisationens forskningsmæssige fokus, således at der i stigende grad også bliver fokus på samspillet mellem molekylære mekanismer, organismer og miljø. Desuden vil der fremover også være fokus på hele økosystemer og deres dynamik. Dertil bliver det også et mål at forstå de molekylære dynamikker, der er i samspil med makroskopiske forandringer af fx klima, miljø, biodiversitet og pandemier. Det nye EMBL program lægger samtidig op til at styrke samspillet mellem EMBL og medlemslandenes forskningsmiljøer - bl.a. gennem flere samarbejder og partnerskaber med medlemslandenes forskere.

Det overordnede strategiske mål

Det er på den baggrund en central ambition, at EMBL fremover kan fastholde og eventuelt også udbygge sin position som et globalt fyrtårn for den molekylærbiologiske forskning. Samtidig er det en klar målsætning, at der fra dansk side bør arbejdes for at styrke forankringen af EMBL/EMBO's forskningsaktiviteter i medlemslandenes forskningsmiljøer. Målet med en øget forankring, er at EMBL/EMBO, i endnu højere grad end hidtil, bidrager til at udvikle de molekylærbiologiske forskningsmiljøer i alle medlemslande - eksempelvis gennem flere direkte samarbejder og partnerskaber:

Strategisk mål

EMBL/EMBO vil fortsat være en drivkraft for udviklingen af den molekylærbiologiske forskning i Europa.

Uddybelse af mål

For at understøtte det overordnede strategiske mål vil der fra dansk side blive arbejdet for følgende strategiske indsatser og mål på følgende områder:

Delmål A: EMBL/EMBO understøtter medlemslandene gennem excellent forskning, adgang til 'state of the art' laboratorier, forskningsfaciliteter og datasamlinger samt uddannelse og træning af forskere

Delmål B: EMBL/EMBO's aktiviteter er i endnu højere grad forankret i medlemslandes forskningsmiljøer.

Delmål A: EMBL og EMBO understøtter fortsat medlemslandene gennem excellent forskning, adgang til 'state of the art' laboratorier, forskningsfaciliteter og datasamlinger samt uddannelse og træning af forskere.

Det er en central ambition, at EMBL med afsæt i det nye forskningsprogram kan fastholde sin position som et globalt fyrtårn for molekylærbiologiske forskning. Det er vigtigt, at EMBL også i fremtiden udfører forskning på højeste internationale niveau. Det er derfor målsætningen, at EMBL i 2026 har samme gennemslagskraft på sine videnskabelige publikationer, som det er tilfældet i 2020, trods stor vækst i life science på verdensplan.

Herudover er det målet, at EMBL og EMBO fortsætter med at understøtte udviklingen af de nationale forskningsmiljøer på minimum samme relative niveau som hidtil. Konkret betyder det, at EMBL/EMBO i 2026 har udvidet adgangen til laboratorier, forskningsfaciliteter og datasamlinger i relation til de nye forskningsområder i forskningsprogrammet svarende til totalbudgettets vækst (fraregnet inflation).

Delmål B: EMBL/EMBO's aktiviteter er i endnu højere grad forankret medlemslandes forskningsmiljøer.

Det er en dansk ambition at styrke samspillet og samarbejdet mellem EMBL og de nationale forskere og forskningsmiljøer. Målet er, at den viden og kompetence der opbygges på EMBL, i endnu højere grad end i dag, kommer til at styrke medlemslandenes molekylærbiologiske forskningsmiljøer.

Det er derfor vigtigt, at EMBL styrker mulighederne for samarbejder med medlemslandenes forskere. Fra dansk side vil der i de kommende år derfor blive arbejdet på, at EMBL udarbejder en strategi eller plan for hvordan organisationens forskningsaktiviteter i stigende grad kan ske i samarbejde med medlemslandenes forskere. Yderligere vil der blive arbejdet for, at EMBL opstiller mål for omfanget og karakteren af det direkte samarbejde mellem medlemslandene og EMBL.

Udfordringer og forudsætninger

Ovenstående målsætninger er udtryk for de vigtigste danske ambitioner for den fremtidige udvikling af EMBL/EMBO. Det er imidlertid vigtigt at understrege, at Danmark kun udgør ét ud af i alt 28 medlemslande. Derfor kan vi fra dansk side ikke alene bestemme hvordan EMBL/EMBO skal udvikle sig. De opstillede mål og delmål skal derfor ses som de danske prioriteter ift. medlemslandenes fremtidige drøftelser af hvordan EMBL/EMBO skal udvikles og hvilke aktiviteter, de to organisationer skal igangsætte. Målsætningerne fungerer på den måde som guidelines for de danske delegerede i EMBL/EMBO's styrende organer.

Samlet oversigt

I følgende tabel opsummeres strategiske mål, delmål og kvantitative indikatorer for den videnskabelige anvendelse og udbytte af EMBL:

Tabel O.10

Tema 1: Overordnede sigtelinjer for udvikling af medlemskabet.

Strategisk mål	EMBL/EMBO er fortsat en drivkraft for udviklingen af den molekylærbiologiske forskning i Europa.
Delmål	A: EMBL og EMBO understøtter medlemslandene gennem excellent forskning, adgang til 'state of the art' laboratorier, forskningsfaciliteter og datasamlinger samt uddannelse og træning af forskere på højeste niveau. B: EMBL/EMBO's aktiviteter er i endnu højere grad forankret i medlemslandes forskningsmiljøer.
Kvantitative indikatorer	A1: Impact af EMBL-artikler er i 2026 på samme niveau som i 2020 A2: EMBL/EMBO har i 2026 som minimum fastholdt udbuddet af stipendier/træning samt adgang til laboratorier, forskningsfaciliteter og datasamlinger på samme niveau som i 2020, skaleret på den inflationskorrigerede vækst. B1: EMBL har udarbejdet strategi, plan eller programmer for hvordan organisationens forskningsaktiviteter i stigende grad kan ske i samarbejde med medlemslandenes forskere. B2: EMBL opstiller mål for omfanget og karakteren af det direkte samarbejde mellem medlemslandene og EMBL.

Tema 2: Videnskabelige anvendelse af EMBL/EMBO

Lige siden grundlæggelsen har EMBL og EMBO haft som mål at styrke europæisk life science i sammenligning med især USA og Japan, og i dag også Sydkorea og Kina. EMBL har på den baggrund etableret sig som et globalt fyrtårn, der gennem excellent forskning og udvikling af nye banebrydende forskningsmetoder fremmer molekylærbiologien. Gennem udbredelsen af nye metoder og forskningsmæssig ekspertise understøtter EMBL de molekylærbiologiske forskningsmiljøer i medlemslandene. Erfaringen har vist, at udbredelse af denne viden og ekspertise i mange tilfælde sker lettest og mest effektivt gennem direkte forskningssamarbejder eller partnerskaber mellem de nationale forskergrupper og EMBL's forskere. Hidtil har danske forskere været gode til at etablere disse forskningssamarbejder, og det direkte samspil mellem EMBL og molekylærbiologiske forskergrupper i Danmark har haft stor betydning for de involverede forskningsgrupper. Samarbejdet mellem EMBL og dansk forskning har imidlertid været koncentreret om nogle få, meget stærke, danske forskningsmiljøer. Det er derfor en ambition at endnu flere danske forskere opsøger muligheden for at samarbejde med EMBL. Det er ikke mindst vigtigt da EMBL som følge af de nye forskningsprogrammer vil engagere sig i en række forskningsområder, som EMBL hidtil ikke har beskæftiget sig med, og

hvor dansk forskning står stærkt og kan bidrage markant til at præge udviklingen i EMBL regi.

EMBL råder også over en række 'state of the art' kernefaciliteter og brugerfaciliteter (laboratorier, forskningsinfrastrukturer og databaser), som er til rådighed for alle forskere i medlemslandene. Anvendelse af disse faciliteter og andre værktøjer til understøttelse af forskningsinfrastruktur (workshops, træningsforløb) er af central betydning for udvikling af dansk life science. Hidtil har danske forskere været gode til at udnytte disse muligheder. Det gælder ikke mindst de forskningsinfrastrukturer, som EMBL har etableret ved strålelinjer i Hamborg og Grenoble og som bioinformatiske værktøjer i EMBL/EBI-Hinxton. Det er på den baggrund ambitionen, at dansk forskning også fremover formår at udnytte disse værktøjer og faciliteter.

Det overordnede strategiske mål

Det overordnede strategiske mål er, at EMBL/EMBO i endnu højere grad end tidligere vil understøtte de danske videnskabelige miljøer inden for life science området. Ambitionen er således, at danske forskere som minimum anvender EMBL/EMBO's forskellige tilbud på samme niveau som det danske bidrag udgør til de to organisationer:

Strategisk mål

EMBL/EMBO medlemskabet understøtter i stigende omfang de videnskabelige miljøer på life science området i Danmark.

Uddybelse af mål

For at understøtte det strategiske mål for den videnskabelige anvendelse af EMBL, vurderes det nødvendigt, med en række strategiske indsatser og mål inden for følgende områder:

Delmål A: Det nye videnskabelige program har medvirket til at udbrede de direkte samspil og samarbejder mellem EMBL og relevante danske forskningsmiljøer.

Delmål B: Et øget antal af danske forskere er ansat ved EMBL.

Delmål C: Udvikling af dansk anvendelse af EMBL's corefaciliteter, databaser, imaging-center og EMBL-strålelinjer.

Delmål A - Det nye videnskabelige program har medvirket til at udbrede samarbejdet mellem EMBL og relevante danske forskningsmiljøer.

Med det nye videnskabelige program, følger en mulighed for at udvide det danske brugermiljøes samspil og samarbejde med EMBL inden for en bredere vifte af forskningsområder. Det er den sammenhæng essentielt, at nye forskningsmiljøer i Danmark, som hidtil ikke har været i tæt dialog med EMBL, inddrages i samarbejder og koordination med

EMBL fremover. Herunder fx miljøundersøgelser, mikrobiologi, jordbunds- og havbiologi og fysiologi.

Konkret er målet, at antallet af forskningssamarbejder mellem danskere forskere (inkl. Ph.d.-studerende) og EMBL øges med 10-20 pct. fra 2020 til 2026. Antallet af forskningssamarbejder måles gennem antallet af sampublicerede artikler.

Delmål B – Et øget antal af danske forskere er ansat ved EMBL.

Det er vigtigt, at danske forskere er ansat ved EMBL, for at sikre, at den viden der genereres ved EMBL også kommer det danske forskningsmiljø til gavn, ved at de danske EMBL-forskere vender tilbage og fortsætter deres forskningsvirke i danske forskningsmiljøer. En EMBL ansættelse er, som udgangspunkt, på maks. 9 år, så der er en konstant fornyelse i arbejdsstyrken. Højt uddannet arbejdskraft udgår således konstant fra EMBL til ansættelse i medlemslande og andre steder. En ansættelse ved EMBL styrker danske forskeres kompetencer, netværk og internationale gennemslagskraft og bidrager tillige til et markant tilbageløb af EMBL forskere/personale, af alle nationaliteter, til de danske miljøer. EMBL har adskillige muligheder for både vordende grupeledere, postdocs, ph.d.-studerende og for teknisk personale ved core-faciliteter og i administration, innovation og kommunikation. På samme måde bidrager de såkaldte "EMBL-alumni" (dvs. tidligere EMBL-ansatte) også til at styrke danske forskningsmiljøer.

I 2020 var der ansat tre danskere ved EMBL ud af en samlet stab på 1200. Danmark udgør ca. 1,7 pct. af EMBL's medlemsbidrag og danskere burde være fuldt konkurrencedygtige til stillinger ved EMBL. Der var flere EMBL-alumni i Danmark, og i 2018 var der således beskæftiget 65 tidligere EMBL-ansatte i Danmark.

Det er på den baggrund en konkret ambition, at antallet af danske forskere og støttepersonale, der er ansat ved EMBL, som minimum skal nærme sig 1,7% af EMBLs stab i 2026 (18-20 personer). Det er samtidig ambitionen, at antallet af "EMBL-alumni" med ansættelse i Danmark fastholdes på det nuværende niveau.

Delmål C – Udvikling af dansk anvendelse af EMBL's corefaciliteter, databaser, imaging-center og EMBL-strålelinjer.

Danske forskeres anvendelse af såvel EMBL's databaser, dataværktøjer samt EMBL strålelinjer på DESY, ESRF og ILL har en høj anvendelsesgrad blandt danske forskere. Det er vurderingen, at der ikke er basis for en betydelig udvikling af denne anvendelse. Når det gælder EMBL's core faciliteter for imaging, sekventering, og vævsmodeller er den danske anvendelse omvendt af mere begrænset omfang. Det er derfor en ambition, at anvendelsen af corefaciliteter øges i den kommende periode. DANEMO kan fra 2022 tilbyde økonomisk bistand til at opsøge ambitiøse anvendelser og samarbejder på EMBL faciliteter.

Konkret er det derfor en målsætning på den ene side at fastholde de højde danske anvendelse af EMBL's databaser, dataværktøjer samt EMBL strålelinjer og på den anden side øge anvendelsen af EMBL core-facilities med 10-20 pct.

Samlet oversigt

I følgende tabel opsummeres strategiske mål, delmål og kvantitative indikatorer for den videnskabelige anvendelse af EMBL:

Tabel O.11

Tema 2: Videnskabelig anvendelse

Strategisk mål	- EMBL/EMBO medlemskabet understøtter i stigende omfang de videnskabelige miljøer på life science området i Danmark.
Delmål	A :Det nye videnskabelige program har medvirket til udbrede de direkte samspil og samarbejder mellem EMBL og relevante danske forskningsmiljøer. B: Et øget antal af danske forskere er ansat ved EMBL. C: Øget dansk anvendelse af EMBL's corefaciliteter, databaser, imaging-center og EMBL-strålelinjer.
Kvantitative indikatorer	A1: En stigning på 10-20 pct. fra 2020 til 2026 i sampublicerede studier fra samarbejder på EMBL faciliteterne. B1: Danske forskere, der er ansat ved EMBL, skal nærme sig 1,7% af EMBL's stab. B2: Antallet af "EMBL-alumni" fastholdes på de nuværende 65 personer. C1: Danske forskere har fastholdt anvendelse af EMBL's databaser og strålelinjer på samme niveau som i 2020 C2: Danske forskere har i 2026 øget anvendelsen af core-facilities med 20% ift. 2020.

Tema 3: EMBL's og EMBO's betydning for uddannelse og innovation

Det er en essentiel del af det danske EMBL/EMBO medlemskab, at det i høj grad fokuserer på uddannelsesmuligheder og karriereudvikling for forskere. Ophold og træning ved EMBL faciliteterne er en oplagt mulighed for tidligt at opnå direkte kendskab til EMBL miljøer og karrieremuligheder i disse. Det er forventningen, at en øget brug og hjemtag af disse tilbud, både vil styrke det danske miljø gennem øget viden og et stærkere internationalt netværk, men også vil understøtte et stærkere tilbageløb af EMBL forskere/personale (EMBL-alumni) til de danske miljøer.

Foruden at drive avanceret forskningsinfrastruktur er EMBL også et eliteforskningslaboratorium, hvor det både er muligt at tage fulde ph.d.-uddannelser (f.eks. EMBL's EIPP program), være på kortere forskningsophold og deltage i forskellige kurser og praktikforløb. Derudover tilbyder EMBL også uddannelse og træning af videnskabeligt personale gennem f.eks. gruppeleder og postdoc ansættelser, EIPOD postdoc stipendier i førende forskningsprogrammer og gennem EMBL-ARISE stipendier, der uddanner videnskabeligt personale til at drive og udvikle molekylærbiologiske forskningsinfrastrukturer og core-faciliteter.

EMBO, der ikke selv driver forskning, tilbyder forskellige stipendiemuligheder for yngre forskere. EMBO Scientific Exchange Grants giver ph.d.-studerende mulighed for at besøge et laboratorium med speciel ekspertise eller instrumentering, i et andet land, i en

kortere periode (op til tre måneder), mens long-term fellowships er postdoc-stipendier af op til to års varighed.

Udover ovennævnte muligheder er EMBL og EMBO med til at finansiere og arrangere kurser af både videnskabelig karakter og inden for forskningsledelse.

Med hensyn til teknologioverførsel og innovation har EMBL to enheder der hjælper med kommercialisering af EMBL's forskningsresultater via industrielle samarbejder og spin-offs. Hvor virksomhederne tidligere var koncentreret omkring EMBL's sites, er der nu større fokus på at få aktiviteterne fordelt i de forskellige medlemslande. EMBL har således indgået en samarbejdsaftale med BioInnovation Institute i København i 2022.

Det overordnede strategiske mål

Den tidligere gennemførte undersøgelse af danske forskeres anvendelse af EMBO og EMBL viste blandt andet, at der er et tydeligt potentiale for, at flere danskere udnytter mulighederne for forskeruddannelse og postdoc-ansættelser gennem EMBL og EMBO. Det er således målsætningen, at EMBL/EMBO i endnu større omfang end hidtil understøtter uddannelse af studerende og forskere i Danmark. Ligesom det var tilfældet med den videnskabelige udnyttelse af EMBL/EMBO, er det også ambitionen, at danske studerende/forskere som minimum anvender EMBL/EMBO's forskellige uddannelsesstilbud på samme niveau som det danske bidrag til de to organisationer

Det er desuden målsætningen, at samspillet med EMBL kan styrke miljøet for startup-virksomheder inden for life-science.

Strategiske mål

- Medlemskabet af EMBL/EMBO understøtter uddannelse af højt kvalificerede studerende og forskere.
- Viden og spidskompetencer fra EMBL anvendes til at starte og videreudvikle virksomheder og startups i Danmark.

Uddybelse af mål

For at understøtte det strategiske mål for uddannelse og innovation ved EMBL, vurderes det nødvendigt, med en række strategiske indsatser og mål på følgende områder:

Delmål A: Bedre udnyttelse af EMBL/EMBO stipendier og kurser.

Delmål B: Oprettelse af formaliserede partnerskaber mellem EMBL og danske bioincubators / danske virksomheder.

Delmål A – Bedre udnyttelse af EMBL/EMBO-stipendier og –kurser.

Det er en dansk prioritet at sikre en større udnyttelse af EMBL-stillinger og EMBO-stipendiemuligheder med det sigte at uddanne og træne danske forskere, studerende og videnskabeligt personale ved EMBL's forskningsfaciliteter.

EMBL afholder en række kurser, der giver praktisk introduktion til avancerede metoder og faciliteter på højest niveau. EMBO arrangerer desuden workshops og kurser med høj synlighed og branding i miljøet. Aktiviteterne er af høj klasse og synlighed gennem EMBO-”brandet” giver derfor også det danske arrangørmiljø stor eksponering. For nuværende arrangeres kun få EMBO-workshops i Danmark. EMBL-kurserne (og EMBO-workshops andre steder) opsøges derimod i et fint omfang.

Det er derfor målsætningen, at den danske deltagelse i EMBO/EMBL-kurser fastholdes. Derudover er det målsætningen, at det danske brugermiljø hjemtager EMBL/ EMBO-postdoc-stipendier tilsvarende det danske medlemsbidrag på 1,7 pct. (pt. hjemtager DK i gennemsnit 1 stipendie pr. 5 år svarende til cirka 1 pct.). Yderligere sigtes der mod at 1-2 EMBO-workshops afholdes årligt ved danske institutioner (mod pt. færre end 1 om året i gennemsnit)

Danmark har historisk ligget lavt i antallet af tildelte postdoc-stipendier fra EMBO, hvilket blandt andet skyldtes, at stipendierne ikke har været økonomisk interessante for kandidater i Danmark - Dette skyldes især, at stipendierne på oprindeligt var tilsigtet skattefritagelse uden pension, sygesikring eller andre sociale bidrag, og at skattevæsenet i Danmark ikke accepterede disse vilkår. Dette er nu ændret, så man med et EMBO-postdoc-stipendium bliver ansat på værtsuniversitetet på lige vilkår med postdocs finansieret på anden vis.

Det er konkret målsætningen, at ansøgere til forskning i Danmark og fra danske institutioner til forskning i udlandet modtager omkring 1,7 pct. af de tildelte stipendier svarende til vores andel af finansieringen af EMBO blandt medlemslandene.

Delmål B – Oprettelse af formaliserede partnerskaber mellem EMBL og danske bioincubators / danske virksomheder.

EMBL har øget fokus på, at startup-virksomheder baseret på viden genereret ved EMBL fordeles bredere over EMBL’s medlemsstater, end tilfældet er nu. Med det stærke life-science og biotek startup-miljø i Danmark er det en oplagt mulighed, at en del af EMBL’s startups placeres i Danmark. EMBL har indgået en aftale med BII og det første konkrete projekt er påbegyndt. Dette samarbejde og EMBL’s interesse for at sprede startup-aktiviteter skal kommunikeres bredt til øvrige danske bioincubators og virksomheder med henblik på etableringen af yderligere aftaler.

Baseret på EMBL’s interesse i at sprede startups i medlemslandene; det gode danske miljø for life-science og biotek; og den allerede eksisterende opmærksomhed på DK via BII samarbejdet er det rimeligt at kunne tiltrække yderligere aftaler.

Det er målsætningen, at der indgås mindst én yderligere aftale mellem EMBL og danske bioincubators eller virksomheder.

Samlet overblik

I følgende tabel opsummeres strategiske mål, delmål og kvantitative indikatorer for uddannelse og innovation ved EMBL/EMBO:

Tabel O.12

Tema 3: Uddannelse og innovation

Strategisk mål	- Medlemskabet af EMBL/EMBO understøtter uddannelse af højt kvalificerede studerende og forskere.
----------------	---

	- Viden og spidskompetencer fra EMBL anvendes til at starte og videreudvikle virksomheder og startups i DK.
Delmål	A: Bedre udnyttelse af EMBL/EMBO-stipendier og kurser. B: Oprettelse af formaliserede partnerskaber mellem EMBL og danske bioincubators / danske virksomheder.
Kvantitative indikatorer	A1: Den danske deltagelse i EMBL/EMBO-kurser fastholdes på nuværende niveau. A2: Det danske brugermiljø hjemtager EMBL/EMBO-stipendier tilsvarende det danske medlemsbidrag på 1,7 pct.. A3: Der afholdes 1-2 EMBO-workshops årligt ved danske institutioner. B1: Der indgås mindst én yderligere aftale mellem EMBL og danske bioincubators eller virksomheder.

Tema 4: EMBL's og EMBO's betydning for understøttelse af bredere forskningspolitiske mål

EMBL har netop fået et nyt forskningsprogram for perioden 2022-26 vedtaget. Der er tale om en væsentlig udvidelse af EMBL's forskningsområder. Forskningen vil stadig tage udgangspunkt i en molekylær forståelse af liv, men vil under overskriften "Molecules to Ecosystems" i tilgift til klassisk molekylærbiologi også komme til at inkludere biologisk forskning på systemniveau (infektionsbiologi, humane økosystemer, mikrobielle økosystemer, multicellulær dynamik, planetarbiologi), datavidenskab og teoretisk forskning. Alle disse områder har meget høj samfundsmæssig bevågenhed og adresserer mange af de udfordringer, som vores klode står overfor, og som er kondenseret i FN's verdensmål.

Det er vigtigt, at Danmark deltager i og udnytter denne nye viden i udvikling af egen praksis og politik, og der banes vej for dette gennem lettilgængelige data. Det er dermed ambitionen, at EMBL-medlemskabet, ikke mindst under det nye EMBL-program, skal tilføre højere returløb af viden, partnerskaber og metoder i Danmark inden for uddannelse, forskning, innovation, industri og myndigheder med fokus på strategiske emner som klima, miljø og folkesundhed.

Det overordnede strategiske mål

Med de nye områder i forskningsprogrammet dækker EMBL's forskning biologi meget bredt. Flere af områderne i forskningsprogrammet har meget stor samfundsmæssig bevågenhed. Det gælder for eksempel infektionsbiologi, mikrobielle økosystemer og den grønne omstilling. Det er derfor en vigtig målsætning, at EMBL's forskning i stigende omfang bidrager med løsninger ift. den grønne omstilling samt løsning af udfordringer ift. biodiversitet og sundhed. Herudover er det også målsætningen, at EMBL understøtter fri og effektiv adgang til data og resultater, der er skabt på EMBL:

Strategisk mål

-EMBL understøtter EU's FAIR data-principper og stiller viden og fakta til rådighed for beslutningstagere.

-EMBL's forskningsprogram understøtter i stigende omfang den grønne omstilling og opretholdelse/genskabelse af planetens og menneskets sundhed med grundlæggende viden og konkrete løsninger.

Uddybelse af mål

For at understøtte de overordnede strategiske mål for understøttelsen af bredere forskningspolitiske mål, vurderes det nødvendigt, med en række strategiske indsatser og mål på følgende områder:

Delmål A: Viden og fakta fra EMBL gøres lettilgængeligt og kommunikeres til beslutningstagere.

Delmål B: EMBL sikrer fri og let tilgængelig adgang til data fra eksperimenter på faciliteterne.

Delmål C: Inden 2026 er der vedtaget plan for udmøntningen af EMBL's nye videnskabelige program, der betyder at EMBL i stigende omfang har fokus på at løse en række af de globale samfundsudfordringer.

Delmål D: Øget fokus ligestilling på EMBL/EMBO og i det danske brugermiljø.

Delmål A - Viden og fakta fra EMBL gøres lettilgængeligt og kommunikeres til beslutningstagere.

En styrket dansk forskning og samarbejde med EMBL om globale udfordringer inden for biodiversitet, infektionsbiologi og (biologisk) datavidenskab skal sikre, at den nyeste viden inden for de nævnte områder også er forankret i Danmark, samt giver Danmark en stemme på globale problemstillinger.

EMBL har et ønske om, at resultater og viden, der er genereret på EMBL, stilles til rådighed for beslutningstagere og på den måde kommer til gavn for samfundet. EMBL har ikke tidligere på samme måde haft et fokuseret mål om, at deres viden skal stilles til rådighed for beslutningstagere.

For at understøtte denne målsætning vil der konkret arbejdes mod, at viden og fakta, der genereres ved EMBL, formidles til danske beslutningstagere gennem blandt andet DANEMO's kommunikationskanaler.

Delmål B - EMBL sikrer fri og lettilgængelig adgang til data fra eksperimenter på faciliteterne.

På europæisk plan er der et stigende fokus på, at forskere skal have adgang til de forsøgsdata som europæiske forskere frembringer. Det gælder også de eksperimentelle data, der frembringes på EMBL og det er dermed en dansk prioritet, at faciliteterne sikrer fri og effektiv adgang til disse forsøgsdata.

Konkret er det derfor målsætningen, at EMBL har vedtaget en FAIR-datapolitik i 2026, samt at forskere har fri og lettilgængelig adgang til forsøgsdata og viden fra EMBL-faciliteterne.

Delmål C – I 2026 er der vedtaget plan udmøntning af EMBL's nye videnskabelig program bidrager til at løse store samfundsproblemer

EMBL's nye videnskabelige program inkluderer ud over den klassiske molekylærbiologi også en række nye forskningsområder, herunder ikke mindst biologisk forskning på systemniveau (infektionsbiologi, humane økosystemer, mikrobielle økosystemer, multicellulær dynamik, planetarbiologi), datavidenskab og teoretisk forskning. Det er forskningsområder, der potentielt set kan få stor betydning for at løse en række af de store samfundsudfordringer, bl.a. den grønne omstilling, fødevareproduktion og sundhed. Der er endnu ikke fastlagt hvordan det nye videnskabelige program konkret skal udmøntes. Fra dansk side vil det være en prioritet, at forskningsprogrammet har fokus på, at der udvikles løsninger der kan bidrage til at sikre den grønne omstilling, større biodiversitet, øget sundhed og fødevareproduktion.

Det forslås på den baggrund, at Danmark arbejder for, at der inden 2026 er vedtaget plan for udmøntningen af EMBL's nye videnskabelig program, der betyder at EMBL i stigende omfang har fokus på at løse en række af de globale samfundsudfordringer som den grønne omstilling, udviklingen af klimavenlige løsninger, større biodiversitet, øget sundhed og fødevareproduktion.

Delmål D - Øget fokus på ligestilling i EMBL/EMBO og i det danske brugermiljø.

På hovedparten af de internationale faciliteter er der en betydelig overvægt af mandlige ansatte – ikke mindst blandt det tekniske og videnskabelige personale, hvorimod kvinder ofte er ansat i administrative støttefunktioner. I den seneste årrække er der et stigende fokus på at øge ligestillingen mellem kønnene blandt forskerne i både Danmark og Europa. Det er derfor naturligt, at de strategiske mål for de internationale medlemskaber afspejler denne ambition.

Det er ambitionen, at der i kommende år vil arbejdes for en øget ligestilling mellem kønnene ved de ansatte på EMBL/EMBO og i de danske brugermiljøer. Dette vil blandt andet indebære et fokus på, at EMBL/EMBO har udarbejdet en strategi for, hvordan der arbejdes med ligestilling på faciliteter. Yderligere er det målet, at kønsfordelingen i det danske brugermiljø, som minimum, matcher de danske universiteter på det tekniske/naturvidenskabelige område.

Samlet oversigt

I følgende tabel opsummeres strategiske mål, delmål og kvantitative indikatorer for medlemskabets betydning for understøttelse af forskningspolitiske mål:

Tabel O.13

Tema 4: Understøttelse af forskningspolitiske mål

Strategisk mål	-EMBL understøtter EU's FAIR data-principper og stiller viden og fakta til rådighed for beslutningstagere. -EMBL's forskningsprogram understøtter opretholdelse/genskabelse af planetens og menneskets sundhed med grundlæggende viden og konkrete løsninger.
Delmål	A: Viden og fakta fra EMBL gøres lettilgængeligt og kommunikeres til beslutningstagere. B: EMBL sikrer fri og lettilgængelig adgang til data fra eksperimenter på faciliteterne. C: EMBL's nye videnskabelig program har fokus på at løse en række af de globale samfundsudfordringer. D: Øget fokus på ligestilling i EMBL/EMBO og i det danske brugermiljø.
Kvantitative indikatorer	A1: DANEMO har udarbejdet en plan for formidling og kommunikation til danske beslutningstagere. B1: EMBL har vedtaget en FAIR-datapolitik i 2026. B2: Alle forskere har fri og lettilgængelig adgang til forsøgsdata fra EMBL-faciliteterne. C1: Inden 2026 er der vedtaget plan for udmøntningen af EMBL's nye videnskabelig program, der betyder at EMBL i stigende omfang har fokus på at løse en række af de globale samfundsudfordringer. D1: EMBL/EMBO har udarbejdet en plan eller strategi, der kan sikre større grad af ligestilling. D2: Kønsfordelingen i de danske brugermiljøer matcher som minimum kønsfordeling på danske universiteter på de teknisk/naturvidenskabelige områder.

Målplan for ITER

ITER er et internationalt fusionsenergieksperiment, som er under opbygning i Cadarache i Provence (Frankrig) med det primære formål at vise, at man kan bruge fusionsenergi som en fremtidig bæredygtig og udtømmelig energikilde. ITER bliver verdens største fusionsenergieksperiment og skal danne baggrund for udviklingen af en demonstrationsreaktor, DEMO, som skal være en prototype for et fremtidigt kommercielt fusionskraftværk. DEMO forventes at stå færdig omkring år 2055.

Danmark er medlem af ITER, og dermed kan danske forskere deltage i alle forsknings- og udviklingskontrakter, der udbydes fra ITER. Medlemskabet af ITER er finansieret gennem det danske medlemskab af Euratom (som alle EU-lande er medlem af). Euratom finansierer ud over det europæiske bidrag til ITER også en meget betydelig del af europæisk fusionsforskning. Herunder flere europæiske fusionsforskningsfaciliteter samt et omfattende forskningsprogram. Disse aktiviteter er organiseret (og finansieret) gennem konsortiet EUROfusion, som er en sammenslutning af europæiske fusionslaboratorier og universitetsgrupper.

EUROfusion understøtter den europæiske videnskabelige forberedelse til ITER gennem sine forskningsprogrammer, og dertil er en væsentlig del af EUROfusions forsknings- og udviklingsprogram rettet mod designet af DEMO og udviklingen af teknologier hertil. Danske forskere har gennem EUROfusion adgang til de europæiske fusionsforskningsprogrammer/-midler samt fusionsfaciliteter. Den eksperimentelle tid på faciliteterne tildeles på basis af forskningsfaglig vurdering, og forskningsmidlerne i programmerne tildeles i konkurrence på basis af evaluering af det fagligt/videnskabelige og effektiviteten af ansøgningen – bl.a. økonomisk og i holdsammensætningen.

Samarbejdsaftaler mellem EU og forskellige lande samt bilaterale aftaler giver adgang til en række faciliteter f.eks. i Sydkorea (KSTAR), Kina (EAST) og USA (DIII-D). EUROfusion medfinansierer også europæiske fusionsforskeres deltagelse i teoretisk og eksperimentelt samarbejde med disse fusionsforskningsmiljøer i bl.a. USA, Kina, Japan og Korea.

Fusionsenergiforskningen er internationalt ved at gå ind i en ny fase med konstruktionen af ITER (international), CFETR (kinesisk eksperimentel reaktor), STEP (England), SPARC (af det private firma CFS i USA) og ikke mindst de europæiske designaktiviteter af DEMO, samt en række private initiativer. Fasen er karakteriseret ved at komme nærmere realiseringen af egentlige kraftværkslignende faciliteter, hvor udfordringerne, forskningen og udviklingen får yderligere fokus på at finde tekniske løsninger. Samtidig er studier af fusionsplasmafysik vigtig, og det er et felt med væsentlige danske kompetencer på internationalt førende niveau.

Det forventes dermed, at der, i de kommende år vil ske et skift i fusionsforskningsmiljøet, hvor aktiviteterne omkring ITER og på sigt DEMO vil medføre et en relativt større vægt på udvikling af teknologiske løsninger og drift af kraftværk. Dette skaber muligheder for, og forventninger til, at det danske fusionsforskningsbrugermiljø kan opleve en tilvækst samt nye muligheder for både forskningsprojekter, samarbejde og innovation.

ITER-faciliteten forventes ikke at være operationel før efter 2025. Danmarks primære fokus og mulighed for indflydelse i ITER vil derfor for nuværende være funderet i bidrag til relevante videnskabelige komiteer i forbindelse med forberedelsen af ITER's program – og på at øge danske forskningsgruppers deltagelse i fusionsenergiforskningen gennem særligt EUROfusions programmer. De opstillede mål og fokus for denne målplan vil

derfor i høj grad fokusere på disse bidrag, herunder også bidrag til en kommende DEMO-facilitet.

Tema 1: Overordnede sigtelinjer for udviklingen af medlemsfaciliteten og de danske brugermiljøer

Som beskrevet i ovenstående er det overordnede strategiske mål for ITER, at man med faciliteten vil demonstrere, at man kan lave fusionsplasmaer, samt udvikle og integrere fusionsteknologier, der er nødvendige for udviklingen af et fremtidigt fusionskraftværk. Skridtet efter ITER er i Europas tilfælde kaldet DEMO, som er et demonstrationskraftværk der parallelt med ITER's konstruktion er i designfasen (EUROfusion).

ITER vil som verdensførende og samlende facilitet være helt central for den globale fusionsforskning fra nu og ca. 20 år frem. Det vil være af største interesse for danske forskere at have en væsentlig involvering direkte eller indirekte med ITER og ITER's drift. Samtidig vil den øvrige forskning – som i de foregående år – oftest relatere sig til, i hvor høj grad forskningen er relevant for ITER.

Som beskrevet kan involveringen have forskellige former, både direkte på ITER og som aftager af data. Med det danskudviklede Collective Thomson Scattering (CTS) målesystem og med den danske involvering i flere videnskabelige komitéer⁶ omkring ITER er danske forskere godt placeret i forhold til direkte bidrag til udviklingen af det videnskabelige program for ITER.

Det overordnede strategiske mål

ITER er en anderledes facilitet end mange af de øvrige storskala faciliteter, da det er selve realiseringen af faciliteten, samt driften og optimeringen af driften, som er det videnskabelige mål. Netop dette nye fokus og dertilhørende udvikling i brugermiljøet omkring ITER og EUROfusion vil danne udgangspunkt for den overordnede danske sigtelinje for udviklingen af faciliteterne og brugermiljøet.

Da planen for opførelsen af ITER allerede er vedtaget og fastlagt, er målplanens fokus dermed ikke på særskilte mål for ITER-faciliteten, men i stedet på hvordan det danske brugermiljø bedst muligt får indflydelse på udviklingen af det videnskabelige program og den efterfølgende drift af ITER:

Strategisk mål

- ITER vil demonstrere fusionsplasmaer og -teknologier, der er nødvendige for udviklingen af et fremtidigt fusionskraftværk.
-

Uddybelse af mål

For at understøtte opnåelsen af det overordnede strategiske mål for de overordnede sigtelinjer for udviklingen af ITER og EUROfusion og de danske brugermiljøer, vurderes det nødvendigt med en række strategiske indsatser og mål inden for følgende områder:

⁶ Eksempelvis ITPA (International Tokamak Physics Activities) Energetic Particles TG (Topical Group) og Diagnostics TG

Delmål A: Det danske brugermiljø bidrager til relevante videnskabelige komiteer og udviklingsprojekter på ITER.

Delmål B: Danske forskere deltager i videnskabelige projekter på ITER fra den går i drift.

Delmål A – Det danske brugermiljø bidrager til relevante videnskabelige komiteer og udviklingsprojekter på ITER.

Da ITER ifølge tidsplanen først vil være operationel efter 2025, vil der være en længere periode op til driftsstart, hvor Danmarks primære rolle og mulighed for indflydelse vil være funderet i bidrag til relevante videnskabelige komiteer i forbindelse med forberedelsen af ITER's videnskabelige program.

En vigtig del af det videnskabelige udbytte fra ITER vil komme fra ITER's 50+ målesystemer (såkaldte diagnostikker). Disse er samtidig helt centrale for driften og optimeringen af ITER's fusionsplasmaer. Danske forskere fra DTU har siden 2014 været involveret i udviklingen af ITER's Collective Thomson Scattering diagnostik (CTS). Dette er udviklet under kontrakt med Fusion for Energy (F4E), og efter at udviklings- og designfasen er afsluttet i 2022 vil systemet blive produceret af F4E og leveret til ITER-organisationen.

Det er derfor forventningen, at det danske brugermiljø bidrager til ITER's videnskabelige program, udvikling og drift gennem deltagelse i fire relevante videnskabelige komiteer i udviklingsfasen af ITER. Yderligere er det ambitionen, at det dansk-udviklede CTS-målesystem er installeret på ITER i 2029.

Delmål B – Danske forskeres deltagelse i videnskabelige projekter på ITER

Planerne for ITER indikerer en første fase i tiden op til 2030, med dels en First Plasma fase og dernæst en afslutning af installationen af selve ITER-maskinen. 2030/2032 vil markere startskuddet for en mere intens udnyttelse af ITER, hvor ITER's mål om 500 MW fusionseffekt skal opnås i 2035.

Med dansk ekspertise inden for dynamikken af hurtige ioner bl.a. skabt i fusionsprocesserne (også diagnosticeret med CTS systemet) vil der være god basis for danske roller i de videnskabelige projekter på ITER. Det er derfor ambitionen, at danske forskere vil deltage årligt i to videnskabelige projekter på ITER i 2030.

Udfordringer og forudsætninger

ITERs tidsplan står overfor en revision – bl.a. pga. COVID-19. Det kan have påvirkning på, hvornår det forventes, at ITER går i drift og hermed også på nogle af delmålene og deres indikatorer. Det forventes at en opdateret tidsplan bliver vedtaget og offentliggjort i november 2023.

Samlet oversigt

I følgende tabel opsummeres strategiske mål, delmål og kvantitative indikatorer for den videnskabelige anvendelse og udbytte af ITER:

Tabel 0.14

Tema 1: Overordnede sigtelinjer for udviklingen af medlemskabet.

Strategisk mål	ITER vil demonstrere fusionsplasmaer og -teknologier, der er nødvendige for udviklingen af et fremtidigt fusionskraftværk
Delmål	A: Det danske brugermiljø har bidraget til relevante videnskabelige komiteer og udviklingsprojekter på ITER. B: Danske forskere deltager i videnskabelige projekter på ITER fra den går i drift.
Kvantitative indikatorer	A1: To danske forskere har bidraget til videnskabelige komiteer ift. forberedelse af ITERs program. A2: Det dansk udviklede CTS-målesystem er installeret på ITER i 2029. B1: Danske forskere deltager årligt i to videnskabelige projekter på ITER i 2030.

Tema 2 – Videnskabelig anvendelse og udbytte

Det danske EUROfusion og ITER-brugermiljø har traditionelt set været centreret omkring DTU, som indtil 2020 var den eneste danske partner i EUROfusion. Efterfølgende er også SDU, AU og AAU blevet affilierede partnere og kan deltage i EUROfusion projekter. I 2021 blev følgeforskningscentret DANfusion etableret. Det skal understøtte danske forskeres involvering i såvel ITER som i EUROfusion.

Det danske brugermiljø har især været specialiseret inden for få udvalgte forskningsområder. Mere end halvdelen af de involverede forskere har dermed fokus på plasmafysik – dvs. forskning af de fysiske processer, der sker i fusionsplasmaet – også i forbindelse med selve fusionsprocessen.

Det vurderes, at der er et betydeligt potentiale for at øge omfanget af det danske fusionsforskningsmiljø. Det skyldes for det første, at dansk fusionsforskning relativt er betydeligt mindre end fusionsforskningsmiljøerne i hovedparten af øvrige europæiske lande. For det andet vurderes det, at der findes en række forskningsområder, som nye danske forskningsmiljøer uden for den traditionelle fusionsforskning vil kunne involveres i og dermed øge den danske anvendelse – dette gør sig særligt gældende inden for udvikling af teknologier, komponenter og materialer til fremtidige fusionsfaciliteter og DEMO.

Dermed vil den fremadrettede ambition for – og forventede vækst i – den danske inddragelse i fusionsforskningen primært ske ved en bredere dansk deltagelse.

Det overordnede strategiske mål

Hovedfokus inden for Tema 2 om den fremtidige videnskabelige anvendelse og udbytte af ITER og EUROfusion er derfor at udvide og styrke det danske fusionsforskningsmiljø, således at dette er bredere forankret blandt de relevante nationale videninstitutioner.

Strategisk mål

Med afsæt i de danske medlemskaber af ITER/F4E og EUROfusion skal det danske fusionsforskningsmiljø udvides og styrkes, så danske forskere bidrager til centrale emner i den europæiske roadmap mod fusionsenergi.

Uddybelse af mål

For at understøtte opnåelsen af det overordnede strategiske mål for den videnskabelige anvendelse af ITER og EUROfusion vurderes det nødvendigt med en række strategiske indsatser og mål inden for følgende områder.

Delmål A: Der er i 2026 sket en tilvækst i det danske brugermiljø og denne er hovedsageligt inden for nye forskningsområder.

Delmål B: Det danske brugermiljø har i 2026 bidraget til centrale forsknings- og udviklingsprojekter i regi af ITER og DEMO.

Delmål C: Det danske brugermiljø har et højt internationalt videnskabeligt niveau.

Delmål A – Der er i 2026 sket en tilvækst i det danske brugermiljø og denne er hovedsageligt inden for nye forskningsområder.

Med de danske medlemskaber af ITER og EUROfusion, og med væsentlig dansk ekspertise inden for centrale emner som bl.a. plasmafysik, remote handling, materialefysik mv. er der basis for en udvidelse og styrkelse af den danske indsats i den europæiske og internationale fusionsforskning. I de kommende år vil ITER-programmet skabe nye muligheder for fusionsforskningsmiljøet – særligt i forhold til områder inden for udvikling af teknologiske løsninger, instrumentudvikling og drift af kraftværk.

Det er derfor ambitionen, at der skal identificeres nye danske kompetencer, som er relevante for ITER og EUROfusion's forskningsprogram – og herigennem arbejde for at det danske brugermiljø udvides og forankres bredere på tværs af relevante nationale aktører. En realisering af dette vil både styrke de danske forskningsmiljøer – både økonomisk og videnskabeligt – og den europæiske forskning pga. de relevante danske bidrag.

Konkret er målet, at antallet af danske forskere (inkl. ph.d.-studerende), der er involveret i fusionsforskningen, stiger fra ca. 28 (2020) til ca. 42 (2026). En sådan øgning er en udfordring at opnå for de eksisterende forskningsgrupper, og søges derfor opnået ved inddragelse af flere nye grupper. Således er det forventningen og målet, at cirka en tredjedel af de danske fusionsforskere i 2026 skal findes uden for de traditionelle fusionsforskningsmiljøer inden for bl.a. plasmafysik (som f.eks. effektelektronik og robotteknologi).

Delmål B – Det danske brugermiljø har i 2026 bidraget til centrale forsknings- og udviklingsprojekter i regi af ITER og DEMO.

Som tidligere nævnt, vurderes det særligt fordelagtigt for den danske anvendelse af EUROfusion og ITER med et strategisk fokus på at bidrage til udviklingsprojekter og videnskabelige komiteer. Dette vil medføre et stærkere dansk aftryk på den europæiske fusionsforskningsarena, samt et øget grundlag for finansiering af dansk fusionsforskning.

Der vurderes derfor at være et strategisk behov for fortsat at arbejde med at identificere synergier mellem danske forskningsgruppers kompetencer og forsknings- og udviklingsbehov hos EUROfusion og ITER. Derigennem er målet, at der fra dansk side, indrages relevante fagområder (både inden for fysik og teknologi) – til gensidig gavn.

Det forventes, at sådanne indsatser vil resultere i dansk deltagelse i to udviklingsprojekter i regi af blandt andet ITER og DEMO. Som udløb af dette vil det desuden forventes, at der sker en stigning i sampublicationer mellem det danske brugermiljø og relevante partnere fra EUROfusion.

Tilsvarende forventes et tilsvarende øget hjemtag af forskningsmidler fra EUROfusion og ITER fra 800 kEuro/år (2020) til 1300 kEuro/år (2026). Dette vil forudsætte, at der også sker en øget national medfinansiering fra enten nationale eller private forskningsmidler eller universiteternes øvrige midler.

Delmål C – Det danske brugermiljø har et højt internationalt videnskabeligt niveau.

Den videnskabelige publikations impact af danske forskeres deltagelse i fusionsforskningen skal kvantificeres fremadrettet. Den nødvendige data eksisterer ikke på nuværende tidspunkt for det danske brugermiljø og der er derfor fastsat et mål om at udarbejde en bibliometrisk analyse i 2022. Denne analyse forventes at danne grundlag for en fremadrettet kvantitativ indikator baseret på publikationer i feltet. En indledende ambition for det bibliometriske impact vil være at sikre et fagligt niveau på minimum samme niveau som de øvrige fysikmiljøer.

Udfordringer og forudsætninger

Det er en gennemgående udfordring, at forskningsbevillingerne under EUROfusion og F4E forudsætter en national medfinansiering på ca. 50 pct.. Idet der ikke er et nationalt instrument til denne finansiering, vil enhver øgning i dansk hjemtag af kontrakter fra EUROfusion forudsætte enten øget inddragelse af de allerede pressede rammemidler på universiteterne eller tilsvarende koordinerede succesfulde forskningsrådsansøgninger fra de danske offentlige og private fonde.

Samlet oversigt

I følgende tabel opsummeres strategiske mål, delmål og kvantitative indikatorer for den videnskabelige anvendelse og udbytte af ITER:

Tabel O.15

Tema 2: Videnskabelig anvendelse

Strategisk mål	Med afsæt i de danske medlemskaber af ITER og EUROfusion skal det danske fusionsforskningsmiljø udvides og styrkes, og danske forskere bidrager til centrale emner i den europæiske roadmap mod fusionsenergi.
Delmål	A: Der er i 2026 sket en tilvækst i det danske brugermiljø og denne er hovedsageligt inden for nye forskningsområder. B: Det danske brugermiljø har i 2026 bidraget til centrale forsknings- og udviklingsprojekter i regi af ITER og DEMO. C: Det danske brugermiljø har et højt internationalt videnskabeligt niveau.
Kvantitative indikatorer	A.1: Antallet af forskere inden for fusionsenergi stiger med 50 pct. fra 2020 til 2026 (fra ca. 28 forskere i 2020 til ca. 42 forskere 2026) A.2: I 2025 er cirka en tredjedel af de danske fusionsforskere fra forskningsområder uden for plasmafysik (som f.eks. effektelektronik og robotteknologi). B1: De danske samlede hjemtag af bevillinger fra EUROfusion skal øges fra 800 kEuro i 2020 til 1300 kEuro i 2026. B2: Danske forskere har deltaget i to udviklingsprojekter i regi af blandt andet ITER og DEMO og der ses en stigning på 5-10 sampublicationer med relevante EUROfusion partnere. C1: Der er i 2022 udarbejdet en bibliometrisk analyse af det videnskabelige impact for dansk fusionsforskning. Resultatet af denne analyse vil bidrage til at fastsætte en kvantitativ indikator for niveau af videnskabeligt impact i 2026. C2: Den bibliometriske impact vil være minimum samme niveau som de øvrige fysikmiljøer.

Tema 3: Betydning for uddannelse og innovation

Det er ambitionen, at den danske deltagelse i EUROfusion, samt i ITER projektet gennem f.eks. F4E kontrakter, skal understøtte den forskningsbaserede undervisning på alle niveauer for de danske studerende. Det er således erfaringen, at deltagelse i de internationale projekter giver gode muligheder for at inddrage projekterne og samarbejdspartnere direkte i undervisningen på universiteterne og derigennem højne kvaliteten af uddannelsen og de studerendes kompetencer.

Yderligere er det ligeledes forventningen og erfaringen, at det danske medlemskab også kan bidrage til at understøtte innovation og entreprenørskab hos danske virksomheder. Både gennem anvendelsen af faciliteterne og data fra forsøg – samt gennem leverancer af produkter, services og udviklingsprojekter.

Det overordnede strategiske mål

Hovedfokus inden for Tema 3 om betydning for uddannelse og innovation er derfor at

udnytte den danske deltagelse i ITER og EUROfusion til at underbygge undervisningen af danske studerende med forskningsbaserede virkemidler. Desuden skal den danske deltagelse medvirke til at skabe innovation i danske virksomheder gennem leverancer og udviklingsprojekter:

Strategiske mål

- Dansk deltagelse i ITER og EUROfusion bidrager til at styrke undervisningen på bachelor, kandidat og ph.d.-niveau for danske studerende.
- Medlemskabet af ITER og EUROfusion styrker danske virksomheders innovation og vækst gennem leverancer og udviklingsprojekter.

Uddybelse af mål

For at understøtte opnåelsen af de overordnede strategiske mål for ITER og EUROfusion's betydning for uddannelse og innovation vurderes det nødvendigt med en række strategiske indsatser og mål inden for følgende områder:

Delmål A: Danske studerende deltager i forskningsprojekter og praktikforløb på ITER og ved DEMO.

Delmål B: Stigende antal studerende deltager hvert år i kurser relateret til fusionsenergi.

Delmål B: Danske virksomheder og universiteter bidrager med teknologiske leverancer til ITER og DEMO.

Delmål A – Danske studerende deltager i forskningsprojekter og praktikforløb på ITER og DEMO.

De hidtidige erfaringer viser, at studerendes deltagelse i forskningsprojekter og praktikforløb på faciliteterne har stor positiv betydning for de studerendes kompetencer og bidrager med værdifuld erfaring i form af planlægning og udførelse af eksperimentelt arbejde i en international kontekst.

Universiteternes engagement i EUROfusion giver også god mulighed for, at ph.d.-studerende kan bruge EUROfusion's faciliteter i deres forskning eller ligefrem kan blive udstationeret til en EUROfusion partner. Desuden giver EUROfusion et kontant tilskud til fusionsrelevant ph.d.-uddannelse i Danmark.

Det forventes, at danske ph.d.-projekter i stigende grad drejes mod ITER udnyttelsen som resultat af, at First Plasma nærmer sig. Det er ambitionen, at der fra dansk side sikres, at et antal af sådanne ph.d.-projekter vil blive udført i samarbejde med ITER organisation. Yderligere er det forventningen, at flere danske ph.d.-projekter skal kobles op på udviklingsarbejdet med DEMO.

ITER-organisationen driver desuden et praktikantprogram for studerende på alle niveauer. Det er ambitionen, at disse praktikanttilbud skal kommunikeres til de danske studerende med en målsætning om en fremadrettet øget dansk tilstedeværelse af studerende direkte på ITER.

Kvantitativt er målet, at der i 2026 vil være 40 studerende (BSc, MSc, Ph.d.) på danske universiteter, der er involveret i forskning og praktikforløb i relation til eksperimenter på ITER eller udvikling af DEMO, således at væksten i studerende, følger den forventede stigning i det danske fusionsforskningsbrugermiljø.

Delmål B – Stigende antal studerende deltager hvert år i kurser relateret til fusionsenergi

Udover ovenstående mål om en øget deltagelse i praktikforløb og forskningseksperimenter på ITER er det forventningen, at antallet af danske studerende, som deltager i undervisningsforløb og kurser inden for fusionsforskningsområdet, ligeledes stiger tilsvarende med den forventede forøgelse i det danske brugermiljø.

Konkret er målet dermed en forøgelse på 50 pct. i antallet af studerende der deltager i kurser relateret til fusionsenergi.

Delmål C – Danske virksomheder og universiteter bidrager med teknologiske leverancer til ITER og DEMO

Konstruktionen af ITER og udviklingen af DEMO giver også gode muligheder for innovative danske virksomheder, både i relation til leverancer af produkter og ydelser, men også i form af udviklingsopgaver udbudt fra ITER/F4E og EUROfusion (DEMO).

Danske virksomheder – særligt medlemmer af BigScience.dk-netværket bliver løbende gjort opmærksom på dette af BigScience.dk, som har en målsætning om at danske aktører skal vinde kontrakter for ca. 10 mio. kr. årligt fra ITER/F4E. Denne målsætning er fastsat ud fra en vurdering fra BigScience.dk om, at der de kommende fem år vil ses et øget potentiale for, at danske virksomheder og universiteter kan bidrage med leverancer og ydelser som en del af udførelse og udvikling af faciliteterne.

Kombinationen af interessen og mulighederne for både universiteter og virksomheder åbner op for et samarbejde mellem danske virksomheder og universiteter i regi af udviklingsprojekter med fokus på teknologi og teknologiske løsninger til ITER og DEMO. Der er på nuværende tidspunkt allerede en vis grad af involvering af danske forskere i et indledende udviklingssamarbejde med ITER, og det er derfor estimeret og målsætningen for det danske medlemskab, at der fra 2025 løbende vil være 1-2 ITER/DEMO-orienterede projekter i et samarbejde mellem danske universiteter og virksomheder.

Samlet oversigt

I følgende tabel opsummeres strategiske mål, delmål og kvantitative indikatorer for ITER og EUROfusions betydning for uddannelse og innovation:

Tabel O.16

Tema 3: Uddannelse og innovation

Strategisk mål	- Dansk deltagelse i ITER og EUROfusion bidrager til at styrke undervisningen på bachelor, kandidat og ph.d.-niveau for danske studerende. - Medlemskabet af ITER og EUROfusion styrker danske virksomheders innovation og vækst gennem leverancer og udviklingsprojekter.
Delmål	A: Danske studerende deltager i forskningsprojekter og praktikforløb på ITER og ved DEMO. B: Stigende antal studerende deltager hvert år i kurser relateret til fusionsenergi. C: Danske virksomheder og universiteter bidrager med teknologiske leverancer til ITER og DEMO.
Kvantitative indikatorer	A1: I 2030 skal der på danske universiteter være 40 studerende involveret i forskning i relation til eksperimenter på ITER eller udvikling af DEMO. B1: I 2025 er der sket en stigning på 50 pct. i antallet af studerende der årligt deltager i kurser og undervisningsforløb om fusionsenergi. C1: Fra 2025 skal der løbende være 1-2 ITER/DEMO-orienterede projekter i et samarbejde mellem danske universiteter og virksomheder. C2: Danske aktører vinder kontrakter for 10 mio. kr. årligt fra ITER/F4E.

Tema 4: Betydning ift. at understøtte bredere forskningspolitiske mål

Det fælles overordnede og direkte mål for fusionsenergiforskningens organisationer og faciliteter (EUROfusion, ITER mv.) er at udvikle fusionsenergi som en udtømmelig, bæredygtig og CO₂-neutral energikilde, der kan blive en væsentlig komponent på vej mod løsningen af verdens energi- og klimaudfordringer. Det er derfor allerede en integreret del af ITER's fundament at bidrage til den grønne omstilling. Da dette er en givet forudsætning for opførelsen af ITER, vil dette afsnit af målplanen fokusere på de områder, hvor Danmarks medlemskab af ITER og EUROfusion kan understøtte et bredere forskningspolitisk mål om grøn omstilling.

Det overordnede strategiske mål

Hovedfokus inden for Tema 4 om betydning for at understøtte bredere forskningspolitiske mål er derfor, at den danske deltagelse i ITER og EUROfusion skal bidrage til at understøtte den grønne omstilling. Desuden er det en strategisk ambition at data fra eksperimenter på ITER og faciliteter under EUROfusion skal gøres tilgængelige for alle forskere ud fra FAIR-principperne:

Strategisk mål

- ITER og EUROfusions forskningsprogram skal understøtte en grøn omstilling af verdens energiforsyning.
 - ITER og EUROfusion understøtter EU's FAIR-datapricipper.
 - Der er øget fokus på diversitet i organisationerne.
-

Uddybelse af mål

For at understøtte opnåelsen af de overordnede strategiske mål for ITER og EUROfusions betydning for at understøtte bredere forskningspolitiske mål vurderes det nødvendigt med en række strategiske indsatser og mål inden for følgende områder:

Delmål A: EUROfusion indtænker bæredygtighed i planerne for konstruktion og drift af DEMO.

Delmål B: EUROfusion udarbejder socioøkonomiske studier som beslutningsgrundlag for DEMO-konstruktion

Delmål C: ITER og EUROfusion sikrer fri og lettilgængelig adgang til al data fra eksperimenter på ITER og faciliteter under EUROfusion.

Delmål D: Der er øget fokus på diversitet på ITER og EUROfusion samt i det danske brugermiljø.

Delmål A – EUROfusion indtænker bæredygtighed i planerne for konstruktion og drift af DEMO

Undervejs i udviklingen af DEMO forventes det, at Danmark understøtter og medvirker til, at EUROfusions forskningsprogram arbejder for at bæredygtighed – tillige på andre parametre end energiforsyning – tænkes ind i planerne for konstruktionen af DEMO. Det er ambitionen, at dette udmøntes i en bæredygtighedsplan for såvel konstruktion som efterfølgende drift af DEMO, der tager hensyn til f.eks. materialevalg og lokale miljøforhold.

Delmål B – EUROfusion udarbejder socioøkonomiske studier som beslutningsgrundlag for DEMO's konstruktion

Fusionsenergikraftværker vil kunne være en del af et fremtidigt bæredygtigt energisystem, og det er derfor vigtigt, at man parallelt med den specifikke fusionsforskning også gennemfører socioøkonomiske studier og energisystemanalyser, der behandler, dels hvordan fusionskraftværker vil fungere i spil med det øvrige energisystem og dels estimerer prisen på energi produceret på fusionskraftværker. Fra dansk side arbejdes der derfor for, at EUROfusion løbende udarbejder sådanne socioøkonomiske studier, således at de kan udgøre et væsentligt input til beslutningen om DEMO's konstruktion.

Delmål C – ITER og EUROfusion sikrer fri og lettilgængelig adgang til al data fra eksperimenter på ITER og faciliteter under EUROfusion

I overensstemmelse med moderne håndtering af forskningsdata, er det ambitionen, at data fra eksperimenter på ITER og faciliteter under EUROfusion gøres frit og let tilgængelige for alle forskere ud fra EU's FAIR dataprincipper.

Det er afgørende for opnåelsen af ITER og EUROfusions overordnede strategiske mål, at al eksperimentel data og testresultater gøres tilgængelige, og at der er indført politikker som understøtter dette. Det er derfor en dansk målsætning, at ITER og EUROfusion sikrer fri og let tilgængelig adgang til al data fra eksperimenter på ITER og faciliteter under EUROfusion. Konkret vil der fra dansk side blive arbejdet for, at der udarbejdes en datapolitik for såvel ITER og EUROfusion, der bygger på EU's FAIR-dataprincipper.

Delmål D: Der er øget fokus på diversitet på ITER og EUROfusion samt i det danske brugermiljø

På hovedparten af de internationale faciliteter er der en betydelig overvægt af mandlige ansatte – ikke mindst blandt det tekniske og videnskabelige personale. I den seneste årrække er der et stigende fokus på at øge diversitet og ligestillingen mellem kønnene blandt forskerne i både Danmark og Europa. Det er derfor naturligt, at de strategiske mål for de internationale medlemskaber afspejler denne ambition.

Det er ambitionen, at der i de kommende år vil arbejdes for en øget ligestilling mellem kønnene ved de ansatte på ITER og i de danske brugermiljøer. Dette vil blandt andet indebære et fokus på, at ITER og EUROfusion har udarbejdet en strategi for, hvordan der arbejdes med ligestilling på faciliteten. Yderligere er det målet, at kønsfordelingen i de danske brugermiljøer matcher de danske universiteter på det tekniske/naturvidenskabelige område.

Udfordringer

ITER er en international organisation, hvor hovedparten af medlemmerne ikke er en del af EU/EØS. Det er derfor ikke alene EU-medlemslande, der skal fastlægge en kommende datapolitik for ITER. Muligheden for at implementere en datapolitik, der bygger på EU's FAIR-dataprincipper, afhænger derfor også af de øvrige medlemmer af ITER.

Samlet oversigt

I følgende tabel opsummeres strategiske mål, delmål og kvantitative indikatorer for ITER og EUROfusions betydning for at understøtte bredere forskningspolitiske mål:

Tabel O.17

Tema 4: Understøttelse af bredere forskningspolitiske mål

Strategiske mål	- ITER og EUROfusion's forskningsprogram skal understøtte en grøn omstilling af verdens energiforsyning. - ITER og EUROfusion understøtter EU's FAIR-dataprincipper. - Der er øget fokus på diversitet i organisationerne.
Delmål	A: ITER og EUROfusion indtænker bæredygtighed i planerne for konstruktionen og drift af DEMO. B: EUROfusion udarbejder socioøkonomiske studier som beslutningsgrundlag for DEMO konstruktion. C: ITER og EUROfusion sikrer fri og let tilgængelig adgang til al data fra eksperimenter på ITER og faciliteter under EUROfusion. D: Øget fokus på diversitet i organisationerne.
Kvantitative indikatorer	A1: Der er udarbejdet en bæredygtighedsplan for konstruktion og drift af DEMO. Komm: Hele slutmålet er netop en bæredygtig energi form. Derfor ikke særskilte mål for bæredygtighed B1: Der arbejdes for, at EUROfusion løbende udarbejder socioøkonomiske studier omkring fusionsenergiens placering i et fremtidigt bæredygtigt energisystem. C1: Der arbejdes fra dansk side på, at der udarbejdes en datapolitik for såvel ITER og EUROfusion, der bygger på EU's FAIR-dataprincipper. D1: ITER og EUROfusion har udarbejdet en plan eller strategi, der kan sikre større grad af ligestilling. D2: Kønsfordelingen i de danske brugermiljøer matcher kønsfordeling på danske universiteter på det teknisk/naturvidenskabelige områder.

Målplan for ESS/ILL

Danmark er medlem af de europæiske neutronfaciliteter Institut Laue Langevin (ILL), som ligger i Grenoble (Frankrig) samt European Spallation Source (ESS), som er under konstruktion i Lund (Sverige). Begge faciliteter anvender neutroner til at analysere materialer inden for et bredt spektrum af natur- teknisk- og sundhedsvidenskabelig forskning.

Neutronsprengningsteknologien er en analyse- og karakteriseringsteknologi, der har eksisteret siden 1950'erne, hvor de første større neutronkilder blev bygget. I dag findes der på globalt plan omkring 20 neutronkilder. De ældre neutronkilder er typisk reaktorbase-rede, og producerer neutroner i en atomreaktor (ILL (F), FRM II (D), NIST (US)). De nyere kilder er typisk spallationskilder; det forøger udbyttet samtidigt med at sikkerheden øges. Blandt eksisterende spallation sources er ISIS, Spallation Neutron Source (SNS), Oak Ridge (USA) og J-PARC, Tokai (Japan).

Indtil 2000 havde Danmark sin egen neutronfacilitet (DR3-reaktoren på Risø), der skabte grundlaget for et lille, men kompetent neutronbrugermiljø i Danmark. Nedlukningen af reaktoren på Risø betød, at danske forskere har måtte benytte de udenlandske neutronfaciliteter for at kunne gennemføre deres eksperimenter. Adgangen til hovedparten af disse faciliteter er i stort omfang gratis (bortset fra ILL og ISIS), og er i reglen baseret på et "peer-review-system", hvor det kun er de bedste eksperiment-ansøgninger, der får bevilget eksperimentel tid på faciliteten. Et højt fagligt niveau blandt neutronbrugerne har derfor været en forudsætning for, at danske forskere har kunne vedblive med at gennemføre neutroneksperimenter. For at understøtte adgangen til de udenlandske faciliteter uddeler følgeforskningscentret DanScatt hvert år et større antal rejsestipendier, således at forskere, der har fået bevilget eksperimentel tid på en neutronfacilitet, får dækket sine rejseudgifter.

Danmark blev for knap et årti siden videnskabeligt medlem af neutronfaciliteten ILL. Målt på såvel antal eksperimenter som produktion af publikationer er ILL den førende neutronfacilitet i verden. Medlemskabet betyder, at danske forskere får adgang til 1,25 pct. af den eksperimentelle tid på ILL. Størrelsen af det danske medlemsbidrag til ILL betyder dog, at ILL ikke kan dække det samlede behov for eksperimentel tid i det danske brugermiljø, og omkring $\frac{3}{4}$ af de danske neutroneksperimenter gennemføres derfor på andre faciliteter end på ILL.

Det danske medværtskab af den kommende facilitet European Spallation Source (ESS) i Lund vil de næste år få stor betydning for dansk materialeforskning. Derfor blev der i 2015 udarbejdet en national dansk ESS-strategi, som bl.a. indeholder en række mål for den fremtidige udvikling på neutronområdet. Denne målplan for ESS og ILL tager i vidt omfang afsæt i de mål og ambitioner, der blev formuleret i den nationale ESS-strategi.

Tema 1 - Mål og sigtelinjer for udvikling af faciliteterne

På både ILL og ESS gennemføres der i disse år omfattende konstruktions- og udviklingsaktiviteter. ILL gennemgår således i 2022 en større opgradering (Endurance-programmet), der betyder, at der opbygges flere nye instrumenter samt at facilitetens ydeevne forøges yderligere. I den kommende årrække vil der derfor primært være fokus på at udnytte de muligheder, som ILL-faciliteten og Endurance-programmet skaber. Det er på den baggrund vurderingen, at der ikke vil være behov for at igangsætte yderligere udviklingsaktiviteter i den kommende årrække. Der opstilles på den baggrund ikke

specifikke danske mål for den fremtidige udvikling af ILL. Når det gælder ESS, er det planen at gennemføre de planlagte konstruktions- og indkøringsaktiviteter. ESS-bygningerne er således allerede færdige, og det tekniske udstyr vil blive installeret og testet i de kommende år. Det betyder, at de første videnskabelige forsøg vil blive påbegyndt primo 2026. Den permanente driftsfase vil blive påbegyndt 2028.

Overordnede strategiske mål for ESS

Færdiggørelsen af ESS følger i vidt omfang en fastlagt plan. På denne baggrund er det vurderingen, at der på kort sigt (dvs. frem til 2027) primært skal være fokus på få ført disse planer ud i livet. På den lidt længere bane (dvs. når den permanente drift påbegyndes i 2028) er det en dansk prioritet, at det tekniske og videnskabelige potentiale ved ESS-faciliteten udnyttes fuldt ud, således at ESS udvikler sig til verdens førende neutronfacilitet.

Strategisk mål

- ESS er fuldt operationel i 2027
- I 2031 har ESS udviklet sig til verdens førende neutronfacilitet.

De danske mål og sigtelinjer for ESS-facilitetens fremtidige udvikling, har således primært fokus på at få færdiggjort ESS samt fastlægge, hvordan ESS konkret skal organiseres og operationaliseres, når ESS påbegynder den ordinære drift ved udgangen af 2027.

Uddybelse af mål

For at understøtte det overordnede strategiske mål for såvel færdiggørelsen af ESS som den langsigtede udvikling af faciliteten, vurderes det nødvendigt med en række strategiske indsatser og mål på følgende områder.

Delmål A: ESS er i 2027 fuldt operationel og har fulgt plan og budget for færdiggørelse af facilitet.

Delmål B: Der er i 2031 truffet beslutning om at færdiggøre ESS som oprindelig planlagt.

Delmål C: ESS-faciliteten udvikles i samarbejde med medlemslandenes forskere.

Delmål D: ESS understøtter alle typer af brugere – herunder også brugere med mindre erfaring.

Delmål A: ESS er i 2027 fuldt operationel og har fulgt plan for færdiggørelse af faciliteten.

Det er en central dansk målsætning, at de nuværende konstruktions- og indkøringsaktiviteter færdiggøres ved udgangen af 2027, således at faciliteten kan overgå til ordinær

drift i 2028. Målet er i den forbindelse, at ESS færdiggøres som planlagt i den "rebaselining plan", som medlemslandene netop har vedtaget (Q1 2022) – dvs. inden for det fastlagte budget og med de planlagte specifikationer.

Færdiggørelsen af ESS indebærer, at der i 2027 er installeret en 2 MW-accelerator, og at der er færdigbygget 15 instrumenter, som kan anvendes af medlemslandenes forskere. Samtidigt er ESS's data- og softwarecenter i København fuldt operativt og følger de overordnede mål og specifikationer, som blev fastlagt i ESS's statutter.

Delmål B: Der er i 2032 truffet beslutning om at færdiggøre ESS som oprindelig planlagt

Det er en dansk prioritet, at ESS på sigt udvikler sig til at være verdens førende neutronfacilitet. Det indebærer, at faciliteten opgraderes, så den følger de specifikationer, som det oprindelig var planlagt for faciliteten, da konstruktionen af ESS blev påbegyndt i 2014.

Konkret er det målet, at der inden 2032 er taget beslutning om at opgradere ESS's accelerator til et energiniveau på 5 MW, samt at der etableres yderligere 7 instrumenter, således at der i alt findes 22 instrumenter på ESS.

Delmål C: ESS-faciliteten udvikles i samarbejde med medlemslandenes forskere.

Det er også et mål, at ESS udvikles i samarbejde og partnerskab med medlemslandenes forskningsmiljøer. På den måde kan det sikres, at der etableres et tæt samspil med såvel danske forskningsmiljøer, som forskere fra de øvrige medlemslande. Målsætningen indebærer eksempelvis, at medlemslandenes forskere får muligheder for at bidrage til såvel drift og udvikling af faciliteten. Dette kan også ske gennem etableringen af mere formelle partnerskaber, hvor ESS samarbejder med et nationalt laboratorium om udvikling og drift af f.eks. et nyt instrument.

Konkret er det målet, at danske vidensinstitutioner årligt bidrager med in-kind ydelser for 5-10 mio. kr. i perioden 2025-2030. kr. Endvidere er der etableret partnerskab mellem ESS og danske vidensinstitutioner om driften af ESS DMSC.

Delmål D: ESS understøtter alle typer af brugere – herunder også brugere med mindre erfaring.

ESS-facilitetens langsigtede succes er afhængig af, at en bred vifte af forskere inden for en lang række forskningsområder benytter faciliteten – det gælder ikke mindst forskere, som ikke traditionelt har benyttet neutronsprengningsteknikken. Det er derfor vigtigt, at ESS udvikler en række support og servicefunktioner, som muliggør en bredere benyttelse.

Konkret er det målet, at der som led i ESS's videnskabelige strategi udarbejdes et forslag til at understøtte "ikke-ekspertbrugeres" anvendelse af ESS. På sigt er det også målsætningen, at antallet af førstegangsbrugere på ESS er højere, end det er tilfældet på tilsvarende europæiske forskningsfaciliteter.

Udfordringer og forudsætninger

ESS's fremtidige udvikling fastlægges i samspil mellem facilitetens medlemslandene.

Det er derfor ikke Danmark alene, der kan bestemme, om ovenstående mål kan indfries. Gennemførelsen af de enkelte mål afhænger derfor også af, om der kan skabes opbakning til de danske synspunkter og prioriteter. Målsætningerne fungerer derfor som pejlemærker for den fremtidige danske indsats i ESS' Council og øvrige besluttende organer.

Samlet oversigt

I følgende tabel opsummeres strategiske mål, delmål og kvantitative indikatorer for overordnede udvikling af ESS:

Tabel 0.18

Tema 1: Overordnede mål og sigtelinjer for medlemskabet af ESS

Strategisk mål	- ESS er fuldt operationel i 2027. - I 2031 har ESS udviklet sig til verdens førende neutronfacilitet.
Delmål	A: ESS er i 2027 operationel og har fulgt plan og budget for færdiggørelse af faciliteten. B: Der er i 2031 truffet beslutning om at færdiggøre ESS som oprindelig planlagt. C: ESS-faciliteten udvikles i samarbejde og partnerskab med medlemslandenes forskere. D: ESS understøtter alle typer af brugere – herunder også brugere med mindre erfaring.
Kvantitative indikatorer	A1: "Beam on target" samt en installeret accelerator på 2MW påbegyndt i 2025. A2: 15 instrumenter har påbegyndt 'hot commissioning' i 2026. A3: ESS DMSC er i "fuld drift" i 2027. B1: Der er truffet beslutning om at opgradering til de oprindelige specifikationer for ESS (dvs. 5 MW accelerator og 22 instrumenter). C1: Årlige danske in-kind bidrag til ESS på 5-10 mio. kr i perioden 2025-2030. C2: Der etableres partnerskab mellem ESS og danske vidensinstitutioner om drift af ESS DMSC. D1: ESS's strategi indeholder plan for at understøtte nye neutronbrugere. D2: ESS har i 2031 flere førstegangsbrugere end tilsvarende neutronfaciliteter.

Tema 2 - Videnskabelig anvendelse og udbytte af ILL og ESS

Danmark har traditionelt haft et lille, men fagligt stærkt neutronbrugermiljø. De seneste 10-15 år er der sket en betydelig udvikling af brugermiljøet. Det skyldes bl.a., at neutronspredningsteknikken løbende er blevet forbedret og udviklet, hvorfor teknikken er

blevet stadigt mere interessant for en voksende gruppe af forskere (bl.a. inden for bl.a. Life Science, bløde materialer og engineering). Væksten i brugermiljøet skyldes dog primært, at Danmark i 2009 blev medvært for ESS. Etableringen af ESS i Danmarks nærområde skaber en lang række muligheder for dansk forskning. Der har i den forbindelse været gennemført en række initiativer for at opbygge det danske neutronforskningsmiljø (bl.a. gennem etablering af tre fyrtårnsmiljøer på neutronområdet). Målet har været, at der fandtes et stærkt dansk neutronbrugermiljø, som var parat til at udnytte mulighederne ved ESS når faciliteten ESS er fuldt operationel i 2027

Det overordnede strategiske mål

Det er på denne baggrund den overordnede målsætning, at der i den kommende år-række skal opbygges et dansk neutronforskningsmiljø, som er parat til at udnytte tilbuddene på ESS.

Strategisk mål

Danmark har med afsæt i medlemskaberne af ESS og ILL udviklet et af Europas stærkeste neutronbrugermiljøer.

Uddybelse af mål

For at understøtte det strategiske mål om at udvikle et af Europas førende neutronforskningsmiljøer vurderes det nødvendigt med en række strategiske indsatser og mål på følgende områder:

Delmål A: Det danske neutronforskningsmiljø er vokset – særligt inden for nye forskningsområder.

Delmål B: Dansk neutronforskning er fortsat kendetegnet ved et højt fagligt niveau.

Delmål C: Danske forskere udfører et stort antal eksperimenter på ILL og andre neutronfaciliteter.

Delmål D: Der er opbygget et tæt samspil med ESS-organisationen i Lund.

Delmål A: Det danske neutronforskningsmiljø er vokset – særligt inden for nye forskningsområder

Udviklingen af et internationalt stærkt neutronforskningsmiljø indebærer, at der i den kommende årrække skal ske en betydelig vækst i det danske brugermiljø. I forlængelse af den nationale ESS-strategi er det målet, at det danske neutronbrugermiljø får samme omfang som andre europæiske lande, der huser en neutronfacilitet. Væksten i det danske neutronforskningsmiljø vil i et vist omfang ske inden for de eksisterende neutronforskningsgrupper (bl.a. fysik og kemi). Det er dog også ambitionen, at en betydelig del af væksten i brugermiljøet vil ske ved at udvide den faglige bredde i brugermiljøet, således at det i stigende omfang omfatter forskere på fag- og forskningsområder.

Det drejer sig eksempelvis inden for områder som fødevarer, sundhed, geologi og engineering.

Konkret er det målet, at der frem mod 2026 er sket en fordobling af det danske bruger-miljø, fra omkring 150 neutronbrugere i 2020 til omkring 300 neutronbrugere i 2026. Hermed vil det danske brugermiljø få samme omfang som det schweiziske (når der tages højde for størrelsesforskellen i de to lande).

Yderligere er det ambitionen, at omkring halvdelen af den fremtidige vækst i neutron-brugermiljøet frem mod 2026 sker inden for forskningsområder, som i dag kun i mindre omfang benytter neutronspreddning.

Delmål B: Dansk neutronforskning er forsat kendetegnet ved et højt fagligt niveau

Det er også målet, at neutronbrugermiljøet fastholder sit nuværende høje faglige niveau. Danske neutronforskere er i dag kendetegnet ved et højt fagligt niveau. Det kommer bl.a. til udtryk, når man sammenligner impact af de artikler, som publiceres på baggrund af de eksperimenter, der er udført på ILL. Her ligger danske forskere i top 3 sammenlignet med forskere fra de øvrige europæiske lande.

Konkret betyder målsætningen, at dansk neutronforskning i 2026 ligger i top fem i Europa, når det gælder impact af de videnskabelige publikationer som danske forskere udgiver. Det bemærkes, at der endnu ikke er fastlagt metode til at gennemføre denne måling. Der findes sammenlignelige data for artikler baseret på ILL-forsøg. Men da ILL kun tegner sig for omkring $\frac{1}{4}$ af de danske eksperimenter, er der behov for at finde en metode, som omfatter publikationer fra alle danske neutronforskere. DanScatt vil i løbet af 2022/23 udarbejde forslag til, hvordan denne måling kan gennemføres.

Delmål C: Danske forskere udfører et stort antal eksperimenter på ILL og andre neutronfaciliteter.

Da Danmark ikke længere råder over en neutronkilde, er det danske neutronbrugermiljø afhængig af adgangen til neutronfaciliteter i både Europa, USA og Japan. Adgangen til disse faciliteter har været muligt dels pga. medlemskabet af ILL, dels pga. et højt forskningsfagligt niveau i det danske brugermiljø, som betyder, at danske forskere har fået tildelt eksperimentel tid på disse faciliteter. Det er vurderingen, at en fortsat vækst i neutronbrugermiljøet forudsætter, at danske forskere fortsat formår at få bevilget eksperimentel tid på såvel ILL som på en række af de øvrige internationale neutronspreddningsfaciliteter.

Det er på den baggrund målsætningen, at danske forskere i 2026 som minimum får tildelt eksperimentel tid på ILL svarende til det danske bidrag til ILL – dvs. omkring 1,25 pct. af facilitetens beamtid.

Herudover er det målet, at danske forskere også i 2027 har succes med at få tildelt eksperimentel tid på de øvrige neutronfaciliteter i både Europa, USA og Japan.

Målsætningen er, at omkring $\frac{3}{4}$ af de neutroneksperimenter, som danske forskere hvert år udfører, foregår på andre faciliteter end ILL.

Delmål D: Der er opbygget et tæt samspil med ESS-organisationen i Lund

Nærheden til ESS betyder, at der er gode muligheder for at opbygge et tæt og omfattende samarbejde mellem ESS og danske forskningsmiljøer. Det er derfor ambitionen, at der skal bygges bro mellem danske forskningsmiljøer og ESS-organisationen i Lund.

Konkret er det målet, at der i 2027 er etableret 10 delte videnskabelige stillinger mellem ESS og danske universiteter, endvidere uddanner danske universiteter årligt 5-10 af ESS's ph.d.-studerende. Endeligt bidrager danske forskere til driften af ESS – svarende til et årligt in-kind bidrag til 5-10 mio. kr.

Udfordringer og forudsætninger for mål

Ambitionen om at opbygge et af Europas førende neutronforskningsmiljøer i Danmark er i høj grad knyttet til det danske medværtsskab af ESS. Fra dansk side er der allerede igangsat flere initiativer, som skal bane vejen for at nå i mål med denne målsætning.

Det bemærkes, at følgeforskningscentret DanScatt dog har påpeget en række forudsætninger, som endnu ikke er helt på plads. For det første påpeges det, at Danmark bør forny sit medlemskab af ILL i 2023. Uden dette vil danske forskere miste adgangen til ILL, og det vil være vanskeligt at gennemføre mange af de mest avancerede neutronforsøg. Yderligere er det afgørende, at de sidste to ud af de i alt fem fyrtårnsmiljøer bliver etableret inden at ESS overgår til permanent drift i 2028. Det skyldes dels, at etableringen af de sidste to fyrtårnsmiljøer er vigtige for de kommende års udvikling af brugermiljøet – ikke mindst inden for nye forskningsområder som life science og fødevarer.

Samlet oversigt

I følgende tabel opsummeres strategiske mål, delmål og kvantitative indikatorer for den videnskabelige anvendelse og udbytte af ESS/ILL:

Tabel O.19

Tema 2: Videnskabeligt anvendelse og udbytte

Strategisk mål	- Danmark har med afsæt i medlemskaberne af ESS og ILL udviklet et af Europas førende neutronbrugermiljøer
Delmål	A. Det danske neutronforskningsmiljø er vokset – særligt inden for nye forskningsområder. B. Dansk neutronforskning er forsat kendetegnet ved et højt fagligt niveau. C. Danske forskere udfører et stort antal eksperimenter på ILL og andre neutronfaciliteter. D. Der er opbygget et tætsamspil med ESS-organisationen i Lund

Strategisk mål	- Danmark har med afsæt i medlemskaberne af ESS og ILL udviklet et af Europas førende neutronbrugermiljøer
Kvantitative indikatorer	A1: Det danske neutron-brugermiljø er tredoblet fra 90 forskere i 2014 til 300 personer i 2026. A2: Halvdelen af væksten i brugermiljøet er sket blandt "nye neutron-brugere". B1: Brugermiljøet er i top 5 i Europa, målt på impact af videnskabelige publikationer. C1: Danske forskere har minimum fået tildelt 1,25 pct. af den samlede beamtid på ILL. C2: ¼ af de danske neutroneksperimenter gennemføres på andre faciliteter end ILL. D1: Danske forskere bidrager årligt in-kind til drift af ESS med 5-10 mio. kr. D2: Der er etableret 10 delte stillinger mellem ESS og danske vidensinstitutioner. D3: Danske universiteter uddanner 5-10 af ESS's ph.d.-studerende.

Tema 3 - Betydning af ILL/ESS-medlemskabet for uddannelse og innovation

Det er ambitionen, at medlemskabet af ILL og ESS skal bidrage til at opbygge et stærkt neutronforskningsmiljøer i Danmark. Det er desuden ambitionen, at medlemskaberne bidrager til at styrke uddannelsen af studerende samt understøtter innovation og vækst i dansk erhvervsliv.

Neutronspreddning er en af de vigtigste analyse- og karakteriseringsteknikker, der findes på materialeområdet. Det er derfor også vigtigt, at flere danske studerende får kendskab og erfaring med de muligheder, som neutronspreddningsteknologien skaber for de forskellige fag- og forskningsområder. Samtidig er uddannelse af flere neutronforskere en forudsætning for, at brugermiljøet kan udvikles i samme omfang, som det er foreslået under tema 2.

Ud over uddannelse viser erfaringerne fra andre materialeforskningsfaciliteter, at medlemskabet af ILL og ESS også kan bidrage til at understøtte vækst og innovation i dansk erhvervsliv. Dels gennem direkte anvendelse af faciliteterne. Dels gennem salg af højteknologiske produkter og services til blandt andet ESS.

Det overordnede strategiske mål

Det er på den baggrund ambitionen, at medlemskaberne af ILL og ESS samt anvendelse af de øvrige neutronkilder bidrager til at styrke uddannelsen af studerende og understøtter innovation i danske virksomheder. Der opstilles derfor nedenstående to strategiske mål:

Strategisk mål

- Adgangen til europæiske neutronkilder bidrager til at styrke uddannelse på alle niveauer inden for natur, teknik og sundhed.
 - Medlemskaberne af ILL og ESS styrker innovation og vækst i Danmark
-

Uddybelse af mål

For at understøtte denne overordnede strategiske målsætning er det vurderingen, at det er nødvendigt med en række strategiske indsatser og mål inden for følgende områder:

Delmål A: Et stigende antal studerende deltager hvert år i et kursus om neutronspreddning.

Delmål B: Flere studerende deltager i eksperimentelle aktiviteter på neutronfaciliteterne.

Delmål C: Medlemskaberne af ILL og ESS understøtter danske virksomheders F&U-ind-sats.

Delmål D: Medlemskaberne af ESS og ILL understøtter udvikling af højteknologiske leverandørvirksomheder.

Delmål A: Et stigende antal studerende deltager hvert år i et kursus om neutronspreddning.

Når det gælder uddannelse er det ambitionen, at et stort antal studerende på alle uddannelsesniveauer (bachelor-, kandidat- og ph.d.-studerende) hvert år deltager i kurser om neutronspreddning (enten specialiserede neutronspreddningskurser eller oversigtskurser, der giver en bred viden om forskellige analyse og karakteriseringsteknikker).

Konkret er det målet, at der sker en fordobling i antallet af studerende, der i 2026 har deltaget i et "neutron-kursus" sammenlignet med 2020. Dermed har væksten i "neutron-kursister" udviklet sig i samme takt som det danske neutronbrugermiljø. Det bemærkes, at der endnu ikke findes opgørelse over studerende, der deltager i konkrete kursusaktiviteter. Antallet af "neutron-kursister" i hhv. 2020 og 2026 kan derfor endnu ikke estimeres. DanScatt vil i løbet af 2022 udarbejde et forslag til opgørelse af antal kursister.

Delmål B: Flere studerende deltager i eksperimentelle aktiviteter på neutronfaciliteterne

Det er yderligere en målsætning, at et stigende antal kandidat- og ph.d.-studerende deltager i eksperimentelle forskningsaktiviteter på neutronfaciliteterne. De hidtidige erfaringer peger således på, at studerendes deltagelse i forsøg på faciliteterne har stor positiv betydning for de studerendes uddannelse – og giver dem erfaring med planlægning og udførelse af eksperimentelt arbejde i en international kontekst.

Det er målsætningen, at der frem mod 2026 sker en forøgelse på omkring 50 pct. i antallet studerende, der deltager i eksperimentelle aktiviteter på neutronfaciliteterne. Det betyder, at der i 2026 er omkring 90 kandidatstuderende og 30 ph.d.-studerende, som deltager i eksperimentelle forskningsaktiviteter på neutronfaciliteterne. Det bemærkes, at den foreslåede vækst ikke er helt så høj, som det var tilfældet på "kursusområdet". Det skyldes, at der er et begrænset antal studenterpladser på faciliteterne. Det er endvidere målet, at ca. halvdelen af væksten i såvel kursusdeltagelsen som deltagelsen i eksperimentelle aktiviteter på faciliteterne sker inden for Life Science eller andre forskningsområder, som i dag kun i mindre omfang benytter neutronspreddning.

Delmål C: Medlemskaberne af ILL og ESS understøtter danske virksomheders F&U-indsats

Neutronmålinger giver mulighed for at analysere såvel hårde, bløde som biologiske materialer og materialeprocesser. Det kan i mange sammenhænge være interessant for danske erhvervsvirksomheder. Op mod 10-15 pct. af de eksperimenter, der udføres på flere af de europæiske faciliteter, udføres således enten af enkeltvirksomheder eller som samarbejder mellem universiteter og forskellige virksomheder. Mangel på kendskab til neutronspreddning og kompleksiteten i det eksperimentelle arbejde betyder, at mange danske virksomheder har vanskeligt ved at anvende faciliteterne alene. Derfor udfører hovedparten af danske virksomheder deres "neutron-analyser" i samarbejde med et universitet eller GTS-institut. I den seneste årrække har der været gennemført en række aktiviteter for at understøtte dette samarbejde samt at øge virksomhedernes anvendelse af neutronspreddning (bl.a. gennem det såkaldte LINX-samarbejde samt etableringen af en industriportal på GTS-institutterne). Det er på den baggrund målsætningen, at medlemskaberne af ILL og ESS også fremover understøtter danske virksomheders forsknings- og udviklingsarbejde. Dette betyder blandt andet, at der fra dansk side vil blive arbejdet for, at der vedtages en adgangspolitik som sikrer, at virksomheder får effektiv adgang til ESS.

Konkret er det målet, at i 2026 findes 10 pct. af de danske neutronbrugere enten i danske erhvervsvirksomheder eller på GTS-institutterne. Det er ligeledes målsætningen, at danske virksomheder hvert år gennemfører 10 eksperimenter på en neutronfacilitet (enten alene eller sammen med en vidensinstitution). Endelig er det målet, at der etableres fem årlige samarbejdsprojekter mellem forskere og virksomheder, der involverer neutronspreddning.

Delmål D: Medlemskaberne af ESS/ILL understøtter udvikling af højteknologiske leverandørvirksomheder

Det er målsætningen, at medlemskabet af ILL og ESS understøtter udvikling af højteknologiske leverandørvirksomheder. Målet er, at danske virksomheder i stort omfang får

del i de ordre, der hvert år udbydes af ESS. Det er således erfaringen fra andre forskningsfaciliteter, at lidt mere end halvdelen af facilitetens årlige indkøb går til virksomheder i værtslandet.

Det er et konkret mål, at danske virksomheders årlige salg til ESS i 2026 er vokset til 100 mio. kr.

Samlet oversigt

I følgende tabel opsummeres strategiske mål, delmål og kvantitative indikatorer for uddannelse og innovation:

Tabel 0.20

Tema 3: Uddannelse og innovation

Strategisk mål	- Adgangen til europæiske neutronkilder bidrager til at styrke uddannelse på alle niveauer inden for natur, teknik og sundhed. - Medlemskaberne af ILL og ESS styrker innovation og vækst i Danmark.
Delmål	A: Et stigende antal studerende deltager hvert år i et kursus om neutronspredning B: Flere studerende deltager i eksperimentelle aktiviteter på neutronfaciliteterne. C: Medlemskaberne af ILL og ESS understøtter danske virksomheders F&U-indsats. D: Medlemskaberne af ESS og ILL understøtter udvikling af højteknologiske leverandørvirksomheder.
Kvantitative indikatorer	A1: Antallet af "neutronkursister" er fordoblet. B1: 90 kandidat- og 30 ph.d.-studerende har deltaget i eksperimentelle aktiviteter på neutronfaciliteterne. C1: Der er vedtaget en Acces-policy, der giver virksomheder effektiv adgang til ESS. C2: ESS har etableret et 'industrial user-office' C3: 10 pct. af neutronbrugere kommer fra erhvervslivet eller GTS-institutter. C4: Virksomheder gennemfører årligt ti eksperimenter på en neutronfacilitet. C5: Der er etableret fem årlige samarbejdsprojekter mellem forskere og virksomheder. D1: Danske virksomheders salg til ESS er i 2026 100 mio. kr.

Tema 4 - Betydning af medlemskaberne ift. at understøtte forskningspolitiske mål

Medlemskaberne af ILL og ESS har ikke alene betydning for uddannelse, forskning og innovation på det materialeteknologiske område. Erfaringer viser, at faciliteternes størrelse og deres placering i det internationale forskningslandskab ligeledes har betydning for en række bredere forskningspolitiske problemstillinger.

Det overordnede strategiske mål

Ovenstående gælder eksempelvis ift. at sikre fri og effektiv adgang til de forskningsdata, der oparbejdes på de store neutronfaciliteter. På europæisk plan er der et stigende fokus på, at forskere skal have adgang til de forsøgsdata som europæiske forskere frembringer. Det gælder også de eksperimentelle data, der frembringes på faciliteter som ILL og snart ESS. Det er i denne sammenhæng en dansk prioritet, at faciliteterne sikre fri og effektiv adgang til disse forsøgsdata.

Det er også en vigtig dansk prioritet, at medlemskaberne af ILL og ESS understøtter, at danske vidensinstitutioner og virksomheder i stigende omfang omsætter materialeforskning til grønne løsninger. Som en af de centrale analyse- og karakteriseringsteknikker på materialeområdet, er det vigtigt, at neutronfaciliteterne understøtter udviklingen af nye grønne og klimavenlige løsninger:

Strategisk mål

- ILL og ESS sikrer fri og effektiv adgang til forsøgsdata fra de to faciliteter.
- ILL og ESS understøtter udviklingen af nye grønne og klimavenlige løsninger.

Uddybelse af mål

For at indfri disse strategiske mål og for at understøtte bredere forskningspolitiske dagsordener vurderes det nødvendigt med en række strategiske indsatser og mål inden for følgende områder.

Delmål

Delmål A: ILL og ESS understøtter EU's FAIR-dataprincipper.

Delmål B: Bæredygtig drift af ESS

Delmål C: Medlemskaberne af ILL/ESS bidrager til at løse store samfundsudfordringer.

Delmål D: Øget ligestilling mellem kønnene.

Delmål A: ILL og ESS understøtter EU's FAIR-dataprincipper.

Når det gælder sikring af adgang til eksperimentelle data er det vigtigt, at faciliteterne har indført politikker, der sikrer at forsøgsdata er tilgængelige for andre forskere (efter en kortere karenstid). Men det er også afgørende, at de lagrede data har en karakter og er organiseret på en måde, som muliggør, at andre forskere også kan benytte disse.

Det er derfor en konkret målsætning, at ILL og ESS i 2026 har vedtaget en datapolitik, der bygger på FAIR-dataprincipperne. Det er samtidig målet at faciliteterne har implementeret denne datapolitik således, at alle forskere i praksis har fri og effektiv adgang til forsøgsdata fra de to faciliteter

Delmål B: Bæredygtig drift af ESS

Det er et centralt mål for Folketingets partier, at Danmark sammen med de øvrige lande skal mindske sin klimabelastning mest muligt. ESS vil ifb. med den ordinære drift komme til at benytte en betydelig mængde energi. Og selv om der allerede er blevet gjort meget for at nedbringe facilitetens klimabelastning (bl.a. gennem genindvinding af energi til den lokale varme forsyning) er det vigtigt, at der også i fremtiden er fokus på at nedbringe facilitetens klimabelastning.

Det er derfor en konkret målsætning, at ESS inden den permanente driftsfase påbegyndes i 2028 har udarbejdet en plan eller strategi for, hvordan faciliteten vil nedbringe sine klimabelastning.

Delmål C: Medlemskaberne af ILL/ESS bidrager til at løse store samfundsudfordringer

Adgangen til, og udviklingen af, nye materialer er en af de vigtigste flaskehalse i forbindelse med at løse en række af de store globale samfundsudfordringer; udviklingen af nye klimavenlige teknologier, bedre fødevarerproduktion og øget sundhed.

Det er derfor en vigtig dansk prioritet at ILL og ESS i stigende grad skal bidrage til at løse de store globale samfundsudfordringer, ikke mindst grønne og klimavenlige løsninger og nye produkter. På ILL er det allerede besluttet, at igangsætte et initiativ, der vil understøtte udviklingen af batterier, der kan indgå i fremtidens elbiler. Konkret forslås det derfor, at ESS inden igangsættelsen af den permanente driftsfase i 2027 har udarbejdet en videnskabelig strategi, der angiver, hvordan ESS-faciliteten aktivt vil bidrage til at understøtte udviklingen af løsninger på globale samfundsudfordringer, herunder ikke mindst udviklingen af klimavenlige teknologier. Det er ligeledes en målsætning, at flere danske neutronforskere i deres forskning har fokus på udviklingen af klimavenlige teknologier.

Det er derfor et konkret mål, antallet af forskningsartikler publiceret af danske neutronforskere, med direkte relevans for udviklingen af nye klimavenlige teknologier og/eller den grønne omstilling er fordoblet i 2027 sammenlignet med 2020

Delmål D: Øget ligestilling mellem kønnene

På både ILL og ESS er der en overvægt af mandlige ansatte – ikke mindst blandt det tekniske og videnskabelige personale. På samme måde er der en overvægt af mandlige rådgivere i hovedparten af faciliteternes rådgivende komiteer. Når det gælder de danske neutronbrugermiljø, er der endnu ikke udarbejdet en opgørelse af kønsfordelingen. DanScatt vurderer imidlertid, at der er en overvægt af mandlige neutronbrugere.

Det er ambitionen at der i de kommende år vil ske en øget ligestilling mellem kønnene – både når det gælder ILL/ESS og i det danske brugermiljø. Mere konkret er det målet for alle medlemskaber:

- At danske delegerede arbejder for en større grad af ligestilling blandt de ansatte på ILL/ESS og blandt medlemmer i de rådgivende komiteer.
- At faciliteter har udarbejdet en plan eller strategi, der kan sikre større grad af ligestilling.
- At kønsfordeling i de danske brugermiljøer matcher kønsfordeling på danske universiteter på det teknisk/naturvidenskabelige områder.

Det er vigtigt at understrege, at det er en meget kompleks proces at ændre kønsfordelingen på såvel ILL/ESS som i det danske brugermiljø. Ansættelse af forskere på såvel de danske universiteter som ILL/ESS sker pba. ansøgernes faglige kvalifikationer. Det er imidlertid erfaringen, at et øget fokus på ligestillingsproblematikken i sig selv kan have betydning for den faktiske kønsfordeling blandt de ansatte på universiteterne. Det er derfor en ambition, at der i de kommende år skabes et større fokus og opmærksomhed på nødvendigheden af at skabe en mere ligelig kønsfordeling. De delegerede i ESS's styrende organer vil arbejde for, at der i de kommende år vil være et øget fokus på behovet for en øget ligestilling mellem kønnene.

Når det gælder udvikling af det danske brugermiljø, vil DanScatt få til opgave at udarbejde forslag til, hvordan kønsfordeling kan ændres. Herudover vil DanScatt få til opgave, at udarbejde opgørelser over kønsfordeling i det danske brugermiljø.

Samlet oversigt

I følgende tabel opsummeres strategiske mål, delmål og kvantitative indikatorer for understøttelsen af forskningspolitiske mål:

Tabel O.21

Tema 4: Understøttelse af bredere forskningspolitiske mål

Strategisk mål	- ILL og ESS sikrer fri og effektiv adgang til forsøgsdata fra de to faciliteter - ILL og ESS understøtter udviklingen af nye grønne og klimavenlige løsninger
Delmål	A: ILL og ESS understøtter EU's FAIR-dataprincipper. B: Bæredygtig drift af ESS. C: Medlemskaberne af ILL/ESS bidrager til at løse store samfundsudfordringer D: Øget ligestilling mellem kønnene.
Kvantitative indikatorer	A1: ILL og ESS har vedtaget datapolitik, der bygger på FAIR-dataprincipperne. A2: ILL og ESS har i praksis udmøntet datapolitik, således at alle forskere har fri og effektiv adgang til forsøgsdata fra de to faciliteter. B1: ESS har udarbejdet en plan eller strategi for, hvordan faciliteten vil nedbringe sine klimabelastning. C1: A1: Antallet af forskningsartikler publiceret af danske neutronforskere, med direkte relevans for udviklingen af nye klimavenlige teknologier og/eller den grønne omstilling er fordoblet i 2027 sammenlignet med 2020. C2: ESS har udarbejdet en videnskabelig strategi, der angiver, hvordan ESS aktivt vil understøtte udviklingen af klimavenlige løsninger. D1: At ILL og ESS har udarbejdet plan eller strategi, der kan sikre større grad af ligestilling. D2: Kønsfordeling i de danske brugermiljøer matcher kønsfordelingen på danske universiteter på det teknisk/naturvidenskabelige område.

Målplan for medlemskabet af EuXFEL

Danmark er medlem af European XFEL (EuXFEL), der ligger i Hamburg (Tyskland). EuXFEL er en såkaldt "fri elektron laserfacilitet", der benytter røntgen-laserlys til at analysere en bred vifte af forskellige materialer og materialeprocesser. XFEL-teknologien (eller røntgen-laserteknologien) er en videreudvikling af den teknologi, som findes på synkrotronfaciliteterne. XFEL-teknologien gør det muligt at måle ultrahurtige processer såsom struktur og dynamik af kemiske processer og katalytiske systemer. Det betyder, at der reelt er tale om en helt ny type karakteriseringsinstrument, som muliggør forsøg, der er radikalt anderledes, end hvad der kan udføres på de eksisterende synkrotronfaciliteter. Dermed er det også kun særlige typer eksperimenter med mulighed for at udnytte de unikke egenskaber ved XFEL-faciliteterne, som kan kvalificere sig til XFEL måletid.

Røntgen-laserteknologien er en forholdsvis ny eksperimentel teknologi, der først blev taget i brug for knap 15 år siden. Den første hård-røntgen XFEL-facilitet, LCLS i USA begyndte brugerdrift i 2009. Siden da er teknikken modnet væsentligt. Antallet af instrumenter (beamlinier) har indtil for nylig været yderst begrænset, og frem til ca. 2015 fandtes der på verdensplan kun 2-3 instrumenter. I dag findes der fem XFELs, der hver råder over et antal instrumenter. EuXFEL er den kraftigste og mest avancerede XFEL-facilitet, og den muliggør derfor også en række forsøg, som ikke kan gennemføres på de øvrige faciliteter. Selv om EuXFEL påbegyndte driften i 2017, er faciliteten dog stadig i en opstartsfasen. Det betyder, at den eksperimentelle tid, der er til rådighed for medlemslandenes forskere, blive væsentligt forøget i takt med at faciliteten bliver fuldt operationel.

EuXFEL er en såkaldt brugerfacilitet. Det betyder, at European XFEL er ansvarlig for at drive i alt syv instrumenter, hvor europæiske forskere kan gennemføre deres eksperimentelle arbejde. Den eksperimentelle måletid tildeles to gange årligt på baggrund af ansøgninger, der vurderes af en række videnskabelige paneler. Driftsudgifter fordeles af medlemslandene på baggrund af deres anvendelse af faciliteten. For Danmarks vedkommende er driftsbidraget fastlagt til 1 pct. af det årlige driftsbudget.

XFEL-teknologien er stadig meget ny. Det betyder, at det er betydeligt mere komplekst og ressourcekrævende at gennemføre eksperimenterne, end det er tilfældet for andre materialeforskningsfaciliteter (som eksempelvis ESRF og ILL). Herudover betyder teknikkens kompleksitet, at det typiske eksperiment involverer markant flere brugere end på tilsvarende synkrotroneksperimenter. Et typisk eksperiment tager 4-7 dage at gennemføre, og udføres ofte af et konsortium af forskergrupper med 10-60 deltagere fra 2-7 universitetsgrupper.

Eftersom EUXFEL først blev operationel i 2017, har danske forskere haft tradition for at anvende flere af de øvrige XFEL-faciliteter. Det er også tilfældet efter 2017, hvor danske forskere har fortsat med at anvende ikke mindst LCLS i USA samt den schweiziske facilitet. Adgangen til disse faciliteter er i stort omfang gratis, og er i reglen baseret på et "peer-review-system", hvor kun de bedste eksperiment-ansøgninger får bevilget eksperimentel tid på faciliteten. Et højt fagligt niveau blandt de danske røntgen-laserforskere har derfor været afgørende for, at danske forskere hvert år får bevilget "beamtid" på disse faciliteter. For at understøtte adgangen til de udenlandske XFEL-faciliteter udlever følgerforskningscentret DanScatt hvert år et mindre antal rejsestipendier til røntgen-laserforskere, der har fået bevilget "beamtid" på disse faciliteter.

Tema 1 - Mål og sigtelinjer for den generelle udvikling af EuXFEL

EuXFEL er den kraftigste og mest avancerede røntgen-laserfacilitet, der hidtil er bygget. Selve driften af faciliteten blev påbegyndt i 2017, hvor de to første af i alt syv instrumenter blev tilgængeligt for forskerne. Siden da har faciliteten gennemgået en gradvis udvikling, således at alle syv instrumenter i dag er funktionsdygtige.

De overordnede strategiske mål

Selvom EuXFEL har været i drift i de seneste fem år, er der stadig et stykke vej, før faciliteten er både forskningsmæssigt og teknisk udbygget. Det er en dansk prioritet, at EuXFEL i den kommende årrække færdiggøres ift. de oprindelige specifikationer, og kommer til at fungere som verdens førende røntgenlaserfacilitet (målt på brugernes videnskabelige produktion). Samtidig er det målet, at en gradvis udvikling af EuXFEL-faciliteten skal gøre det lettere for mindre forskningsgrupper og utrænede brugere i at benytte faciliteten. Det er på den baggrund en strategiske målsætning at:

Strategiske mål

- EuXFEL har i 2027 udviklet sig til verdens førende røntgenlaserfacilitet
- Mindre forskningsgrupper og utrænede XFEL-brugere benytter i stigende grad faciliteten.

Uddybelse af mål

I de kommende år er det således målet, at EuXFEL både færdiggøres ift. oprindelige specifikationer, samt at der sker en udvikling af facilitetens eksperimentelle teknikker. Der er i den sammenhæng opstillet nedenstående tre konkrete delmål, som skal gennemføres for at indfri de to overordnede strategiske mål:

Delmål A: EuXFEL leverer eksperimenteltid svarende til de oprindelige mål for faciliteten.

Delmål B: EuXFEL-forskning matcher som minimum forskningsniveauet på andre XFEL-faciliteter.

Delmål C: EuXFEL har udviklet teknologi og metoder, således at mindre forskningsgrupper eller forskere uden XFEL-erfaring får bedre muligheder for at bruge faciliteten.

Delmål A: EuXFEL leverer eksperimenteltid svarende til de oprindelige mål for faciliteten

Målsætningen, om at EuXFEL i 2027 har udviklet sig til verdens førende røntgenlaserfacilitet, er betinget af, at faciliteten færdiggøres ift. de oprindelige planer for faciliteten. Dette indebærer ikke mindst, at faciliteten øger mængden af den eksperimentel tid, der stilles til rådighed for forskerne. Det er i den sammenhæng et konkret mål, at EuXFEL i

2027 leverer de ca. 12.000 eksperimentelle timer, som var det oprindelige mål for faciliteten. Endvidere er det også målsætningen, at kvaliteten af den tid, der stilles til rådighed for forskerne, forbedres yderligere, således at flere eksperimenter gennemføres succesfuldt. Det bemærkes, at det er en forudsætning for dette mål (og delmål c), at det danske medlemsbidrag til EuXFEL ikke øges yderligere (bortset fra udgifter til den fastlagte pristalsregulering af de årlige budgetter). Fremtidige udviklingsprojekter skal derfor finansieres inden for de nuværende økonomiske budgetrammer eller gennem tiltrækning af ekstern finansiering eller tiltrækning af nye medlemslande.

Delmål B: "EuXFEL-forskning" matcher som minimum forskningsniveauet på andre XFEL-faciliteter

EuXFEL er verdens mest avancerede røntgen-laserkilde. Målet har været at konstruere en facilitet, der kunne gennemføre eksperimenter, så det er muligt at undersøge både materialestrukturer og materialeprocesser, som det ikke hidtil har været muligt at undersøge med samme præcision på andre faciliteter. Det er målsætningen, at de betydelige investeringer, der er foretaget i EuXFEL, skal omsættes til forskning på højeste internationale niveau, således at denne som minimum matcher den forskning, der udføres på andre XFEL-faciliteter.

Konkret er det derfor målet, at antallet af videnskabelige artikler, som publiceres på baggrund af forsøg på EuXFEL, som minimum matcher den videnskabelige produktion på andre XFEL-faciliteter. Herudover er det målet, at den forskningsmæssige impact af "EuXFEL-artikler" som minimum er på højde med andre XFEL-faciliteter.

Delmål C: EuXFEL har udviklet teknologi og metoder, således at mindre forskningsgrupper eller forskere uden XFEL-erfaring får bedre muligheder for at bruge faciliteten

Det er et centralt dansk mål at sænke adgangsbarriererne for anvendelsen af EuXFEL. I dag kræver det betydelige ressourcer at gennemfører et eksperiment på EuXFEL – både i forhold til antal personer, det kræver for at gennemføre et eksperiment, og til at dække en række meget specialiserede kompetencer som forskningsgrupperne skal råde over. Det er derfor målsætningen, at der i den kommende årrække skal ske en teknisk og videnskabelig udvikling af de eksperimentelle teknikker på EuXFEL, med henblik på at gøre det lettere for flere materialeforskere at få adgang til faciliteten – herunder også de mindre danske forskningsgrupper, der endnu ikke har den store erfaring med XFEL-teknologien.

Det er i den forbindelse en målsætning, at en betydelig andel af EuXFEL's egen forsknings- og udviklingsindsats sker i samspil og samarbejde med medlemslandenes forskere. Sådanne samarbejder kan erfaringsmæssigt bidrage til at udbrede viden og kompetencer til de europæiske brugermiljøer.

Konkret er det derfor en dansk målsætning, at der udarbejdes en videnskabelig strategi for EuXFEL, der bl.a. har fokus på at mindske adgangsbarriererne. En sådan indsats vil have som synligt resultat, at andelen af succesfulde måletidsansøgninger, hvor der indgår under 15 forskere i 2027, vokser med 1/3 sammenlignet med 2020. Endvidere er det ambitionen, at antallet af førstegangsbrugere skal være vokset med omkring 25 pct. i 2027 sammenlignet med 2020. Slutteligt er det desuden målet, at minimum 2/3 af EuXFEL's forsknings- og udviklingsprojekter sker i samarbejde med forskere fra andre medlemslande.

Samlet oversigt

I følgende tabel opsummeres strategiske mål, delmål og kvantitative indikatorer for den overordnede udvikling af EuXFEL:

Tabel O.22

Tema 1: Overordnede sigtelinjer og udvikling for EuXFEL

Strategisk mål	- EuXFEL har i 2027 har udviklet sig til verdens førende røntgenlaser-facilitet. - Mindre forskningsgrupper og utrænede XFEL-brugere benytter i stigende grad faciliteten.
Delmål	A. EuXFEL leverer eksperimenteltid svarende til de oprindelige mål for faciliteten B. "EuXFEL-forskning" matcher som minimum forskningsniveauet på de øvrige XFEL-faciliteter. C. EuXFEL har udviklet teknologi og metoder, således at mindre forskningsgrupper eller forskere uden XFEL-erfaring får bedre muligheder for at bruge faciliteten.
Kvantitative indikatorer	A1: EuXFEL leverer mindst 12000 beam-timer om året til brugere. A2: Mindst 95 pct. af tildelt beamtid er gennemført tilfredsstillende og har er generet anvendelige forsøgsdata. B1: Antallet af videnskabelige artikler som publiceres pba. forsøg på EuXFEL er som minimum på højde med andre XFEL-faciliteter. B2: Den forskningsmæssig impact af "EuXFEL-artikler" er som minimum på højde med andre XFEL-faciliteter. C1: Der er vedtaget en videnskabelig strategi for EuXFEL, der bl.a. har fokus på at mindske adgangsbarriererne for EuXFEL. C2: EuXFEL har gennemført en række udviklingsprojekter, der gør det lettere for mindre grupper og grupper uden XFEL-erfaring at benytte faciliteten. C3: Andelen af succesfulde ansøgninger om måletid med 15 eller færre medansøgere er vokset med 1/3 i 2027 ift. 2020. Antallet af førstegangsbrugere på EuXFEL er i 2027 vokset med 25 pct. ift. 2020. C4: Minimum 2/3 af EUXFEL's forsknings- og udviklingsprojekter sker i samarbejde med forskere fra de forskellige medlemslande.

Tema 2 - Videnskabelig anvendelse af EuXFEL

XFEL-teknologien er en ny eksperimentel teknik, der har eksisteret i omkring femten år. Der har ind til for få år siden kun fandtes et meget begrænset antal eksperimentelle faciliteter i Europa, hvor danske forskere kunne gennemføre eksperimenter. Resultatet er,

at det danske brugermiljø i dag har en forholdsvis begrænset størrelse. Det fremgår således af en brugeranalyse fra 2020, at der findes 16 XFEL-brugere, alle fra DTU⁷. Trods den beskedne begyndelse, har det danske brugermiljø deltaget i banebrydende eksperimenter og uddannet personer, der i dag sidder som instrument-ansvarlige på forskellige XFEL-faciliteter. Det danske brugermiljø er også stærkt repræsenteret i ledelsen af EuXFEL, hvor direktøren er dansk og tidligere direktør for DanScatt, ligesom danskere har været enten formand eller viceformand for Council uafbrudt siden 2010.

Det overordnede strategiske mål

Siden åbningen af EuXFEL i 2017 er adgangen til røntgen-laserfaciliteter blevet væsentligt forbedret. Det har betydet, at der er etableret flere nye forskergrupper på især AU og DTU. Dette skyldes, at XFEL-teknologien rummer et stort videnskabeligt potentiale for mange materialeforskere. Det er på den baggrund også vurderingen i brugermiljøet (DanScatt), at der i den kommende årrække er mulighed for en betydelig vækst i brugermiljøet. Det er på den baggrund et strategisk mål for den videnskabelige anvendelse af EuXFEL i 2027:

Strategisk mål

Der er opbygget et stærkt dansk røntgen-laserbrugermiljø, der både mht. størrelse og videnskabelige excellence matcher brugermiljøerne i de øvrige EuXFEL-medlemslande.

Uddybelse af mål

For at understøtte det strategiske mål om at udvikle et stærkt dansk røntgen-laserbrugermiljø er det vurderingen, at der i den kommende årrække skal ske en udvikling på følgende områder:

Delmål A: Det danske røntgen-laserforskningsmiljø er øget betydeligt.

Delmål B: Røntgen-laser brugermiljøet har fastholdt sin førende position i Europa, når det gælder kvalitet i forskningen.

Delmål C: Danske forskere udfører et stort antal eksperimenter på både EuXFEL og andre røntgen-laserfaciliteter.

Delmål A: Størrelsen af det danske brugermiljø på røntgen-laserområde er øget betydeligt

Målet, om at der skal opbygges et internationalt stærkt dansk brugermiljø betyder bl.a., at røntgen-laser brugermiljøet skal vokse markant i den kommende tid. Der findes imidlertid ikke statistiske opgørelser over størrelsen af brugermiljøerne i de forskellige lande, og det er derfor ikke muligt at sammenligne størrelsen af det danske brugermiljø med de

⁷ Brugermiljøet er i brugerundersøgelsen opgjort som forskere, der har publiceret to eller flere artikler med afsæt i forskning baseret på røntgenlasere i perioden 2015-19. Disse publikationer er alle sket med afsæt i eksperimenter, der er gennemført på den japanske eller amerikanske facilitet. Undersøgelsen medtager således ikke de forskergrupper, der er begyndt at anvende XFEL-teknologien inden for de seneste år.

øvrige lande. Målsætningen for udviklingen af det danske brugermiljø er derfor baseret på en konkret vurdering (i DanScatt) af, hvor mange danske forskere, der i den kommende årrække vil benytte XFEL-teknologien.

Det danske brugermiljø består i dag af forskere inden for især fysik og kemi, der bl.a. har fokus på forskning inden for materialers fysiske og kemiske egenskaber og processer. Det er imidlertid vurderingen, at der findes flere områder, hvor danske forskere endnu ikke benytter røntgen-laserteknologien – men hvor der er et stort potentiale for at udvikle det danske brugermiljø. Det drejer sig bl.a. om områder som: Strukturbologi, atom- og molekylfysik, kvantesystemer, materialer under ekstreme forhold, og ikke-lineær røntgenfysik. Det forventes, at forøgelsen af brugermiljøet primært sker gennem en vækst på "nye" fagområder.

På baggrund af disse er det en konkret målsætning, at brugermiljøet vil være fordoblet i 2027 (svarende til omkring 30 forskere), og at miljøet i 2031 er omkring fire gange større, end det var tilfældet i 2020 (svarende til omkring 60 forskere). Dette mål skal bl.a. ses på baggrund af, at der allerede er sket en betydelig vækst i brugermiljøet. Således udførte 27 danske forskere alene i 2019 et eller flere eksperimenter på en røntgen-laserfacilitet.

Delmål B: Røntgen-laser brugermiljøet har fastholdt sin førende position i Europa, når det gælder kvalitet i forskningen

Udviklingen af et stærkt danske brugermiljø betyder også, at det danske brugermiljø skal fastholde sin nuværende position som et af Europas førende røntgen-laserforskningsmiljøer. Konkret er det målet, at den videnskabelige produktion i det danske brugermiljø skal være i top fem i 2027 sammenlignet med de øvrige europæiske lande). Det bemærkes, at der endnu ikke er fastlagt en metode til at måle den videnskabelige performance af det danske brugermiljø. DanScatt vil i løbet af 2023 udarbejde forslag til hvordan en sådan måling kan gennemføres.

Delmål C: Danske forskere udfører et stort antal eksperimenter på både EuXFEL og andre røntgen-laserfaciliteter

Danske forskere har indtil nu været gode til at få bevilget eksperimentel tid på de forskellige røntgen-laserfaciliteter. Når det gælder EuXFEL, har danske forskere i en længere årrække fået tildelt mere beamtid, end det danske bidrag ellers tilsiger. Herudover har danske forskere også været succesfulde med at få tildelt beamtid på andre internationale røntgen-laserfaciliteter. En forøgelse i røntgen-laserbrugermiljøet (delmål A), forudsætter, at danske forskere også i fremtiden får bevilget "beamtid" på både EuXFEL og de øvrige røntgenlaserfaciliteter. En del af det øgede behov for eksperimentel tid kan dækkes gennem den planlagte forøgelse af "beamtid" på EuXFEL. Det er dog vurderingen, at det også fremover vil være afgørende, at danske forskere benytter røntgen-laserfaciliteter i både USA, Europa og Asien.

Med udgangspunkt i ovenstående, er det et konkret mål, at danske forskere i 2027 som minimum får tildelt eksperimentel tid på EuXFEL, svarende til det danske bidrag til EuXFEL's årlige driftsbudget. Herudover er det også målet at øge antallet af røntgen-lasereksemperimenter, som danske forskere udfører på andre faciliteter end EuXFEL. En konkret målsætning vil være, at antallet af eksperimenter, som gennemføres på andre faciliteter end EUXFEL, som minimum udgør halvdelen af det samlede antal eksperimenter, der udføres af det danske brugermiljø.

Udfordringer og forudsætninger

Målsætningen om at brugermiljøet i de kommende 10 år skal firdobles forudsætter, at danske forskere i tilstrækkeligt omfang har adgang til faciliteter på røntgen-laserområdet. I den sammenhæng udgør det danske bidrag til EuXFEL en begrænsning ift. væksten i det danske brugermiljø. Danmarks bidrag til EuXFEL har hidtil udgjort 1 pct. af facilitetens årlige driftsbudget. Det betyder, at danske forskere i udgangspunktet kun har adgang til 1 pct. af EuXFEL's eksperimentelle tid. Det er imidlertid ikke tilstrækkeligt til at dække de danske behov for eksperimentel tid på EuXFEL. Det er på den baggrund vurderingen, at selv med danske forskeres fortsatte benyttelse af en bred vifte af verdens XFEL-faciliteter, så forudsætter en betydelig vækst i brugermiljøet, at danske forskere kan anvende mere end 1 pct. af den eksperimentelle tid på EuXFEL.

Samlet oversigt

I følgende tabel opsummeres strategiske mål, delmål og kvantitative indikatorer for den videnskabelige anvendelse og udbytte af EuXFEL:

Tabel O.23

Tema 2: Videnskabelig anvendelse og udbytte

Strategisk mål	Der er opbygget et stærkt dansk røntgen-laserbrugermiljø, der både mht. størrelse og videnskabelige excellence matcher brugermiljøerne i de øvrige EuXFEL-medlemslande.
Delmål	A: Størrelsen af det danske brugermiljø på røntgen-laserområdet er øget betydeligt. B: Røntgen-laser brugermiljøet har fastholdt sin førende position i Europa, når det gælder kvalitet. C: Danske forskere udfører et stort antal eksperimenter på både EuXFEL og andre røntgen-laserfaciliteter
Kvantitative indikatorer	A1: Det danske brugermiljø er fordoblet fra ca. 16 i 2020 til ca. 30 i 2027, og i 2031 findes der omkring 60 danske forskere, der benytter røntgen-laser teknologien i deres forskning. A2: I 2027 består ca. halvdelen af brugermiljøet af forskere fra "nye" forskningsområder, hvor der i Danmark ikke tidligere har været tradition for at benytte røntgenlaser-faciliteter B1: Den videnskabelige impact af publikationer på røntgenlaserområdet er i 2027 (og i 2031) i top fem blandt europæiske lande. C1: Danske forskere får som minimum tildelt 1 pct. af den eksperimentelle tid på EuXFEL. C2: Danske forskere anvender et bredt udsnit verdens røntgenlaser-faciliteter, og mindst halvdelen af de "danske eksperimenter" gennemføres i 2027 fortsat på andre faciliteter end EuXFEL.

Tema 3 - betydning af EuXFEL for uddannelse og Innovation

EuXFEL og de øvrige røntgen-laserfaciliteter udgør en vigtig analyse- og karakteriseringsteknikker på materialeområdet. Det er derfor også vigtigt, at danske studerende som led i deres uddannelse får kendskab til de muligheder som XFEL-teknologien skaber på de forskellige fag- og forskningsområder. Adgangen til XFEL og de øvrige faciliteter giver studerende på alle niveauer mulighed for at få erfaring med eksperimentelt arbejde inden for analyse af materiale og materialeprocesser på 'state of the art eksperimentelt udstyr'. Erfaringerne fra de øvrige materialeforskningsfaciliteter peger således på, at studerendes deltagelse i forsøg giver de studerende en uvurderlig erfaring med planlægning og udførelse af eksperimentelt arbejde i en international kontekst. Ud over uddannelse viser erfaringerne fra bl.a. ESRF, at materialeforskningsfaciliteterne i nogle tilfælde kan spille en rolle for at understøtte vækst og innovation i erhvervslivet. Dette gælder bl.a. gennem virksomheders leverancer af højteknologisk udstyr og services til faciliteterne. Når det gælder EuXFEL, er det imidlertid vurderingen, at dette potentiale i de kommende år er forholdsvis begrænset. Dels fordi der i løbet af de næste fem år kun forventes begrænsede indkøb af teknologisk udstyr på EuXFEL. Dels fordi, at røntgen-laserteknologien stadig er så ny en analysemetode, at den kun meget begrænset omfang vil kunne anvendes af danske virksomheder. Der er derfor ikke opstillet mål omkring EuXFEL's betydning for innovation.

Det overordnede strategiske mål

Det er på den baggrund ambitionen, at EuXFEL-medlemskabet bidrager til at styrke uddannelsen af både kandidater og Ph.d.-studerende på universiteterne. Der opstilles derfor nedenstående strategiske mål:

Strategisk mål

- Medlemskabet af EuXFEL samt adgang til de øvrige røntgen-laserfaciliteter opkvalificerer undervisningen på alle niveauer inden for natur, teknik og sundhedsvidenskaberne.

Uddybelse af mål

Det er således ambitionen, at adgangen til EuXFEL og de øvrige XFEL-faciliteter ikke alene har betydning for den forskning som gennemføres på faciliteterne, men at det også har betydning for uddannelse af studerende. For at understøtte denne målsætning er det vurderingen, at det nødvendigt med en række strategiske indsatser og mål inden for følgende områder:

Delmål A: Der er sket en betydelig vækst i antallet af danske studerende, der undervises i de eksperimentelle teknikker, som anvendes på XFEL-faciliteterne.

Delmål B: Der er sket en betydelig vækst i antallet af studerende, der deltager i eksperimenter på enten EuXFEL eller på en af de øvrige XFELs.

Delmål A: Der er sket en betydelig vækst i antallet af danske studerende, der undervises i de eksperimentelle teknikker, som anvendes på XFEL-faciliteterne

En udvidelse af det danske brugermiljø forudsætter, at der i de kommende år sker en betydelig vækst i antallet af danske studerende, som bliver undervist i de eksperimentelle teknikker, der anvendes på XFEL-faciliteterne.

Konkret er det målsætningen, at antallet af studerende, der deltager i XFEL-rettede kurser, er fordoblet i 2027 sammenlignet med 2020. Det bemærkes, at der endnu ikke findes opgørelse over hvor mange studerende der deltager i konkrete kursusaktiviteter. Derfor vil DanScatt i løbet af 2022 udarbejde et forslag til opgørelse af antal kursister.

Delmål B: Der er sket en betydelig vækst i antallet af studerende, der deltager i eksperimenter på enten EuXFEL eller på en af de øvrige XFEL-faciliteter

Erfaringerne fra både neutron- og synkrotronområdet viser, at det har stor positiv effekt for de studerende at deltage i det eksperimentelle arbejde på de internationale forskningsfaciliteter. De studerende får således en vigtig erfaring med planlægning og udførelse af eksperimentelt arbejde i en international kontekst. Det er derfor målet, at et stigende antal dansk studerende deltager i udførslen af eksperimenter på enten EuXFEL eller på en af de øvrige XFEL-faciliteter. Konkret er det målet, at antallet er fordoblet i 2027 sammenlignet med 2020.

Det bemærkes, at også på dette område findes der endnu ikke opgørelser over, hvor mange studerende der har deltaget i eksperimentelt arbejde på faciliteterne. Derfor vil DanScatt i løbet af 2022 udarbejde et forslag til opgørelse af antal kursister. Det bemærkes endvidere, at brugermiljøets størrelse er relativt begrænset. Derfor vil der også være tale om et relativt lille antal studerende, der hvert år uddannes på området. Opgørelsen at uddannelsesaktiviteter vil derfor omfatte en flerårig periode (tre år).

Samlet oversigt

I følgende tabel opsummeres strategiske mål, delmål og kvantitative indikatorer for uddannelse og innovation:

Tabel 0.24

Tema 3: Uddannelse og innovation

Strategisk mål	- Medlemskabet af EuXFEL samt adgang til de øvrige røntgen-laserfaciliteter opkvalificerer undervisningen på alle niveauer inden for natur-, teknik- og sundhedsvidenskaberne.
Delmål	A. Der er sket en betydelig vækst i antallet af danske studerende, der undervises i de eksperimentelle teknikker, som anvendes på XFEL-faciliteterne. B. Der er sket en betydelig vækst i antallet af studerende, der deltager i eksperimenter på enten EuXFEL eller på en af de øvrige XFEL-faciliteter.
Kvantitative indikatorer	A1: Antallet af studerende, der deltager i XFEL-rettede kurser, er fordoblet i 2027 sammenlignet med 2020. B1: Antallet af studerende, der har deltaget i røntgenlasermålinger, er fordoblet i 2027 sammenlignet med 2020.

Tema 4 – medlemskabet af EuXFEL understøtter forskningspolitiske mål

Forskningsfaciliteter som EuXFEL har i en række tilfælde også betydning for en række mere generelle forskningspolitiske spørgsmål. Når det gælder EuXFEL, så gælder det ikke mindst implementeringen af EU's FAIR-dataprincipper, øget ligestilling mellem kønnene samt udviklingen af klimavenlige teknologier der med danske briller er vigtige.

Det overordnede strategiske mål

Det er på den baggrund strategiske målsætninger for medlemskabet af EuXFEL, at:

Strategiske mål

- Medlemskabet af EuXFEL understøtter løsning af store samfundsudfordringer.
 - EuXFEL prioriterer fri og effektiv adgang til data.
 - Øget ligestilling mellem kønnene
-

Uddybelse af mål

For at indfri disse strategiske mål er det nødvendigt med en række strategiske indsatser og mål inden for følgende områder:

Delmål A: EuXFEL understøtter EU's FAIR-dataprincipper.

Delmål B: Medlemskabet af EuXFEL understøtter løsning af globale udfordringer, herunder den grønne omstilling.

Delmål C: Bæredygtig drift af EuXFEL.

Delmål D: Øget fokus ligestilling mellem kønnene på EuXFEL og i det danske brugermiljø.

Delmål A: EuXFEL understøtter EU's FAIR-dataprincipper

EU har i den senest årrække arbejdet for udbredelsen af de såkaldte FAIR-dataprincipper, der skal sikre, at forskere har adgang til alle de forskningsdata, der bliver fremstillet i Europa. Det er derfor en central dansk prioritet, at EuXFEL sammen med de øvrige materialeforskningsfaciliteter er med til at understøtte udbredelsen af disse principper. Dels fordi det vil give større gennemsigtighed i forskningsprocessen, og skabe bedre muligheder for at validere og kvalitetssikre forsøgsresultater. Dels fordi det vil blive lettere at bygge videre på allerede eksisterende forsøgsdata, og dermed undgå unødige "dobbeltforsøg".

Det er på den baggrund målsætningen, at forskere (og andre interesserede) sikres åben og effektiv adgang til de forsøgsdata, der indsamles på EuXFEL.

Det er på den baggrund målet, at der fra dansk side arbejdes for at der udarbejdes en datapolitik på EuXFEL, som bygger på EU's FAIR-dataprincipper. Det er endvidere målet, at der inden 2027 er udarbejdet et system for datahåndtering og datalagring, der sikrer, at alle forskere har fri og effektiv adgang til EuXFELs forsøgsdata.

Delmål B: Medlemskabet af EuXFEL understøtter løsning af globale udfordringer, herunder den grønne omstilling

Adgangen til og udviklingen af nye materialer er en af de vigtigste flaskehalse i forbindelse med at løse en række af de store globale samfunds udfordringer: Udviklingen af nye klimavenlige teknologier, bedre fødevarerproduktion og øget sundhed. Eksempelvis hænger udviklingen af nye solceller, CO₂-fangst, grøn brint (katalyse) eller nye batterier tæt sammen med udviklingen af nye materialer. Den ultrahurtige tidsopløsning, som er tilgængelig på røntgenlasere, er velegnet til at lave de grundlæggende undersøgelser, som kan afdække flere af de mekanismer/processer, som klimavenlige energiteknologier er afhængige af.

Det er derfor en vigtig prioritet, at den fremtidige udvikling på EuXFEL i stigende grad understøtter udviklingen af teknologier der kan bidrage til at løse en række af de globale samfundsudfordringer, herunder ikke mindst udviklingen af grønne og klimavenlige teknologier. Konkret forslås det derfor, at der fra dansk side arbejdes for, at en kommende videnskabelig strategi på EuXFEL har fokus på hvordan EuXFEL aktivt kan bidrage til at understøtte udviklingen af nye klimavenlige løsninger. Det kan eksempelvis ske gennem særlige opslag om adgang til måletid, der er målrettet eksperimenter, der har fokus på udvikling af nye klimavenlige teknologier eller sygdomsbekæmpelse.

Det er ligeledes et konkret mål, at danske XFEL-forskere i stigende grad bliver involveret i forskning inden for den grønne omstilling. Konkret er det målet, at antallet af forskningsartikler baseret på resultater fra EuXFEL, med direkte relevans for udviklingen af nye klimavenlige teknologier og/eller den grønne omstilling er fordoblet i 2027 sammenlignet med 2020.

Delmål C: Bæredygtig drift af EuXFEL

Det er et centralt mål for Folketingets partier, at Danmark sammen med de øvrige europæiske lande skal mindske sin klimabelastning mest muligt. Det er derfor en målsætning, at en facilitet som EuXFEL også har fokus på at nedbringe facilitetens klimabelastning.

Det er derfor en målsætning, at EuXFEL inden 2027 har udarbejdet en plan eller strategi for, hvordan faciliteten vil nedbringe sine klimabelastning.

Delmål D: Øget ligestilling mellem kønnene på EuXFEL og i det danske brugermiljø

På EuXFEL er der en overvægt af mandlige ansatte – ikke mindst blandt det tekniske og videnskabelige personale. Når det gælder de danske brugermiljø, er der endnu ikke udarbejdet en opgørelse af kønsfordelingen. DanScatt vurderer imidlertid, at der en overvægt af mandlige røntgen-laserbrugere.

Det er ambitionen, at der i de kommende år vil ske en øget ligestilling mellem kønnene – både når det gælder EuXFEL og i det danske brugermiljø. Mere konkret er det målet at EuXFEL har udarbejdet en plan eller strategi, der kan sikre større grad af ligestilling,

samt at kønsfordeling i de danske brugermiljøer matcher kønsfordeling på danske universiteter på det teknisk/naturvidenskabelige områder.

Det er vigtigt at understrege, at det er en meget kompleks proces at ændre kønsfordelingen på såvel EuXFEL som i det danske brugermiljø. Ansættelse af forskere på såvel de danske universiteter som EuXFEL sker pba. ansøgernes faglige kvalifikationer. Det er imidlertid erfaringen, at et øget fokus på ligestillingsproblematikken i sig selv kan have betydning for kønsfordelingen blandt de ansatte på universiteterne. Det er derfor en ambition, at der i de kommende år skabes et større fokus og opmærksomhed på nødvendigheden af at skabe en mere ligelig kønsfordeling.

Det bemærkes, at der endnu ikke er udarbejdet opgørelser over kønsfordelingen i det danske brugermiljø. DanScatt vil derfor få udarbejdet en sådan opgørelse ifb. med udarbejdelse af handlingsplanen.

Samlet oversigt

I følgende tabel opsummeres strategiske mål, delmål og kvantitative indikatorer for understøttelse af de forskningspolitiske mål:

Tabel 0.25

Tema 4: Understøttelse af bredere forskningspolitiske mål

Strategisk mål	- Medlemskabet af EuXFEL understøtter løsning af store samfundsudfordringer. - EuXFEL prioriterer fri og effektiv adgang til data. - Øget ligestilling mellem kønnene.
Delmål	A. EuXFEL understøtter EU's FAIR-dataprincipper. B. Medlemskabet af EuXFEL understøtter løsning af globale udfordringer, herunder den grønne omstilling. C. Bæredygtig drift af EuXFEL. D. Øget fokus på ligestilling mellem kønnene på EuXFEL og i det danske brugermiljø.

Strategisk mål	- Medlemskabet af EuXFEL understøtter løsning af store samfundsudfordringer. - EuXFEL prioriterer fri og effektiv adgang til data. - Øget ligestilling mellem kønnene.
Kvantitative indikatorer	A1: EuXFEL har vedtaget datapolitik, der bygger på FAIR-dataprinipperne. A2: EuXFEL har i praksis udmøntet datapolitik så forskere har fri og effektiv adgang til forsøgsdata. B1: Antallet af XFEL-forskere, der har publiceret artikler på områder med direkte relevans for udvikling af nye klimavenlige teknologier og/eller den grønne omstilling, er i 2027 øget med 50 pct. sammenlignet med 2020. B2: EuXFEL har udarbejdet en videnskabelig strategi, der angiver, hvordan EuXFEL aktivt vil understøtte løsningen af globale samfundsudfordringer – herunder udviklingen af klimavenlige løsninger. C1: EuXFEL har udarbejdet en plan eller strategi for, hvordan faciliteten vil nedbringe sine klimabelastning D1: EuXFEL har udarbejdet en plan eller strategi, der kan sikre større grad af ligestilling. D2: Kønsfordeling i det danske brugermiljø matcher kønsfordeling på danske universiteter på det teknisk/naturvidenskabelige område.

Målplan for medlemskabet af ESRF

Danmark er sammen med de øvrige nordiske lande (i regi af konsortiet NordSync) medlem af European Synchrotron Radiation Facility (ESRF) som ligger i Grenoble, (Frankrig). ESRF er én ud af ca. 50 synkrotroner på verdensplan, som anvender røntgenstråling (synkrotronstråling) til at analysere både bløde, hårde og biologiske materialer inden for et meget bredt spektrum af natur- teknisk- og sundhedsvidenskabelig forskning. I de seneste ti år er nye anvendelser af synkrotronteknikken kommet til, bl.a. inden for bl.a. klima, miljø, og palæontologi.

De enkelte eksperimenter tager typisk 1-5 dage, og den eksperimentelle tid tildeles pba. peer review, ofte med succesrater på 10 pct. På den baggrund er det kun de bedste forslag, der får tildelt måletid på ESRF. ESRF gennemgik en opgradering i 2020, og blev i den forbindelse navngivet The Extreme Brilliant Source, ESRF-EBS. Opgraderingen betyder, at ESRF-EBF sammen med den svenske synkrotronkilde MAX IV i Lund er de to første såkaldte fjerde generationskilder, der har en betydeligt forbedret intensitet sammenlignet med de hidtidige synkrotronfaciliteter. De fleste andre synkrotroner arbejder derfor på at opgradere deres maskiner på lignende vis inden for de næste 5-10 år.

Nordsync's ejerandel (og årlige medlemsbidrag) af ESRF betyder, at danske forskere maksimalt kan få adgang til 1,5 - 2,0 pct. af den eksperimentelle tid på ESRF. Det betyder, at ESRF ikke kan dække det samlede danske behov for eksperimentel tid på en synkrotronfacilitet. I den seneste årrække udgør de danske eksperimenter på ESRF derfor kun omkring ¼ af de eksperimenter, som danske forskere hvert år udfører på en synkrotronfacilitet. For at kompensere for den manglende stråletid på ESRF søger danske forskere i stedet adgang på en lang række af de øvrige synkrotronfaciliteter, der findes i både Europa, USA og Japan.

Adgangen til disse faciliteter er i stort omfang gratis og er i reglen baseret på et "peer-review-system", hvor kun de bedste eksperimenteransøgninger får bevilget eksperimentel tid på faciliteten. Et højt fagligt niveau blandt danske synkrotronbrugere har derfor været afgørende for, at danske forskere hvert år får bevilget "beamtid" på de forskellige synkrotronfaciliteter.

For at understøtte adgangen til de udenlandske faciliteter uddeler følgeforskningscentret DanScatt hvert år et større antal rejsestipendier, således at forskere, der har fået bevilget eksperimentel tid på en internationale synkrotronfacilitet, får dækket rejseudgifterne. Herudover har der fra dansk side været foretaget en række danske investeringer i synkrotronfaciliteten MAX IV, Lund, der giver danske forskere adgang til MAX IV på linje med svenske forskere. Det drejer sig bl.a. om instrumenterne DanMAX og SINCRYS, der er etableret med støtte fra Infrastrukturpuljen, og som er dedikeret til danske styrkepositioner inden for hhv. materialeforskning og kemi. Herudover har Novo Nordisk Fonden finansieret opbygningen af instrumentet, MicroMAX, der har fokus på en tredje styrkeposition, strukturbiologi. Disse investeringer betyder, at det danske synkrotronmiljø får adgang til en række af de mest avancerede synkrotroninstrumenter, der er målrettet mod danske forskningsbehov. Kombinationen af kort afstand samt adgangen til specialiserede "danske" instrumenter betyder, at MAX IV i den kommende årrække forventes at have en meget betydelig rolle for de kommende års udvikling af det danske brugermiljø. Det gælder både ift. den forskning, der vil blive udført på MAX IV samt uddannelse af studerende på synkrotronområdet. På lidt længere sigt vil nærheden til neutronfaciliteten ESS bidrage til at øge betydningen af MAX IV for danske forskere. Neutron- og synkrotronteknikkerne

komplementerer på en række områder hinanden, og flere forskergrupper benytter derfor både synkrotron- og neutronspreddning ifb. med deres eksperimentelle arbejde.

Det er vigtigt at bemærke, at selv om en betydelig andel af danske forskere bruger andre synkrotronkilder end ESRF, så spiller ESRF en afgørende rolle for det danske brugermiljø. Synkrotronfaciliteterne udgør således en slags økosystem, hvor de mindre faciliteter spiller en særlig rolle i relation til mindre krævende forsøg, uddannelse, nye brugere og tests af nye koncepter. Mens de mest krævende forsøg bliver gennemført på store internationale faciliteter og ikke mindst ESRF. På den baggrund er adgangen til ESRF fortsat en nødvendighed for, at det danske brugermiljø kan gennemføre den mest avancerede forskning.

Tema 1 - Mål og sigtelinjer for udvikling af ESRF

ESRF har netop gennemført en større opgradering af faciliteten (det såkaldte EBS-program), der betyder, at facilitetens "beam" forbedres betydeligt. Opgraderingen betyder, at hovedparten af eksisterende brugere vil få endnu bedre muligheder for at analysere materialer og materialeprocesser på ESRF. Men opgraderingen giver også mulighed for at nye videnskabelige felter, som traditionelt ikke har anvendt synkrotronfaciliteter, med fordel vil kunne benytte synkrotronteknologien. Det drejer sig bl.a. om områder som præklinisk forskning og studier af natur- og kulturarv.

Opgraderingen betyder, at der i den kommende årrække primært er fokus på at udnytte de muligheder, som ESRF og EBS-programmet skaber for de europæiske synkrotronforskere. Det er på den baggrund vurderingen, at der ikke bør ske større ændringer eller udviklinger af faciliteten i den kommende årrække. Fra dansk side vil der derfor ikke blive opstillet konkrete mål for den generelle udvikling af ESRF, ud over den overordnede målsætning om at ESRF skal fastholde sin position som verdens førende synkrotronfacilitet.

Strategisk mål

- ESRF fastholder sin position som verdens førende synkrotronfacilitet.

Uddybelse af mål

For at understøtte det strategiske mål om at ESRF vedbliver med at være verdens førende synkrotronfacilitet, er der opstillet nedenstående to delmål for ESRF i 2027.

Delmål A: EBS-opgraderingen er fuldt implementeret og har forøget de videnskabelige muligheder på ESRF.

Delmål B: ESRF har etableret fire flagskibsprojekter.

Delmål A: EBS-opgraderingen er fuldt implementeret og har forøget de videnskabelige muligheder på ESRF

Det er en central målsætning, at ESRF i de kommende år har fokus på at høste gevinsterne af den store EBS-opgradering. Det betyder, at ESRF i 2027 fuldt ud har implementeret den nye "beam-teknologi", og at faciliteten er operationel på samme høje niveau som før opgraderingen. Samtidig har opgraderingen ført til, at det europæiske brugermiljø har fået forbedret mulighederne for at analysere materialer og materialeprocesser på ESRF.

Det er derfor en konkret målsætning, at ESRF leverer "beamtid" til forskerne med samme høje stabilitet som før opgraderingen. Det er samtidig målsætningen, at ESRF-forsøg som minimum fører til publiceringen af samme antal artikler med samme impact som før opgraderingen.

Det bemærkes, at såvel den igangværende EBS-opgradering som andre udviklingsaktiviteter (bl.a. delmål B) i udgangspunktet skal gennemføres inden for den eksisterende budgetramme (bortset fra den årlige pristalsregulering af ESRF's budget).

Det betyder, at det er en dansk prioritet, at den fremtidige udvikling og eventuelle opgradering af ESRF ikke kan føre til en forøgelse i landenes medlemsbidrag.

Delmål B: ESRF har etableret fire flagskibsprojekter

Ud over opgraderingen af ESRF's beamteknologi gennemfører ESRF også fire flagskibsprojekter, der indebærer, at der etableres fire nye typer af instrumenter på ESRF. Et af disse – et hårdt røntgenmikroskop på beamlinie ID03 – er designet og udviklet i et tæt samarbejde mellem ESRF og danske forskere gennem 8 år. Det er et konkret mål, at konstruktionen af dette og de øvrige tre flagskibsprojekter overgår til "brugermode" (dvs. at forskere har adgang til de tre instrumenter). senest i 2024.

Samlet oversigt

I følgende tabel opsummeres strategiske mål, delmål og kvantitative indikatorer for overordnede strategiske udvikling af ESRF:

Tabel 0.26

Tema 1: Overordnede mål og sigtelinjer

Strategisk mål	ESRF fastholder sin position som verdens førende synkrotronfacilitet.
Delmål	A. EBS-opgraderingen er fuldt implementeret og har forøget de videnskabelige muligheder på ESRF. B. ESRF har etableret fire flagskibsprojekter.

Strategisk mål	ESRF fastholder sin position som verdens førende synkrotronfacilitet.
Kvantitative indikatorer	A1: ESRF leverer "beamtid" til forskerne med samme høje stabilitet som før opgraderingen. A2: Antal artikler publiceret pba. af forsøg på ESRF har som minimum samme omfang som før opgraderingen. A3: Impact af artikler publiceret pba. af forsøg på ESRF er som minimum lige så højt som før opgraderingen. B1: ESRF's fire flagskibsprojekter overgår til "brugermode" senest i 2024.

Tema 2 - Videnskabelig anvendelse og udbytte af ESRF

Det danske synkrotronbrugermiljø består af en bred vifte af forskere inden for især kemi-, biologi-, fysik- og materialeforskning karakteriseret ved en række center-of-excellence's – såvel som mere anvendt forskning inden for samfundsudfordringer som grøn omstilling og sundhed. I de seneste 10-15 år har brugermiljøet undergået en meget kraftig udvikling, både når det gælder antallet af forskere, der benytter synkrotron forskning, såvel som den videnskabelige excellence i brugermiljøet. Udviklingen i det danske synkrotronmiljø har i vidt omfang været båret af en kontinuerlig udvikling på synkrotronfaciliteterne, der har betydet, at det er blevet stadig mere interessant for et stigende antal forskere at anvende synkrotronteknologien i deres forskning. Den seneste opgørelse fra 2020 viser, at der findes næsten 500 danske synkrotronforskere i Danmark.

Det er forventningen, at denne tendens vil fortsætte i fremtiden. Således betyder udviklingen af de nye fjerdegenerations synkrotronkilder på ESRF og MAX IV, at der opstår en række nye muligheder for såvel de eksisterende brugere som en række nye brugergrupper. Hertil kommer at en stigende anvendelse af robotter og standardiseret dataanalyse på faciliteterne vil skabe bedre muligheder for at analysere meget store datasæt baseret på et meget stort antal prøver.

Det overordnede strategiske mål

Det er på den baggrund den overordnede målsætning, at der i den kommende årrække sker en fortsat udvikling af det danske synkrotronbrugermiljø:

Strategisk mål

- Dansk synkrotronforskning fastholder sin position som et af Europas førende synkrotronmiljøer.

Uddybelse af mål

For at understøtte det strategiske mål om at fortsætte udviklingen af et stærkt dansk

synkrotron-brugermiljø er det vurderingen, at der i den kommende årrække skal ske en udvikling følgende på områder:

Delmål A: Det danske synkrotronbrugermiljø er kendetegnet ved en fortsat vækst – som i høj grad har fundet sted inden for nye forskningsområder.

Delmål B: Dansk synkrotronforskning er fortsat kendetegnet ved et højt fagligt niveau.

Delmål C: Danske forskere udfører et stort antal eksperimenter på både ESRF og andre synkrotronkilder.

Delmål A: Det danske synkrotronbrugermiljø er kendetegnet ved en fortsat vækst – som i høj grad har fundet sted inden for nye forskningsområder

Det er vurderingen, at der i de kommende år er basis for en fortsat udvikling af det danske brugermiljø. Denne udvikling vil ikke være ligeligt fordelt mellem de forskellige brugermiljøer. Det er således DanScatt's vurdering, at det i de kommende år vil være muligt at fastholde de danske brugermiljøer inden for de traditionelle danske styrkepositioner på synkrotronområdet: Uorganisk kemi, strukturbioologi/farmaci, materialefysik/kemi mm. Dertil er det også vurderingen, at udviklingen af nye mere intense synkrotronkilder på ikke mindst ESRF og MAX IV, vil skabe en række muligheder for at synkrotronmiljøet kan udvides inden for nye videnskabelige felter. Det drejer sig i særligt omfang om småmolekyle krystallografi, det prækliniske område og digitalisering af natur og kulturarv.

Det er på den baggrund et konkret mål, at der frem mod 2027 er basis for en vækst i brugermiljøet på omkring 15 pct. – svarende til en vækst på omkring 70 forskere/brugere. Der er tale om en lidt mindre vækstrate end de foregående 10-15 år. Dette skyldes primært, at udbredelsen af synkrotronteknologien inden for de eksisterende brugermiljøer er ved at nå et mætningspunkt. Til gengæld er der en række muligheder for, at synkrotronteknologien kan anvendes på en række nye forskningsområder (bl.a. præklinisk forskning, småmolekyle krystallografi og digitalisering af natur og kulturarv). På den baggrund er det et yderligere mål, at den fremtidige vækst i brugermiljøet primært sker inden for disse nye forskningsområder.

Det bemærkes, at en betydelig del af forskningsgrupperne på de nye forskningsområder kun har en begrænset erfaring med at anvende analyseinstrumenter som en synkrotronfacilitet, herunder ikke mindst håndtering af store og komplekse datamængder. Det er derfor også vurderingen, at udvidelsen af det danske brugermiljø vil være afhængig af en justering af den igangværende uddannelsesindsats, således at forskere uden for det traditionelle naturvidenskabelige område også kan benytte synkrotronteknologien.

Delmål B: Dansk synkrotronforskning er fortsat kendetegnet ved et højt fagligt niveau.

Dansk synkrotronforskning har hidtil været kendetegnet ved et højt fagligt niveau. Eksempelvis viste en analyse af udbyttet af de internationale medlemskaber fra 2017, at

de artikler, som danske forskere publicerede på baggrund af forsøg på ESRF, havde en højere Impact, end det var tilfældet for de øvrige europæiske forskningsmiljøer, der også havde publiceret artikler pba. forsøg på ESRF.

Det er i de kommende år en klar målsætning, at dansk synkrotronforskning kan fastholde sin position som et af Europas stærkeste videnskabelige miljøer. Konkret betyder målsætningen, at dansk synkrotronforskning i 2027 ligger i top fem i Europa, når det gælder impact af de videnskabelige publikationer, som danske forskere udgiver. Det bemærkes, at der endnu ikke er fastlagt en metode til at gennemføre denne måling. Der findes sammenlignelige data for artikler baseret på ESRF-forsøg. Men da ESRF kun tegner sig for omkring $\frac{1}{4}$ af de danske eksperimenter, er der behov for at finde en metode, som omfatter publikationer fra alle danske synkrotronforskere. DanScatt vil i løbet af 2022 udarbejde forslag til, hvordan denne måling kan gennemføres.

Delmål C: Danske forskere udfører et stort antal eksperimenter på både ESRF og andre synkrotronkilder.

ESRF er den vigtigste synkrotronkilde for det danske brugermiljø. Mange af de vigtigste og mest krævende forsøg gennemføres derfor også på ESRF. Medlemskabet af ESRF dækker imidlertid kun en mindre del af de samlede danske "synkrotron-behov". Gennem den seneste årrække har ESRF således kun stået for omkring $\frac{1}{4}$ af de eksperimenter, som danske forskere hvert år gennemfører på synkrotronområdet. For at dække den resterende del af det danske eksperimentbehov er det danske synkrotronbrugermiljø afhængig af at benytte en lang række synkrotronkilder i Europa. Adgangen til disse faciliteter sker typisk på baggrund af "peer review", således at det kun er de bedste forskere, der får adgang til faciliteterne. Muligheden for at dække det danske "synkrotronbehov" forudsætter derfor et generelt højt forskningsfagligt niveau i det danske brugermiljø, som betyder, at danske forskere i stort omfang får tildelt eksperimentel tid på disse faciliteter.

Det er vurderingen, at hvis det danske synkrotronmiljø fortsat skal udvikles, er det nødvendigt, at synkrotronbrugermiljøet fortsat formår at få bevilget eksperimentel tid på såvel ESRF som på en række af de øvrige internationale synkrotronfaciliteter. Det er derfor et konkret mål, at danske forskere i 2027 som minimum får tildelt eksperimentel tid på ESRF svarende til det danske bidrag – dvs. omkring 1,5-2,0 pct. af facilitetens beamtid. Herudover er det målet, at danske forskere også i 2027 har succes med at få tildelt eksperimentel tid på de øvrige synkrotronfaciliteter i primært Europa men også i USA og Japan. Målsætningen er, at omkring $\frac{3}{4}$ af de danske synkrotroneksperimenter sker på andre faciliteter end ESRF.

Samlet oversigt

I følgende tabel opsummeres strategiske mål, delmål og kvantitative indikatorer for den videnskabelige anvendelse og udbytte af ESRF samt udvikling af det danske synkrotronbrugermiljø:

Tabel 0.27

Tema 2: Videnskabelig anvendelse og udbytte

Strategisk mål	Dansk synkrotronforskning fastholder sin position som et af Europas førende synkrotronmiljøer.
Delmål	A: Det danske synkrotronbrugermiljø er kendetegnet ved en fortsat vækst – som i høj grad har fundet sted inden for nye forskningsområder. B: Dansk synkrotronforskning er fortsat kendetegnet ved et højt fagligt niveau. C: Danske forskere udfører et stort antal eksperimenter på både ESRF og andre synkrotronkilder.
Kvantitative indikatorer	A1: Det danske synkrotronbrugermiljø er vokset med 15 pct. således at brugermiljøet består af omkring 550 forskere i 2027. A2: Væksten i brugermiljøet – svarende til omkring 70 forskere i 2027 – er primært sket inden for nye forskningsområder, der ikke tidligere har tradition for at anvende synkrotronfaciliteter B1: Impact af publikationer fra det danske synkrotronmiljø er i top 5 på Europæisk plan. C1: Danske forskere har minimum fået tildelt 1,5 pct. af den samlede beamtid på ESRF –svarende til danske det danske bidrag til ESRF's driftsbudget. C2: ¾ af de danske synkrotroneksperimenter gennemføres på andre faciliteter end ESRF.

Tema 3 - Betydning af ESRF-medlemskabet og synkrotronmiljøet generelt for uddannelse og innovation

Det er ambitionen, at medlemskabet af ESRF ikke alene har betydning for det danske synkrotronforskningsmiljø, men i vidt omfang også styrker uddannelsen af studerende samt understøtter innovation og vækst i dansk erhvervsliv.

Røntgenspredning er en essentiel teknik inden for bl.a. fysik, materialeforskning og bioteknologi. Anvendelsen af synkrotroner i undervisning og i projektarbejde på alle niveauer giver ikke bare mulighed for undervisning på højt niveau; de studerendes deltagelse i forsøg giver også erfaring med planlægning og udførelse af eksperimentelt arbejde i en international kontekst.

Ud over uddannelsesperspektivet kan synkrotronmiljøet også understøtte vækst og innovation i dansk erhvervsliv. Det kan ske ved anvendelse af faciliteterne, direkte eller via vidensinstitutionerne, eller gennem salg af højteknologiske produkter og services til faciliteterne. Endelig kan danske bidrag til instrumentering og software give anledning til overførsel af teknologi til en voksende dansk røntgenindustri.

Det overordnede strategiske mål

Det er på den baggrund ambitionen, at medlemskaberne af ESRF samt adgangen til de øvrige europæiske synkrotron faciliteter bidrager til at styrke uddannelsen af studerende og understøtter innovation i danske virksomheder. Der opstilles derfor nedenstående to strategiske målsætninger:

Strategiske mål

- Medlemskabet af ESRF bidrager til at opkvalificere undervisningen på bachelor, kandidat og ph.d.-niveau inden for natur, teknik, sundhed og udvalgte områder af humaniora.
- Medlemskabet af ESRF, og synkrotronmiljøet generelt, styrker innovation og vækst i Danmark.

Uddybelse af mål

For at understøtte denne overordnede strategiske målsætning er det vurderingen, at det er nødvendigt med en række indsatser og mål inden for følgende områder.

Delmål A: Et stigende antal studerende har deltaget i kurser inden for synkrotronspredning.

Delmål B: Flere studerende deltager i eksperimentelle aktiviteter på synkrotronfaciliteterne.

Delmål C: Medlemskabet af ESRF og adgangen til de øvrige europæiske synkrotronfaciliteter understøtter danske virksomheders F&U-indsats.

Delmål D: De tekniske kompetencer omkring røntgenspredning udnyttes kommercielt.

Delmål E: Medlemskabet af ESRF understøtter udvikling af højteknologiske leverandørvirksomheder.

Delmål A: Et stigende antal studerende har deltaget i kurser inden for synkrotronspredning

Der eksisterer allerede veletablerede kurser i synkrotron/røntgenspredning på de fleste universiteter, heraf nogle i samarbejde med faciliteterne PETRA-III i Hamburg og MAX IV i Lund. Disse kurser og projekter er især centeret omkring fysik kemi og strukturbologi. For at sikre, at et bredt spektrum af studerende inden for natur-, teknik og sundvidenskaberne fortsat har viden og kompetencer inden for synkrotronspredning, er der behov for at udbuddet af disse kurser fortsætter. Det er vurderingen, at der er behov for at udvide kendskabet til synkrotronteknologien til nye discipliner og fagområder – herunder bl.a. præklinisk forskning, samt digitalisering af natur og kulturarv.

Konkret er det målet, at der sker en stigning på 15 pct. i antallet af studerende, der i 2027 har deltaget i et "synkrotron-kursus" sammenlignet med 2020. Dermed har væksten i "synkrotron-kursister" udviklet sig i samme takt som det danske synkrotronbrugermiljø. Det er således vurderingen, at udviklingen i kursusudbuddet med fordel kan følge udviklingen i det videnskabelige brugermiljø. Det er endvidere et konkret mål, at væksten på 15 pct. blandt "synkrotron-kursisterne" sker på nye uddannelsesområder - eksempelvis 'material engineering' og det sundhedsvidenskabelige område.

Det bemærkes, at der endnu ikke findes opgørelser over studerende, der deltager i konkrete kursusaktiviteter. Antallet af "synkrotron-kursister" i hhv. 2022 og 2027 kan derfor endnu ikke estimeres. DanScatt vil i løbet af 2022 udarbejde et forslag til opgørelse af antal kursister.

Delmål B: Flere studerende deltager i eksperimentelle aktiviteter på synkrotronfaciliteterne

Det er desuden en målsætning, at et stigende antal kandidat- og Ph.d.-studerende deltager i eksperimentelle forskningsaktiviteter på synkrotronkilderne. De hidtidige erfaringer peger således på, at studerendes deltagelse i forsøg på faciliteterne har stor positiv betydning for de studerendes uddannelse, og giver dem erfaring med planlægning og udførelse af eksperimentelt arbejde i en international kontekst.

Det er målsætningen, at der frem mod 2027 sker en forøgelse på 15 pct. i antallet af studerende, der deltager i eksperimentelt arbejde på en synkrotronfacilitet. Det bemærkes, at det konkrete mål matcher den forventede udvikling i det videnskabelige brugermiljø, da de studerendes deltagelse i eksperimentelt arbejde oftest sker i samspil med videnskabeligt ansatte. Det er endvidere målet, at ca. halvdelen af væksten i såvel kursusdeltagelsen, som deltagelsen i eksperimentelle aktiviteter på faciliteterne, sker inden for områder, som i dag kun benytter synkrotronspredning i mindre omfang.

Det bemærkes, at der endnu ikke findes opgørelse over studerende, der deltager i eksperimentelle aktiviteter på synkrotronfaciliteterne. DanScatt vil i løbet af 2022/23 udarbejde et forslag til opgørelse af antal kursister.

Delmål C: Medlemskabet af ESRF og adgangen til de øvrige europæiske synkrotronfaciliteter understøtter danske virksomheders F&U-indsats

Synkrotronmålinger giver unik information om materialer og bioteknologiske produkter og processer, og er derfor interessant for dansk industri. Op mod 10-15 pct. af de forsøg, der udføres på fleste af de Europæiske faciliteter, udføres således i et samarbejde med virksomheder. Manglen på kendskab til teknikkerne og kompleksiteten af dataanalysen gør imidlertid, at langt hovedparten af danske virksomheder må gennemføre forsøg i et samarbejde med vidensinstitutioner. I den senere årrække er der gennemført en række aktiviteter for at understøtte dette samarbejde, herunder det såkaldte LINX samarbejde og etableringen af en industriportal på GTS institutterne. Synkrotronmiljøet har endvidere understøttet disse tiltag ved at tillade, at op til 10 pct. af måletiden på det danske instrument på MAX IV kan anvendes kommercielt.

Det er på den baggrund målet, at medlemskabet af ESRF og adgangen til de øvrige synkrotronfaciliteter også fremadrettet understøtter de danske virksomheders forsknings-

og udviklingsarbejde. Konkret er det målet, at 10 pct. af de danske synkrotronbrugere er ansat i en virksomhed eller på et GTS-institut.

Delmål D: De tekniske kompetencer omkring røntgenspredning udnyttes kommercielt.

I den seneste årrække har danske forskere deltaget i opbygningen af både hardware og software på ESRF, MAX IV og PETRA-III. Der er herved opbygget en række vigtige kompetencer inden for røntgenspredning, som også er interessante i et kommercielt perspektiv. Dette gælder eksempelvis inden for udvikling af medicinske scannere, udvikling af sikkerhedssystemer i lufthavne og scannere til kvalitetssikring i fremstillingsindustrien. Det danske synkrotronforskningsmiljø har gennem en række konkrete samarbejds- og tech-trans projekter medvirket aktivt til at opbygge en dansk røntgenindustri, med en årlig omsætning på ca. 400 millioner kr. Det er en målsætning, at denne industri vokser gennem et aktivt samspil med synkrotronbrugermiljøet. Konkret er det målsætningen, at omsætningen i den danske røntgenindustri er vokset med 25 pct. i 2027.

Delmål E: Medlemskabet af ESRF understøtter udvikling af højteknologiske leverandørvirksomheder

Det er et mål, at medlemskabet af ESRF og tilknytningen til de andre faciliteter understøtter udviklingen af højteknologiske leverandørvirksomheder. Da ESRF netop har gennemgået en opgradering, vil omfanget af dette i de næste fem år dog være moderat. Det er derfor målet, at danske virksomheders årlige salg til ESRF i 2027 beløber sig omkring 5 mio. kr.

Samlet oversigt

I følgende tabel opsummeres strategiske mål, delmål og kvantitative indikatorer for uddannelse og innovation for medlemskabet af ESRF samt anvendelse af de øvrige europæiske synkrotronfaciliteter:

Tabel O.28

Tema 3: Uddannelse og Innovation

Strategisk mål	- Medlemskabet af ESRF og synkrotronmiljøet generelt bidrager til at opkvalificere undervisningen på bachelor, kandidat og Ph.d.-niveau inden for natur, teknik, sundhed og udvalgte områder af humaniora. - Medlemskabet af ESRF og synkrotronmiljøet generelt styrker innovation og vækst i Danmark
Delmål	A: Et stigende antal studerende har deltaget i kurser inden for synkrotronspredning. B: Flere studerende deltager i eksperimentelle aktiviteter på synkrotronfaciliteterne. C: Medlemskabet af ESRF og adgangen til de øvrige europæiske synkrotronfaciliteter understøtter danske virksomheders F&U-indsats. D: De tekniske kompetencer omkring røntgenspredning udnyttes kommercielt. E: Medlemskabet af ESRF understøtter udvikling af højteknologiske leverandørvirksomheder.
Kvantitative indikatorer	A1: Antallet af kandidat- og Ph.d.-studerende, der i 2027 har deltaget i synkrotronspredningskurser, er steget med 15 pct. i forhold til 2021. B1: Antallet af studerende, der i 2027 har deltaget i eksperimentelt arbejde på synkrotronfaciliteter, er øget med 15 pct. sammenlignet med 2020 C1: 10 pct. af synkrotronbrugerne er ansat i virksomheder eller GTS-institutter. D1: Omsætningen i den danske røntgenindustri er vokset med 25 pct. fra 2019 til 2027. E1: Danske virksomheder salg til ESRF beløber sig til omkring 5 mio. kr.

Tema 4 - betydning af medlemskabet af ESRF ift. at understøtte bredere forskningspolitiske mål

Forskning baseret på synkrotronstråling er relevant for et flertal af FN's verdensmål og flere andre brede forskningspolitiske mål. I særdeleshed er synkrotronforskning vital for den grønne omstilling i Danmark, herunder forskningen i batterier, Power2X, CO₂-fangst og vindenergi. Det er derfor et strategiske mål, at det danske synkrotronforskningsmiljøet bidrager aktivt til udviklingen af nye og klimavenlige løsninger.

En anden væsentlig dagsorden relaterer sig til adgang til datalagring og analyse. Der er på europæisk plan i stigende grad fokus på, at alle forskere skal have adgang til de data, som europæiske forskere frembringer (efter en evt. karensperiode). Det gælder også data fra store forsøgsfaciliteter som ESRF. Imidlertid betyder en eksponentiel stigning i datamængder, at udgifterne til datalagring stiger voldsomt. Det er derfor en

dansk prioritet, at ESRF og andre faciliteter sikrer en fri adgang til data og arbejder på at forøge produktiviteten.

Det overordnede strategiske mål

Det er på den baggrund er de strategiske målsætninger for medlemskabet af ESRF at:

Strategiske mål

- Medlemskabet af ESRF understøtter løsning af globale udfordringer, herunder den grønne omstilling.
- ESRF prioriterer fri og effektiv adgang til data.
- Øget ligestilling mellem kønnene.

Uddybelse af mål

For at indfri disse strategiske mål for den videnskabelige anvendelse af ESRF vurderes det nødvendigt med en række strategiske indsatser og mål inden for følgende områder:

Delmål A: Medlemskabet af ESRF bidrager til at løse store samfundsudfordringer.

Delmål B: Bæredygtig drift af ESRF.

Delmål C: ESRF understøtter EU's FAIR-dataprincipper.

Delmål D: Øget fokus ligestilling mellem kønnene på ESRF og i det danske brugermiljø.

Delmål A: Medlemskaberne af ESRF bidrager til at løse store samfundsudfordringer

Adgangen til og udviklingen af nye materialer er en af de vigtigste flaskehalse i forbindelse med at løse en række af de store globale samfunds udfordringer: Udviklingen af nye klimavenlige teknologier, bedre fødevarerproduktion og øget sundhed. Grønne energiteknologier som f.eks. vindmøller, CO₂-fangst, grøn brint (elektrokatalyse) eller nye batterier hænger uløseligt sammen med udviklingen af nye materialer. Synkrotron og neutronbaseret forskning giver på afgørende vis indsigt i materialers og komponenters struktur, og muliggør dermed en forståelsesbaseret udvikling af højeffektive materialer og komponenter. Som eksempel kan nævnes, at udviklingen af den nuværende generation af batterier til el-biler ikke havde været muligt uden disse analytiske værktøjer. De danske miljøer står her på flere områder i den absolutte forskningsfront, ligesom såvel fyrtårne som de danske beamlinier understøtter denne type forskning. Tilknytningen til flere af de store anvendte projekter, der igangsættes i disse år i Danmark, kunne være stærkere.

Det er derfor en vigtigt dansk prioritet at ESRF i stigende grad bidrager til løse de store globale samfundsudfordringer, ikke mindst nye grønne og klimavenlige løsninger og nye

produkter. Konkret forslås det derfor, at ESRF inden 2027 har udarbejdet en videnskabelig strategi, der angiver, hvordan ESRF vil bidrage til at understøtte udviklingen af løsninger på globale samfundsudfordringer, herunder ikke mindst udviklingen af klimavenlige teknologier. Eksempelvis ved at der laves opslag, der har særligt fokus på særlige problemfelter som batterier eller covid-19.

Det er ligeledes målet, at danske synkrotronforskere i stigende grad bliver involveret i forskning inden for den grønne omstilling. Konkret er det målet, at antallet af forskningsartikler, med direkte relevans for udviklingen af nye klimavenlige teknologier og/eller den grønne omstilling er fordoblet i 2027 sammenlignet med 2020.

Delmål B: Bæredygtig drift af ESRF

Det er et centralt mål for Folketingets partier, at Danmark sammen med de øvrige lande skal mindske sin klimabelastning mest muligt. Det er derfor en målsætning, at en facilitet som ESRF også har fokus på nedbringe facilitetens klimabelastning.

Det er derfor en målsætning, at ESRF inden 2027 har udarbejdet en plan eller strategi for, hvordan faciliteten vil nedbringe sine klimabelastning.

Delmål C: ESRF understøtter EU's FAIR-dataprincipper

Når det gælder adgang til data, er det vigtigt, at faciliteterne har indført politikker, der sikrer at forsøgsdata er tilgængelige for andre forskere (efter en kortere karensperiode). Men det er også vigtigt, at data er organiserede på en sådan måde, så andre forskere reelt kan benytte disse. Det er derfor målsætningen, at ESRF tilslutter sig EU's FAIR dataprincipper, der udgør den fremtidige ramme for fri og åben adgang til forsøgsdata. Det er derfor en konkret målsætning, at ESRF i 2027 har vedtaget en datapolitik, der bygger på FAIR-dataprincipperne. Det er samtidig målet, at faciliteterne har implementeret denne datapolitik således at alle forskere i praksis har fri og effektiv adgang til forsøgsdata fra de to faciliteter

Delmål D: Øget fokus på ligestilling mellem kønnene på ESRF og i det danske brugermiljø

På ESRF er der en overvægt af mandlige ansatte – ikke mindst blandt det tekniske og videnskabelige personale. Når det gælder de danske synkrotronbrugermiljø, er der endnu ikke udarbejdet en opgørelse af kønsfordelingen. DanScatt vurderer imidlertid, at der en overvægt af mandlige synkrotronbrugere.

Det er ambitionen, at der i de kommende år sker en øget ligestilling mellem kønnene – både når det gælder ESRF, som i det danske brugermiljø. Mere konkret er det målet for at:

- At ESRF har udarbejdet en plan eller strategi, der kan sikre større grad af ligestilling.
- At kønsfordeling i de danske brugermiljøer matcher kønsfordeling på danske universiteter på det teknisk/naturvidenskabelige områder.

Det er vigtigt at understrege, at det er en meget kompleks proces at ændre kønsfordelingen på såvel ESRF som i det danske brugermiljø. Ansættelse af forskere på såvel de danske universiteter som ESRF sker pba. ansøgernes faglige kvalifikationer. Det er imidlertid erfaringen, at et øget fokus på ligestillingsproblematikken i sig selv kan have betydning for kønsfordelingen blandt de ansatte på universiteterne. Det er derfor en ambition, at der i de kommende år skabes et større fokus og opmærksomhed på nødvendigheden af at skabe en mere ligelig kønsfordeling.

Det bemærkes, at der endnu ikke udarbejdet opgørelser over kønsfordelingen i de danske brugermiljø. DanScatt vil derfor ifb. med udarbejdelse af handlingsplan i få udarbejdet en sådan opgørelse.

Samlet oversigt

I følgende tabel opsummeres strategiske mål, delmål og kvantitative indikatorer for, hvordan medlemskabet af ERSF bidrager til at understøtte en række forskningspolitiske mål:

Tabel 0.29

Tema 4: Understøttelse af forskningspolitiske mål

Strategisk mål	- Medlemskabet af ESRF understøtter løsning af globale udfordringer, herunder den grønne omstilling. - ESRF prioriterer fri og effektiv adgang til data. - Øget ligestilling mellem kønnene.
Delmål	A: Danske synkrotronforskere er i stigende grad involveret i forskning inden for den grønne omstilling. B. Bæredygtig drift af ESRF. C. ESRF understøtter EU's FAIR-dataprincipper. D. Øget fokus på ligestilling mellem kønnene på ESRF og i det danske brugermiljø

Strategisk mål	- Medlemskabet af ESRF understøtter løsning af globale udfordringer, herunder den grønne omstilling. - ESRF prioriterer fri og effektiv adgang til data. - Øget ligestilling mellem kønnene.
Kvantitative indikatorer	A1: Antallet af forskningsartikler publiceret af danske synkrotronforskere, med direkte relevans for udviklingen af nye klimavenlige teknologier og/eller den grønne omstilling er fordoblet i 2027 sammenlignet med 2020. B1: ESRF udarbejdet en plan eller strategi for, hvordan faciliteten vil nedbringe sine klimabelastning. C1: ESRF har vedtaget datapolitik, der bygger på FAIR-dataprincipperne. C2: ESRF har i praksis udmøntet datapolitik, så forskere har fri og effektiv adgang til forsøgsdata. D1: At faciliteter har udarbejdet plan eller strategi, der kan sikre større grad af ligestilling. D2: Kønsfordeling i de danske brugermiljøer matcher kønsfordeling på danske universiteter på det teknisk/naturvidenskabelige områder.