

Kortlægning af de danske brugermiljøer af internationale forskningsfaciliteter

Juli 2021



Udgivet af Uddannelses- og Forskningsstyrelsen
Haraldsgade 53
2100 København Ø
Tel.: 3544 6200
ufs@ufm.dk
www.ufm.dk

Publikationen kan hentes på ufm.dk/publikationer

ISBN (elektronisk publikation): 978-87-94128-16-2



Kortlægning af de danske brugermiljøer af internationale forskningsfaciliteter

Juli 2021

Indhold

1. Indledning	5
1.1 Metode og gennemførelse af kortlægningsarbejdet	6
1.2 Kortlægningsrapportens opbygning	8
2. Analyse og vurdering af kortlægningens observationer	9
2.1 Organisering og anvendelse af forskningsfaciliteterne	9
2.2 Størrelse og sammensætning af brugermiljøerne	12
2.3 Muligheder og barrierer for at øge anvendelsen af faciliteterne	14
3. Kortlægning og Analyse af de enkelte brugermiljøer	16
3.1 Det danske CERN-brugermiljø	17
3.2 Brugermiljø omkring ESO og astrofysik	21
3.3 Brugermiljø omkring ITER og fusionsforskning	27
3.4 Brugermiljø omkring ESRF og synkrotronforskning	31
3.5 Brugermiljø omkring ESS, ILL og dansk neutronforskning	37
3.6 Brugermiljø omkring EMBO og EMBL	43
3.7 Brugermiljø omkring EuXFEL	48
Bilag 1: Oversigt over opgørelsesmetoder anvendt i baggrunds-analyserne	54

1. Indledning

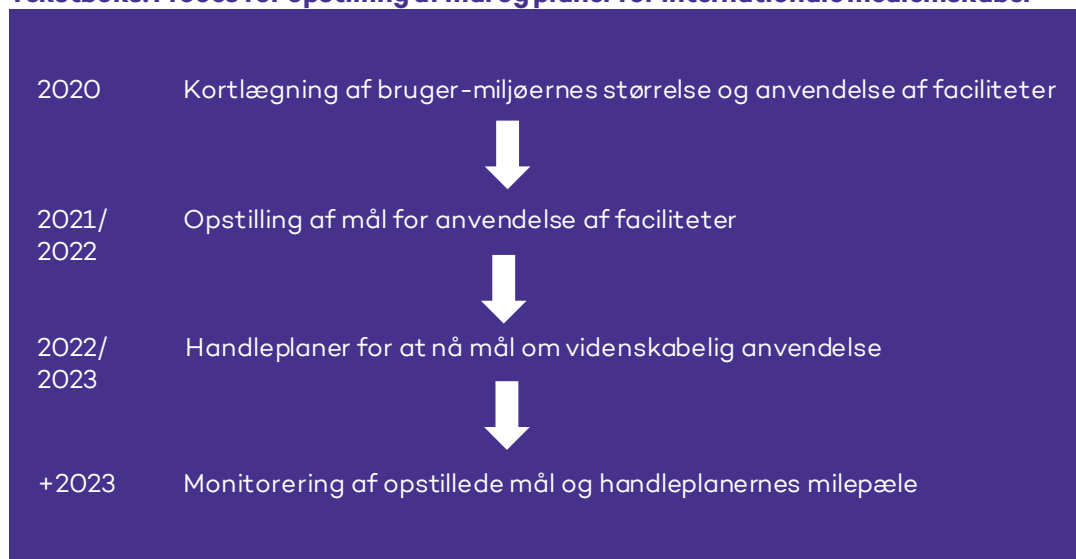
Uddannelses- og Forskningsstyrelsen (UFS), tidligere Styrelsen for Forskning og Uddannelse, Kontoret for Forskningsinfrastruktur (SFU-FIR), og Det Nationale Udvalg for Forskningsinfrastruktur (NUFI) har gennem de seneste år haft fokus på at styrke udbyttet af de danske medlemskaber af de store internationale forskningsinfrastrukturer: CERN, ESO, EMBO/EMBL, ESS, ESRF, EuXFEL, ILL og ITER.

Derfor fik det daværende SFU-FIR i 2017/2018 udarbejdet analysen: *"Udbyttet af Danmarks medlemskaber af store internationale forskningsinfrastrukturer"*, som bl.a. havde fokus på det forskningsmæssige udbytte af de internationale medlemskaber. Analysen viste, at medlemskaberne har en betydelig impact på dansk forskning, dels fordi mange danske forskere er gode til at udnytte medlemskaberne, dels fordi medlemskaberne har afgørende positiv indflydelse på kvaliteten af dansk forskning. Men analysen viste også, at anvendelsen af medlemskaberne i visse sammenhænge var ad-hoc præget, og at der manglede tydelige mål og strategier for, hvordan medlemskaberne varetages.

Som opfølgning på "udbytteanalysen" udarbejdede det daværende SFU-FIR en "Handlingsplan for udbyttet af danske medlemskaber af store internationale forskningsfaciliteter". Handlingsplanen indeholder en række forslag til, hvordan der skal samles op på "udbytteanalysens" anbefalinger. Et af handlingsplanens centrale forslag er, at der i løbet af den kommende år skal opstilles klare mål og planer/strategier for anvendelse af de enkelte internationale medlemskaber. Første led i dette arbejde består i at kortlægge de danske brugermiljøer, som anvender de internationale medlemskaber. Der findes kun i begrænset omfang viden om den videnskabelige anvendelse af internationale faciliteter, herunder ikke mindst størrelsen og sammensætningen af de danske brugermiljøer.

Arbejdet med at kortlægge den danske anvendelse af de internationale medlemskaber blev igangsat af det daværende SFU-FIR i efteråret 2019 i samarbejde med NUFi. Denne rapport opsummerer de væsentligste resultater fra dette kortlægningsarbejde. Målet med kortlægningsrapporten er at tilvejebringe et detaljeret videngrundlag om størrelsen og karakteren af de videnskabelige brugermiljøer, der anvender de otte forskningsfaciliteter. Det er ambitionen, at der med afsæt i såvel kortlægningen som den tidligere "udbytteanalyse" skal opstilles mål for den fremtidige anvendelse af de enkelte internationale medlemskaber. Det fremgår således af 'Det Danske Roadmap for Forskningsinfrastruktur' fra 2020, at UFS i samarbejde med universiteter, følgeforskningscentre og BigScience.dk i løbet 2021 skal opstille mål for anvendelse af de danske medlemskaber. Indfrielsen af de opstillede mål skal løbende monitoreres. Samtidig er det målsætningen i roadmapen, at der efterfølgende skal udarbejdes handleplaner for, hvordan de opstillede mål kan indfries.

Det er vigtigt at understrege, at der allerede er gennemført en meget omfattende "udbytteanalyse" af de otte internationale medlemskaber. Derfor har kortlægningsrapporten ikke fokus på det videnskabelige udbytte af de otte forskningsfaciliteter. Målet med rapporten er således alene at få belyst omfanget og karakteren af den danske anvendelse samt potentialer og barrierer for at øge den danske anvendelse af de otte forskningsfaciliteter.

Tekstboks: Proces for opstilling af mål og planer for internationale medlemskaber**1.1 Metode og gennemførelse af kortlægningsarbejdet**

Kortlægningsrapporten er baseret på en række baggrundsanalyser, som de videnskabelige brugermiljøer, der anvender de otte medlemskaber, har udarbejdet. Følgeforskningscentrene NICE, IDA og DanScatt har stået for baggrundsanalyserne omkring CERN, ESO, ESS, ESRF, EuXFEL og ILL er. For ITER-medlemskabet er baggrundsanalysen udarbejdet af DTU Fysik, som er omdrejningspunktet for dansk fusionsforskning. Når det gælder EMBO/EMBL-medlemskabet, findes der ikke samme organisering af brugermiljøet, som det er tilfældet for de øvrige medlemskaber. Derfor har SFU-FIR i samarbejde med NUFI og universiteterne nedsat en særlig EMBL-arbejdsgruppe, som har udarbejdet baggrundsanalysen af det danske EMBO/EMBL-brugermiljø. Kortlægning af brugermiljøerne for neutronfaciliteterne ESS og ILL er slået sammen, da begge faciliteterne anvendes af samme brugermiljø.

Forskellige opgørelsesmetoder

Det har været et vigtigt udgangspunkt for kortlægningsarbejdet, at indsamling af data skulle belaste de videnskabelige miljøer mindst muligt. Derfor skulle kortlægningen i videst muligt omfang tage afsæt i eksisterende data eller opgørelser. De videnskabelige brugermiljøer har på den baggrund selv valgt, hvordan baggrundsanalysen skulle gennemføres, herunder også hvordan brugermiljøerne blev afgrænset. Det betyder (som det fremgår af nedenstående tabel 1.1), at de videnskabelige miljøer har benyttet flere forskellige opgørelsesmetoder. I bilag 1 gives en mere udførlig beskrivelse af de forskellige metoder, som ligger til grund for de forskellige baggrundsanalyser.

Det er vigtigt at understrege, at forskernes anvendelse af de otte forskningsfaciliteter i udgangspunktet er meget forskellig. Det er derfor også vanskeligt at sammenligne anvendelsen på tværs af faciliteterne. Det har derfor heller ikke været afgørende, at de enkelte baggrundsanalyser fulgte samme opgørelsesmetode. Det har til gengæld været det at det bliver muligt at følge udviklingen i den danske anvendelse af faciliteterne over tid.

Tabel 1.1: Vigtigste metoder og datakilder der er anvendt i de otte baggrundsanalyser

	Hvem har udarbejdet baggrundsanalysen	Vigtigste datakilder anvendt ifb. med opgørelse af brugermiljøets størrelse og sammensætning
CERN	Følgeforskningscentret NICE	– Brugerstatistik fra CERN – Spørgeskemaundersøgelse blandt alle danske CERN brugere (Experiment og teori) – Rundspørge blandt medlemmer af NICE's bestyrelse
ESO	Følgeforskningscentret IDA	– Brugerstatistik fra ESO – Spørgeskemaundersøgelse rundsendt til hele det astrofysiske miljø i Danmark
ILL/ESS	Følgeforskningscentret DanScatt	– Brugerstatistik fra ILL – Publiceringsanalyse ift. neutronspredning – Opgørelse af rejsestipendier
ESRF	Følgeforskningscentret DanScatt	– Brugerstatistik fra ESRF – Publiceringsanalyse ift. synkrotronspredning – Opgørelse af rejsestipendier
EuXFEL	Følgeforskningscentret DanScatt	– Brugerstatistik fra EuXFEL – Publiceringsanalyse ift. røntgen/laserspredning – Opgørelse af rejsestipendier
ITER	DTU Fysik	– DTU Fysik har gennemført optælling af forskningsmiljø
EMBO/EMBL	EMBL-arbejdsgruppe	– Statistisk opgørelse fra EMBO/EMBL – Spørgeskemaundersøgelse blandt potentielle EMBO/EMBL-brugere

Som det fremgår af tabel 1.1, så bygger kortlægningen af brugermiljøerne omkring ITER og CERN på en rundspørge blandt centrale medlemmer af det videnskabelige miljø. Kortlægning af CERN-brugermiljø har dog fundet sted ved direkte henvendelse til alle relevante danske brugere). Når det gælder ESO, har følgeforskningscentret IDA baseret sin kortlægning af brugermiljøet på en spørgeskemaundersøgelse blandt alle astrofysikere. DanScatt har kortlagt brugermiljøerne omkring ESRF, ILL (inkl. ESS) og EuXFEL med afsæt i en række analyser af de videnskabelige artikler, som danske forskere har publiceret på baggrund af neutron-, synkrotron- og røntgen/laser-spredning.

Baggrundsanalysen af brugermiljøet for EMBO/EMBL har en noget anden karakter end de øvrige analyser. Det skyldes, at der kun findes et begrænset videngrundlag om den danske anvendelse af de to organisationer. En særlig EMBL-arbejdsgruppen har derfor gennemført en betydeligt mere omfattende dataindsamling end det er tilfældet for de øvrige medlemsskaber. Den omfatter såvel en række statistiske særopgørelser fra

EMBL/EMBO organisationerne samt en spørgeskemaundersøgelse blandt de ca. 10.000 danske forskere, der potentielt set kunne have anvendt EMBO/EMBL.

1.2 Kortlægningsrapportens opbygning

Kortlægningsrapporten er bygget op omkring to kapitler. Kapitel 2 opsummerer de væsentligste resultater fra kortlægningen af brugermiljøerne. Der er i kapitlet fokus på at identificere de vigtigste forskelle og ligheder mellem brugermiljøerne. Der er endvidere fokus på at opsummere de væsentligste muligheder, for styrke de danske brugermiljøer og deres anvendelse af faciliteterne. I den sammenhæng opsummeres også en række af de vigtigste barrierer for at øge den danske anvendelse af faciliteterne. Endeligt indeholder kapitlet også UFS' vurdering af de væsentligste observationer, samt hvordan der kan arbejdes videre med at styrke den danske anvendelse af internationale medlemskaber.

Kapitel 3 indeholder en detaljeret kortlægning og beskrivelse af de syv danske brugermiljøer. Kapitlets gennemgang af enkelte brugermiljøer følger samme struktur. For det første belyses, hvordan danske forskere anvender og har adgang til den enkelte facilitet. I den sammenhæng belyses også, hvordan brugermiljøet er afgrænset og, hvilke forskere som indgår i kortlægningen. For det andet indeholder hver af de syv delafsnit en kort analyse af miljøernes størrelse, fordeling på institutioner og stillingskategorier samt den videnskabelige anvendelse af faciliteterne. For det tredje belyses det, hvordan og i hvilket omfang brugermiljøet anvender andre større internationale forskningsfaciliteter. For det fjerde belyses det for hvert brugermiljø, hvilke muligheder og barrierer der er for at øge den danske anvendelse af faciliteterne.

2. Analyse og vurdering af kortlægningens observationer

Som det vil fremgå af kapitel 3's detaljerede kortlægning af de danske brugermiljøer, er der meget stor forskel på de internationale forskningsfaciliteter – både mht. faciliteternes opbygning og forskning, men også ift. den danske anvendelse af faciliteterne. Men analyserne viser også, at der er en række forhold og problemstillinger, som går igen på tværs af de forskellige medlemskaber.

Det er således karakteristisk, at de danske brugermiljøer har været rigtig gode til at udnytte de muligheder, som de otte internationale medlemskaber skaber for danske forskere. Det blev med stor tydelighed illustreret i den "udbytteanalyse" som blev gennemført i 2018, og som viste, at de otte forskningsfaciliteter er en forudsætning for at kunne gennemføre forskning på højeste internationale niveau, og på den måde styrke kvaliteten af danske forskning. Samtidig viser kortlægningen, at danske forskere er rigtig gode til at få adgang til de faciliteter og tilbud, som organisationerne stiller til rådighed for forskerne. Og i mange tilfælde er den danske anvendelse større, end hvad størrelsen af det danske bidrag ellers skulle tilsi.

Men kortlægningen viser også, at for flere faciliteter er den danske anvendelse forholdsvist begrænset, og at der er store forskelle på tværs af universiteternes med hensyn til anvendelsen af de forskellige forskningsfaciliteter. Herudover udpeger flere af de videnskabelige miljøer en række muligheder og barrierer for at øge den danske anvendelse af medlemskaberne.

2.1 Organisering og anvendelse af forskningsfaciliteterne

Som det fremgår af tabel 2.1., er de syv medlemskaber (otte inkl. ESS) etableret inden for fagområderne: Højenergi fysik, astrofysik, materialevidenskab, fusionsforskning og molekylærbiologi.

Ud over at være etableret på meget forskellige fag- og forskningsområder, er forskningsfaciliteterne også organiseret meget forskelligt. Det er derfor også forskel på, hvordan forskerne anvender de enkelte faciliteter. De fire materialeforskningsfaciliteter (ILL (ESS), ESRF og EuXFEL) samt ESO fungerer som brugerfaciliteter. Det betyder, at faciliteterne i udgangspunktet ikke selv udfører forskning, men stiller eksperimentelt understyr (teleskoper/instrumenter) til rådighed for medlemslandenes forskere, så de kan gennemføre deres eksperimenter på faciliteterne. For alle fire faciliteter foretages der en forskningsfaglig vurdering af forskernes "eksperiment-forslag". Det er derfor kun de bedste eksperimenter, som kan udføres på faciliteten. Adgang til alle fire faciliteter er gratis og betales via landenes medlemsbidrag. For ILL, ESRF og EuXFEL er der på grund

af størrelsen af det danske bidrag en øvre grænse for, hvor meget eksperimentel tid danske forskere har til rådighed.

Den videnskabelige anvendelse af CERN er primært baseret på få, men til gengæld meget store og meget langvarige eksperimenter, der fastlægges i fællesskab af CERN's medlemslande. Danske forskere kan deltage i eksperimenterne gennem en række internationale konsortier. En forudsætning for denne deltagelse er, at de danske forskere bidrager med både mandskab og finansiering af eksperimenterne.

Tabel 2.1: De syv danske brugermiljøer fordelt på faciliteter, forskningsfelter og anvendelse af facilitet

	Forskningsfelt	Videnskabelig anvendelse danske forskere	Dansk bidrag til facilitet i 2020 (mio. kr.)
CERN	Højenergi fysik	Danske forskere anvender bl.a. CERN gennem deltagelse i internationale konsortier der gennemfører længerevarende eksperimenter (10-20 år) på CERN	14,9
ESO	Astrofysik	Brugerfacilitet, hvor forskere får adgang til facilitet på baggrund af ansøgning.	27,5
ITER	Fusionsforskning	Danske forskere deltager i opbygning, videnskabelig forberedelse og design af ITER gennem det europæiske program EUROfusion	Ca. 100
ESRF	Materialeforskning	Brugerfacilitet, hvor forskere får adgang til facilitet på baggrund af ansøgning.	11,5
ILL (ESS)	Materialeforskning	Brugerfacilitet, hvor forskere får adgang til facilitet på baggrund af ansøgning.	12,1
EuXFEL	Materialeforskning	Brugerfacilitet, hvor forskere får adgang på baggrund af ansøgning. Bedste ansøgninger bevilges adgang	9,7
EMBL/EMBO	Molekylærbiologi	Forskningsorganisation der udbyder services til forskere og samarbejder til medlemslandes forskere	18,9

Anm.: Dansk bidrag til ITER er opgjort som dansk andel af EU's udgifter til ITER i 2020 på grund af fordeling af BNP mellem de europæiske lande.

Kilde: FFL2020

Organiseringen og ikke mindst formålet med ITER adskiller sig fra mange af de traditionelle forskningsinfrastrukturer. ITER har således til formål at etablere et fusionsenergi-anlæg, der kan demonstrere, at det er muligt at skabe energi i stor skala ved hjælp af fusionsenergi. Danske forskere bidrager til opbygningen og udviklingen af ITER gennem deltagelse i forskellige udviklingsaktiviteter. En væsentlig del af disse udviklingsaktiviteter udbydes og medfinansieres af EUROfusion, som også giver danske forskere adgang til en række europæiske fusionsforskningsfaciliteter.

EMBO/EMBL er kendetegnet ved både at være forskningsorganisation, der udvikler ny viden og metoder på det molekylærbiologiske område, og som samtidig også fungerer som en traditionel forskningsinfrastruktur, der giver medlemslandenes forskere adgang til forskellige former for eksperimentelt udstyr og andre videnskabelige services (bl.a. uddannelse og træning). Danske forskeres anvendelse af EMBO/EMBL sker derfor både gennem anvendelsen af de services og tilbud, som EMBO/EMBL udbyder, som i samspillet/samarbejdet med de forskere, der er ansat på EMBL. Dele af EMBL's services er gratis, mens andre services kræver medfinansiering af forskerne.

Anvendelsen af de internationale forskningsfaciliteter

Der er stor forskel på, hvor meget de enkelte brugermiljøer anvender de otte internationale medlemsskaber (se nedenstående tabel 2.2). Brugermiljøet omkring CERN angiver som de eneste, at deres medlemsfacilitet fungerer som den primære forskningsfacilitet for hele brugermiljøet. Det skyldes, at CERN også i en global kontekst er unik, og der derfor kun i begrænset omfang findes konkurrerende faciliteter. Det er kun godt 45 pct. af brugermiljøet, der deltager i det eksperimentelle arbejde på CERN. Det øvrige brugermiljø varetager enten forskellige former for forskningsunderstøttende aktiviteter (data-behandling og udvikling af eksperimentelt udstyr) eller forsker i en række teoretiske problemstillinger, som er afhængig af data og eksperimentelle resultater fra CERN.

Tabel 2.2: De videnskabelige miljøers vurdering af potentialer og barrierer for at øge den danske anvendelse af forskningsfaciliteter

	Brugermiljøets anvendelse af facilitet	Bemærkning
CERN	Næsten halvdelen af brugermiljøet deltager i eksperimentelle aktiviteter på CERN	Øvrige brugermiljø anvender resultater og data fra CERN i deres videnskabelige arbejde.
ESO	Omkring 4/10 brugermiljøet benytter årligt ESO	Øvrige brugermiljø andre observatorier og teleskoper (eks. NOT, NASA, ESA)
ITER	ITER er under opbygning, derfor ingen anvendelse af facilitet	Forskere benytter europæiske fusionsanlæg
ESRF	Omkring 1/4 af brugermiljøet benytter årligt ESRF.	Danske betalinger sætter øvre grænse for adgang til ESRF. Øvrige brugermiljø bruger andre udenlandske faciliteter.
ILL (ESS)	Omkring 1/4 af brugermiljøet benytter årligt ILL	Danske betalinger sætter øvre grænse for adgang til ILL. Øvrige brugermiljø bruger andre udenlandske faciliteter.
EuXFEL	Omkring 2/3 af brugermiljøet benytter årligt EuXFEL.	Begrænset eksperimentel tid på EuXFEL begrænser dansk anvendelse. Brugermiljø anvender også udenlandske faciliteter.
EMBL/EMBO	Brugermiljøet benytter forskellige EMBL/EMBO tilbud	Store dele af brugermiljø gennemfører også eksperimentelt arbejde på andre faciliteter end dem som "EMBL/EMBO" stiller til rådighed.

For de øvrige brugermiljøer gælder, at de i vidt omfang også anvender andre forskningsfaciliteter end de danske medlemsfaciliteterne. For ESRF og ILL er det således kun omkring ¼ af brugermiljøet, der hvert år benytter den danske "medlemsfacilitet" (ESRF og

ILL). For andre brugermiljøer er anvendelsen af medlemsfacilitet noget større – eksempelvis ESO og EuXFEL, hvor henholdsvis 40 pct. og 60 pct. af brugermiljøet benytter den danske "medlemsfacilitet" årligt.

Kortlægningen viser, at den betydelige anvendelse af andre faciliteter ikke skyldes manglende videnskabelig interesse for de danske "medlemsfaciliteter". Men adgangen til de internationale faciliteter er ofte stærkt begrænset på grund af stor søgning og/eller størrelsen af det danske bidrag. Det er derfor ikke alle de danske forskere, der har mulighed for at få adgang til de internationale faciliteter. I stedet vælger mange forskere at benytte de udenlandske forskningsfaciliteter, som findes på det pågældende forskningsområde. Hertil kommer, at forskningsfaciliteterne ofte er specialiseret inden for bestemte typer af eksperimenter eller råder over særligt eksperimentelt udstyr, som danske forskere kan være interesserede i at anvende.

2.2 Størrelse og sammensætning af brugermiljøerne

Som det fremgår af nedenstående tabel, så svinger størrelse af de enkelte brugermiljøer meget betydeligt. De største brugermiljøer findes omkring EMBO/EMBL og ESRF, hvor brugermiljøet er estimeret til om bestå af henholdsvis 600-750 og 487 af forskere (unikke brugere). For ESO, ILL og CERN svinger størrelsen af brugermiljøerne mellem 99 og 155 forskere. De mindste brugermiljøer er etableret omkring ITER og EUXFEL, der består af henholdsvis 28 og 16 forskere.

Tabel 2.3: Opgørelse over brugermiljøernes størrelsen fordelt på facilitet og institution

	KU	SDU	AU	DTU	AAU	RUC	Andre	I alt
CERN	99	31	21	2	1			134
ESO	45	5	28	20			1	99
ITER				28				28
ESRF	164	9	151	130	2	5	26	487
ILL (ESS)	73	1	24	39		5	13	155
EuXFEL				16				16
EMBL/EMBO	350-435	48-60	150 - 190	42-52	6-8	6-8	6-8	600 - 750

Anm.: Størrelse af EMBO/EMBL's er estimeret på baggrund af oplysninger fra EMBL og spørgeskemaundersøgelse.

Kilde: Tabel opgjort på baggrund af videnskabelige miljøers baggrundsanalyser. Henvielse til kilder og anmærkninger til de enkelte opgørelse findes i de enkelte delanalyser i kapitel 3.

Det understreges, at der er betydelige forskelle på, hvordan brugermiljøerne er opgjort, og hvilke brugere der tælles med i de forskellige brugermiljøer. Eksempelvis anvender DanScatt, som har opgjort brugermiljøerne for ESRF, ILL(ESS) og EuXFEL, en meget smal afgrænsning af brugermiljøerne, der kun medtager de forskere der har publiceret to eller flere artikler i løbet af de seneste fem år på baggrund af neutron-, synkrotron- eller røntgen/laser-faciliteterne. Mange af de forskere, der kun anvender disse faciliteter en gang imellem, indgår derfor ikke i DanScatt's opgørelse.¹ Kortlægningen af EMBO/EMBL-brugermiljøet omfatter til gengæld alle forskere, der har benyttet en af EMBO/EMBL's services eller tilbud i en femårig periode. Også selv om der er tale om

¹ Det er den opgørelsesmetode, som anvendes i den nationale ESS-strategi, hvorfor DanScatt forsat anvender opgørelsesmetoden.

mindre omfattende aktiviteter, som deltagelse i et kursus eller en workshop. På samme måde omfatter analysen af brugermiljøet omkring CERN både de forskere, der deltager i eksperimenter på CERN, og den store gruppe af teoretikere, der bygger deres forskning på de resultater, der kommer ud af CERN's forskellige eksperimenter.

Brugermiljøerne er fordelt på en bred vifte af de danske universiteter. Det er dog karakteristisk, at forskere fra KU er blandt de absolut hyppigste brugere af de internationale forskningsfaciliteter. For brugermiljøerne, der er etableret omkring CERN, ESO, ILL og EMBL/EMBO kommer næsten halvdelen (eller mere) af forskerne fra KU. Når det kommer til EuXFEL og ITER, er DTU det eneste universitet, der endnu har opbygget et brugermiljø i forhold til disse faciliteter. Det bemærkes, at RUC og AAU kun i begrænset omfang benytter de internationale faciliteter.

Som det fremgår af nedenstående tabel, er brugermiljøernes sammensætning med hensyn til stillingskategori præget af en betydelig forskellighed på tværs af de forskellige brugermiljøer. For brugermiljøerne omkring ESO, ESRF og ILL svarer sammensætningen i store træk til den gennemsnitlige sammensætning af F&U-personale på universiteterne, hvor lidt under halvdelen af forskerne er ansat i faste stillinger (46 pct.), ca. 1/3 er ansat som Post. Docs/adjunkter (30 pct.), mens omkring 1/4 er ansat som ph.d.-studerende (24 pct.).

Tabel 2.4: De danske brugermiljøer – procentvis fordeling på stillingskategori

	Fastansatte forskere (bl.a. professorer og lektorer)	Post Doc 's og adjunkter	Ph.D-studerende	I alt
CERN	28	36	34	100
ESO	47	29	24	100
ITER	61	25	14	100
ESRF	45	29	26	100
ILL (ESS)	49	30	21	100
EuXFEL	25	44	31	100
EMBL/EMBO	39	18	43	100
Danske universiteter	46	30	24	100

Anm.: For ITER og ESRF indeholder 'fastansatte forskere' også fastansatte akademiske TAP'er.
 Kilde: Tabel opgjort på baggrund af videnskabelige miljøers baggrundsanalyser. Henvielse til kilder og anmærkninger til de enkelte opgørelse findes i de enkelte delanalyser i kapitel 3. Opgørelse for Danske Universiteter, er baseret på Danmarks Statistik (tabelFOUOFF06), Fordeling af F&U-årsværk på højere læreanstalter i 2018.

Når det gælder CERN og EuXFEL, er der noget færre fastansatte i brugermiljøet, end det er tilfældet for ESO, ESRF og ILL samt universiteterne generelt. Henholdsvis 28 pct. og 33 pct. af de to brugermiljøer er ansat som lektorer eller professorer, mod 46 pct. for universiteterne generelt. Til gengæld består brugermiljøet af væsentligt flere Post Docs/adjunkter samt ikke mindst Ph.d.-studerende, end det er tilfældet for de øvrige brugermiljøer. For ITER er situationen den modsatte. Her udgør andelen af fastansatte forsker næsten 2/3 af brugermiljøet (61 pct.), mens andelen af Ph.d.-studerende kun udgør 14 pct. EMBL/EMBO er kendetegnet ved, at en meget stor andel af brugerne er Ph.D.-studerende (43 pct.). Til gengæld er andelen Post Docs og adjunkter markant lavere end for de øvrige brugermiljøer.

2.3 Muligheder og barrierer for at øge anvendelsen af faciliteterne

De videnskabelige miljøer har i deres baggrundsrapporter også vurderet, om det er muligt at øge anvendelsen af faciliteterne, og/eller om der er forhold, der står i vejen for en øget dansk anvendelse. Disse vurderinger er opsummeret i nedenstående tabel 2.5.² Det fremgår af tabellen, at flere brugermiljøer vurderer, at der er betydelige muligheder for at udvide den danske anvendelse af de internationale faciliteter. Det drejer sig især om ITER, ESRF, ILL, EuXFEL og til dels også EMBL/EMBO.

Tabel 2.5: De videnskabelige miljøers vurdering af potentialer og barrierer for at øge den danske anvendelse af forskningsfaciliteter

	Vurdering af potentialer	Vurdering af barrierer og/eller forudsætninger for at øge anvendelse
CERN	Mindre potentiale for at øge anvendelse af CERN uden yderligere tilførsel af midler til brugermiljø	
ESO	Mulighed for at øge anvendelse af data-repositorier	
ITER	Betydeligt potentiale for at øge dansk anvendelse – særligt indenfor udvikling af teknologi til fremtidig fusionsfacilitet	Udnytte etableringen af nyt ITER-følgeforskningscenter samt at SDU og AAU er blevet associerede partner i EUROfusion (sammen med DTU)
ESRF	Potentiale for at øge synkrotron-brugermiljø med 5 pct. årligt – særligt blandt nye brugergrupper	Brugen af ESRF kan ikke øges pga. dansk betalingsloft (vækst skal derfor ske på andre faciliteter: MAX IV). Behov for uddannelse af nye brugere samt netværk ml. faciliteter, erfarne og mindre erfarne brugere.
ILL (ESS)	Brugermiljø skal tredobles frem mod 2025 (fra 155 til 300 neutronbrugere i 2025).	Brugen af ILL kan ikke øges pga. dansk betalingsloft. Mulighed for at øge anvendelse af andre faciliteter indtil ESS åbner i 2025. Behov for uddannelse af nye brugere og etablering af sidste to ESS-fyrtårnsmiljøer.
EuXFEL	Potentiale for at øge brugermiljø – bl.a. inden for forskningsområder som strukturbologi, imaging og materiale science.	Dansk betalingsloft vanskeliggør forøgelse i dansk anvendelse af EUXFEL. Behov for uddannelse af nye brugere samt netværk ml. erfarne og mindre erfarne brugere
EMBL/EMBO	Potentiale for øget anvendelse af fellowships, stipendier og stillinger på EMBL	Behov for øget information og kommunikation til relevante forskningsmiljøer om mulighederne ved EMBL

² Det bemærkes, at næsten alle videnskabelige miljøer har anført, at en øget anvendelse af de internationale medlemskaber og/eller en styrkelse af brugermiljøerne i stort omfang er knyttet til den finansielle prioritering af de forskellige forskningsområder. Det er imidlertid et forhold, som er gældende for alle danske fag- og forskningsområder. Forslag om øget finansiell støtte til de videnskabelige brugermiljøer er derfor ikke medtaget i denne analyse.

Når det gælder ITER, så vurderer det videnskabelige miljø, at der er gode muligheder for at styrke det danske fusionsforskningsmiljø i den kommende årrække. Det skyldes for det første, at SDU, AAU og AU fra 2021 er blevet partnere sammen med DTU i EUROfusion. Herved får SDU, AU og AAU i lighed med DTU adgang til de midler, som EUROfusion hvert år uddeler til den europæiske fusionsforskning. For det andet er det vurderingen, at EUROfusion i den kommende årrække vil have en stigende fokus på at udvikle og etablere en kommerciel fusionsreaktor - DEMO. Der vil i den sammenhæng være behov for at udvikle en række nye teknologier, komponenter og materialer. Der er brugermiljøets forventning, at flere danske forskningsmiljøer uden for den traditionelle fusionsforskning vil være interesserede i at deltage i dette udviklingsarbejde.

I forhold til de tre materialeforskningsfaciliteter, ESRF, EuXFEL og ILL (ESS), vurderer det videnskabelige miljø, at der er et betydeligt potentiale for at øge den danske anvendelse af synkrotron- neutron og røntgen-laserfaciliteter. Det skyldes primært, at der løbende sker en teknologisk udvikling af de tre analyseteknikker, som gør dem interessante for en voksende gruppe af danske forskere. Det gælder ikke mindst forskere, der befinder sig på forskningsområder, som ikke har haft tradition for at benytte synkrotron- neutron og røntgen-laserteknikkerne i deres videnskabelige arbejde. Det videnskabelige miljø vurderer, at der er behov for at udvikle en række uddannelsestiltag i forhold til nye brugergrupper samt at opbygge netværk og samarbejder med mellem nye og mere erfarne brugere. Det videnskabelige miljø gør samtidig opmærksom på, at begrænsningerne i de danske bidrag til ESRF, EuXFEL og ILL betyder, at det ikke er muligt at udvide den videnskabelige tid på disse faciliteter. Der vil derfor være behov for udvide anvendelsen af en række udenlandske kilder som eksempelvis MAX IV i Sverige og SNS i USA – og i fremtiden ESS.

Analysen af EMBO/EMBL-brugermiljøet har vist, at danske forskere på mange områder er rigtig gode til at anvende de tilbud og services, som EMBO/EMBL udbyder. Der er dog et potentiale for at øge den danske anvendelse, når det gælder de fellowships/stipendier og andre forskningsstillinger, som udbydes af EMBO/EMBL. Analysen viser i den sammenhæng, at mange forskere mangler viden om EMBO/EMBL's aktiviteter, og at der derfor er behov for en øget informationsindsats i forhold til de danske forskningsmiljøer om mulighederne ved EMBO/EMBL.

Når det gælder CERN og til dels også ESO, er det vurderingen, at der kun er mindre muligheder for at udvide brugermiljøet inden for de nuværende finansielle rammer. I forhold til ESO og det astrofysiske brugermiljø, bliver det dog påpeget, at der er en række muligheder for at styrke anvendelsen af observatoriernes data-repositorier. Endvidere påpeges det, at involveringen i konkrete instrumenter på ESO eller andre observatorier vil kunne styrke danske forskere muligheder for at anvende faciliteterne. Det vil dog normalt kræve finansiering, der ligger ud over de enkelte forskergruppers muligheder. I forhold til CERN er det vurderingen, at de enkelte forsøg ofte strække sig over meget lange perioder, i nogle tilfælde 10-20 år. Det er derfor vanskeligt at finansiere en dansk deltagelse i disse forsøg med eksterne forskningsbevillinger fra bl.a. forskningsrådene, der typisk kun løber over en tre-femårig periode.

3. Kortlægning og Analyse af de enkelte brugermiljøer

I det følgende belyses danske forskeres anvendelse af de otte internationale forskningsfaciliteter, som Danmark er medlem af: CERN, ESO, EMBO/EMBL, ESS, ESRF, Eu XFEL, ILL og ITER. Beskrivelsen af brugermiljøet for ILL og ESS er slået sammen, da der i praksis er tale om samme brugermiljø. Gennemgangen af de forskellige brugermiljøer følger nogenlunde samme skabelon.

For hvert brugermiljø beskrives, hvordan de danske forskere har adgang til og anvender faciliteten. Beskrivelsen/analysen af brugermiljøerne struktureret omkring følgende overskrifter:

- **Afgrænsning af det danske brugermiljø.** Afgrænsning af hvilke forskere der indgår i brugermiljøet.
- **Størrelse og fordeling af brugermiljø på universiteterne.** Opgørelse over brugermiljøets størrelse samt fordelingen af brugermiljøet på universiteter og på forskellige stillingskategorier.
- **Videnskabelig anvendelse af faciliteten.** Det belyses, hvordan den videnskabelige anvendelse er opdelt mellem forskellige typer af forskningsaktiviteter.
- **Anvendelse af andre faciliteter.** Opgørelse over hvordan og i hvilket omfang brugermiljøet benytter andre faciliteter.
- **Potentialer og barrierer for brugermiljøets anvendelse af forskningsfacilitet.** De videnskabelige miljøers vurdering af såvel muligheder for at øge den danske anvendelse af faciliteten, samt hvilke barrierer der er for at anvende faciliteten i dag.

3.1 Det danske CERN-brugermiljø

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), hvor bl.a. eksperimenterne, der førte frem til opdagelsen af Higgs-partiklen, blev gennemført. CERN's acceleratorkompleks består desuden af en række andre accelerators, der i dag fungerer som injektorer for LHC eller leverer eller lagrer selvstændige stråler til andre typer af eksperimenter.

CERN fungerer som laboratorium for et meget stort spænd af fysikkens etablerede discipliner (bl.a. partikelfysik, kernefysik, højenergi-partikelfysik og acceleratorfysik), samt for en række nye fysiske discipliner i f.eks. antistof, medicinsk fysik og astropartikelfysik.

Den videnskabelige anvendelse af CERN er i stort omfang organiseret omkring en række tværnationale eksperimenter. Der er ofte tale om store og langvarige eksperimenter, der er fastlagt i CERN's videnskabelige program, og som har deltagelse af et meget stort antal forskere fra CERN's forskellige medlemslande. 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). En mindre del af CERN's aktiviteter er bruger-baserede, hvor videnskabelige projekter udføres efter ansøgning om beam-tid til specifikke videnskabelige formål. I nedenstående tekstboks er listet de vigtigste eksperimenter, som danske forskere er involveret i.

Tabel 3.1: Eksperimenter på CERN med dansk deltagelse

Eksperiment (accelerator)	Hovedformål med eksperimenter
ALICE (LHC)	Stof under ekstreme tilstande: Quark Gluon Plasma (QGP) og Color Glass Condensate
ATLAS (LHC)	Standardmodellen (SM), Higgs, søgen efter partikler ud over standard Modellen (BSM)
ISOLDE (PS)	Kerne-reaktioner langt fra stabilitet med brug af ustabile beam-partikler
ALPHA (ELENA)	Syntese af anti-Hydrogen og spektroskopi af partikler
NA63 (SPS)	Ultra-stærke EM-felter i krystaller
CAST, IAXO	Søgen efter nye partikler (Axioner)
SHIP	Høj-intensitets eksperiment til at søge efter nye vekselvirkninger (muligt fremtidig projekt)

Afgrænsning af det danske brugermiljø

Det danske CERN-brugermiljø omfatter naturligvis den gruppe af forskere, der deltager i de videnskabelige eksperimenter på CERN. Men ud over disse "eksperimentelle forskere" omfatter det danske brugermiljø også en række forskere og teknikere, som ikke direkte er involveret i det eksperimentelle arbejde på CERN, men som alligevel er en del af CERN's brugermiljø.

Det drejer sig bl.a. om en række teknikere, der er involveret i udviklingen af forskellige former for teknologisk udstyr, der bruges til at gennemføre de forskellige eksperimenter (eksempelvis udvikling af nye detektorer til ATLAS- og ALICE-eksperimenterne). Herudover omfatter brugermiljøet også de forskere, som bidrager til at håndtere de meget

store mængder af data, som bl.a. produceres i tilknytning til LHC. Endelig er der en større gruppe af forskere, der arbejder med teoretisk højeenergifysik, og hvis forskning er helt afhængig af resultaterne fra CERN's eksperimenter, og som derfor også er en del af det danske CERN-brugermiljø.

Størrelse og fordeling af brugermiljøerne på universiteterne

CERN opgør løbende, hvor mange forskere der deltager i eksperimenter på CERN, og som derfor har fået udstedt et adgangskort til CERN. For Danmarks vedkommende er der i alt 55 personer fra en dansk institution, som har fået et sådant adgangskort. Opgørelsen fra CERN rummer imidlertid kun de forskere, der deltager i konkrete eksperimenter på CERN. Den række af forskere, som enten bidrager til CERN-eksperimenterne gennem deres arbejde på et dansk universitet eller som er en del af det teoretiske højeenergifysik-miljø, indgår derfor ikke i denne optælling.

For at få et mere præcist billede af det danske CERN-brugermiljø, har Nationalt Følgeforskningscenter for CERN Eksperimenter – NICE gennemført deres egen kortlægning af det danske brugermiljø. Kortlægningen blev gennemført i Q3-4 2019 og havde form af en rundspørge til de videnskabelige grupper, der deltager i NICE-konsortiet. Grupperne blev blandt andet bedt om at opgøre størrelsen og sammensætningen af det danske CERN-brugermiljø på deres universitet. Opgørelsen fra NICE viser, at der i 2018 var 134 forskere og Ph.D.-studerende på de danske universiteter, som anvendte CERN som led i deres videnskabelige arbejde. Herudover er der i alt 71 studerende (bachelor eller master), som er tilknyttet de danske "CERN-grupper", og som arbejder med CERN-relaterede problemstillinger i deres uddannelse.

Som det fremgår af nedenstående tabel, findes mere end halvdelen af brugermiljøet på KU. Af et samlet brugermiljø på ca. 134 forskere/ Ph.D.-studerende findes de 79 således på KU. Den resterende del af brugermiljøet findes på SDU (31 forskere), AU (21 forskere), DTU (2 forskere) og AAU (1).

Tabel 3.2: Fordeling af CERN's brugermiljø på institutioner

Institution	Antal	Pct.
KU	79	59
AU	21	15
DTU	2	1
SDU	31	23
AAU	1	1
I alt	134	99

Anm.: Summer ikke til 100 pct. På grund af afrunding.

Kilde: Opgørelse udarbejdet af NICE 2019

Lidt mere end ¼ af det danske CERN-brugermiljø er ansat som lektorer og professorer (i alt 38 forskere). Den resterende andel af brugermiljøet er ansat i tidsbegrænsede stillinger som Ph.D.-studerende, Postdocs eller åremålsansatte lektorer/adjunkter (96 personer). Gruppen af Ph.D.-studerende udgør den største enkeltgruppe og omfattede i 2018 i alt 46 personer.

Tabel 3.3: Fordeling af CERN-brugermiljø på stillingskategori

Stilling	Antal	Pct.
Lektorer og professorer (fastansatte)	38	28
Åremåls ansatte lektorer/adjunkter	16	12
Postdocs	32	24
Ph.D.-studerende	46	34
I alt	132	100

Anm.: Antal summer ikke til 134, da der ikke angivet stillingskategori for to forskere.

Kilde: Opgørelse udarbejde af NICE 2019

Videnskabelig anvendelse af faciliteten

En stor andel af det danske CERN-brugermiljø deltager aktivt i de forskellige eksperimenter på CERN. Disse "eksperimentelle forskere" omfatter i alt ca. 60 forskere, der er involveret i 6 af CERN's største eksperimenter. 2/3 af de "eksperimentelle forskere" kommer fra KU, og deltager for en stor dels vedkommende i eksperimenterne ALICE og ATLAS, der gennemføres i tilknytning til LHC. Den resterende del af de eksperimentelle forskere kommer fra AU (18 personer) og DTU (2 personer), og deltager i eksperimenterne ISOLDE, ALPHA og NA63.

Herudover findes der i alt 6 forskere/teknikere (på KU og AU), der deltager i udviklingen af ny teknologi til eksperimenterne (eksempelvis om udvikling af nye detektorer til ATLAS- og ALICE-eksperimenterne), samt tre forskere (på KU og AAU), der bidrager til at lagre og ikke mindst bearbejde CERN's eksperimentelle data.³

Ud over de forskere som direkte eller indirekte er involveret i de eksperimentelle aktiviteter, består CERN-brugermiljøet også af et stort antal forskere, der arbejder med en række teoretiske problemstillinger inden for partikelfysikken, og som i stort omfang er afhængig af CERN's indsats på det eksperimentelle og teknologiske område. Gruppen af teoretikere har således fokus på at forstå og forklare de nyeste og mest spændende data fra CERN, og deltager også i udvikling af CERN ved at foreslå nye problemstillinger, som CERN kan måle og afprøve. Opgørelsen fra NICE viser, at gruppen af teoretikere omfatter 65 forskere, der kommer fra KU (33 personer), SDU (31 personer) og AU (1 person).

Tabel 3.4: Fordeling af CERN-brugermiljø ift. videnskabelig anvendelse af CERN og ansættelsessted (antal forskere)

	KU	SDU	AU	DTU	AAU	I alt
Involveret i konkrete eksperimenter på CERN	40		18	2		60
Teknologisk udvikling	4		2			6
Computing	2				1	3
Teori	33	31	1			65
I alt	99	31	21	2	1	134

Kilde: Opgørelse udarbejde af NICE 2019

³ Det skal understreges, at opgørelsen ikke indeholder de ressourcer og det personale, som DEIC, NEIC og SDU bruger på at lagre og transportere eksperimentelle CERN-data.

Anvendelse af andre faciliteter

Det danske CERN-brugermiljø er i stort omfang udviklet i forlængelse af de videnskabelige programmer på CERN. CERN er derfor det helt centrale laboratorium for dansk forskning inden for partikelfysik, kernefysik og højenergifysik, og fungerer som en slags 'hjemmelaboratorium' for danske partikelfysikere. Den tætte kobling mellem CERN og det danske brugermiljø betyder dog også, at der kun i mindre omfang findes andre faciliteter end CERN, som kan dække danske brugermiljøes behov på det eksperimentelle område.

Danske grupper har dog ved flere lejligheder været involveret i større projekter ved andre internationale laboratorier. Et eksempel er deltagelsen i BRAHMS eksperimentet ved RHIC ved Brookhaven National Laboratory, USA, der fungerede som forløber for LHC. Andre eksempler er brug af radioaktive-beam faciliteter ved GANIL i Frankrig, Jyväskylä i Finland, Riken i Japan etc.

Potentialer og barrierer for udvidelse af brugermiljø

Mange af de videnskabelige eksperimenter er i stort omfang åbne for medlemslandenes forskningsmiljøer, så længe miljøerne bidrager aktivt til forberedelsen og gennemførelse af de enkelte eksperimenter. Det betyder, at den danske udnyttelse af CERN i betydeligt omfang er knyttet til omfanget af den danske involvering i de forskellige eksperimenter.

Der er imidlertid flere forhold, som har indvirkning på både omfanget og karakteren af den danske deltagelse i eksperimenterne. For det første gennemføres flere af de vigtigste eksperimenter over en lang tidsperiode, i nogle tillælde 15-25 år. Og det er derfor nødvendigt, at forskningsmiljøerne er i stand til indgå i forskningsprojekter med en meget lang tidshorisont. For det andet er det ofte ikke tilstrækkeligt alene at bidrage med forskningstid, for at kunne deltage i eksperimenterne. Der er i flere tilfælde en forventning (og krav) om at forskningsgrupperne bidrager aktivt til udvikling og fremstilling af det videnskabelige udstyr, der anvendes i forbindelse med eksperimenterne.

Danske forskere har eksempelvis været involveret i udvikling og efterfølgende drift af en række detektorer ved de store eksperimenter på LHC. Ovenstående betyder, at involveringen i de forskellige CERN-eksperimenter er en strategisk beslutning på de relevante institutter, og som fordrer, at instituttet er parat til over en længere periode at prioritere dette forskningsområde.

NICE angiver endvidere, at alle relevante danske forskere inden for fysikvidenskab allerede er brugere af CERN. Der er således ikke umiddelbart et uudnyttet potentiale i forhold til at øge brugerantallet blandt den nuværende fysikvidenskabelige forskerstab ved universiteterne. NICE peger dog på, at det er muligt at øge brugen af CERN, hvis universiteterne ansætter yderligere fysikvidenskabelige forskere inkl. PostDocs og Ph.d.-studerende ved universiteterne. Dette er dog, som for de øvrige brugermiljøer, et spørgsmål om prioritering for universiteterne og/eller de forskningsfinansierende fonde og lignende.

Endeligt peger NICE på, at der er et potentiale for, at tekniske studerende i stigende omfang involveres i CERN-aktiviteter. Eksempelvis gennem udstationering af studerende på faciliteten. Dette vil dog muligvis kræve finansiel støtte fra dansk side. En barriere for dette er samtidig, at CERN typisk foretrækker, at studerende bliver på CERN i et helt år, mens dette ofte er inkompatibelt med de danske uddannelsers undervisningsplaner.

3.2 Brugermiljø omkring ESO og astrofysik

European Southern Observatory, ESO, er en international organisation, der driver en række astrofysiske teleskoper. ESO har sit hovedkvarter i Garching ved München, og har gennem årene etableret en række teleskoper i Chile: først på La Silla, dernæst Paranal (VLT) og senest på Chajnantor (APEX samt ALMA i samarbejde med USA og Japan).

Tekstboks: Oversigt over ESO's forskellige observatorier

VLT (Very Large Telescope i Paranal) er ESOs vigtigste teleskop, og er blandt verdens førende. VLT består af fire teleskoper, der hver har en spejldiameter på 8 m. Hvert teleskop har tilknyttet ca. 3 instrumenter. KU har deltaget i bygning af et af disse.

La Silla teleskoperne er ESOs første teleskoper i Chile, og er fra 1969. De omfatter bl.a. "3,6 m. teleskopet" som er dedikeret til udforskning af exoplaneter samt NTT (New Technology Telescope) på 3,5 m. I tilknytning til La Silla findes desuden flere nationale fjernstyrede teleskoper, bl.a. det danske 1,5 m. teleskop.

ALMA (Atacama Large Millimeter/submillimeter Array), er et teleskop etableret i partnerskab mellem ESO, NSF (USA) og NINS (Japan), der ligger i Chile, og består af 50 antenner på 12 m., samt af ACA (Atacama Compact Array) med 4 antenner på 12 m., og 12 på 7 m.

ELT (Extremely Large Telescope) er under opbygning og bliver verdens største optiske teleskop med en spejldiameter på 39 meter, og den største investering i jordbaseret astrofysik nogensinde (kun overgået af rummissioner). ELT forventer first light i år 2025.

ESO er en såkaldt brugerfacilitet. Det betyder, at ESO stiller eksperimentelt udstyr til rådighed for astrofysikere, der har behov for at gennemføre deres eksperimenter på ESO's forskellige teleskoper. Adgang til ESO's faciliteter sker på baggrund af peer review ansøgninger. Observationer kan gennemføres i "Service Mode" (en ESO assistent laver observationen ud fra forudbeskrevne "observing blocks") eller i "observer mode", hvor en deltager fra forskerholdet rejse til Chile og udfører observationerne. ESO afholder alle omkostninger, også omkostninger til rejse og logi for indtil én person i observer mode. ESO stiller endvidere eksperimentelle data til rådighed for alle forskere, hvorfor tidligere gennemførte observationer, efterfølgende kan "genanvendes" af andre forskere.

Adgang til ESO's teleskoper er ikke kun forbeholdt ESO medlemslande. Bl.a. er der stor søgning fra f.eks. USA til ESO's faciliteter. Danske forskere har på samme måde adgang til observatorier og faciliteter i bl.a. USA og Japan.

Afgrænsning af det danske brugermiljø

Det danske ESO-brugermiljø omfatter naturligvis de forskere, som med større eller mindre hyppighed anvender ESO's forskellige faciliteter i deres forskning (såvel gennem direkte anvendelse af teleskoper samt brug af ESO's forskellige dataarkiver).

Det er dog karakteristisk for den eksperimentelle astrofysik i Danmark, at mange forskere ikke bruger én enkelt facilitet i deres forskning. Der er derimod en tendens til at

mange forskere "shopper" mellem de forskellige faciliteter, afhængig af hvilken type af observation man har behov for at gennemføre.

Den store eksperimentelle diversitet, som kendetegner det astrofysiske forskningsmiljø i Danmark betyder, at det er vanskeligt at afgrænse gruppen af forskere, der alene bruger ESO's teleskoper. Derfor vil ESO's brugermiljø i det følgende omfatte alle de forskere, der benytter astrofysiske teleskoper og/eller eksperimentelle data fra disse teleskoper i deres forskning.

Størrelse og fordeling af brugermiljø på universiteterne

ESO opgør hvert år, hvor meget observationstid de enkelte lande får tildelt ved hvert af de vigtigste ESO-observatorier. Nedenstående tabel viser således, at danske forskere i 2016 fik tildelt 250 nætters observationstid på VLT-teleskoperne samt 45 nætter på La Silla teleskoperne.

Tabel 3.5: Tildeling af observationstid på ESO's teleskoper i 10-års perioden 2009 til 2019

	Samlet antal nætter til rådighed for alle forskere	Nætter tildelt danske forskere Antal	Pct.
VLT	11399	224	1,97
La Silla	8897	40,5	0,46

Kilde: ESO 2019 Opgørelse udarbejde på baggrund af af spørgeskemaundersøgelse gennemført af IDA 2020.

ESO's brugerstatistik giver imidlertid ikke mulighed for at beskrive, hvor mange forskere, der benytter denne tildelte observationstid. Varigheden af de enkelte observationer er endvidere ofte meget forskellig, hvorfor det heller ikke er muligt at fastlægge, hvor mange enkeltobservationer, danske forskere har gennemført på ESO's teleskoper. Følgforskingscentret IDA har gennemført spørgeskemaundersøgelse blandt de forskere på astrofysiske område, som giver mulighed for at give en mere præcis karakteristik af ESO's brugermiljø. IDA's opgørelse viser, at der i 2020 var 99 forskere og Ph.D.-studerende på de danske universiteter, som benytter et eller flere astrofysiske teleskoper og/eller eksperimentelle data fra disse teleskoper i deres forskning. Som det fremgår af nedenstående tabel, findes næsten halvdelen af dette brugermiljøet på KU. Af et samlet brugermiljø på ca. 99 forskere/ Ph.D.-studerende findes de 45 på KU. Den resterende del af brugermiljøet fandtes på AU (28 forskere), DTU (20 forskere) og SDU (5 forskere).

Tabel 3.5: Fordeling af det astrofysisk brugermiljø på institutioner

Institution	Antal	Pct.
KU	45	45
AU	28	28
DTU	20	20
SDU	5	5
Andre	1	1
I alt	99	99

Anm.: Summer ikke til 100 pct. På baggrund af afrunding.

Kilde: Opgørelse udarbejde på baggrund af af spørgeskemaundersøgelse gennemført af IDA 2020.

Næsten halvdelen det danske brugermiljø er ansat som lektorer og professorer (i alt 47 forskere). Den resterende andel af brugermiljøet er ansat i tidsbegrænsede stillinger som Ph.D.-studerende, Postdocs eller adjunkter (53 forskere). Gruppen af Ph.D.-studerende udgør knap $\frac{1}{4}$ af brugermiljøet, og omfattede i 2020 i alt 24 personer.

Tabel 3.6: Fordeling af ESO-brugermiljø på stillingskategori

Stilling	Antal	Pct.
Lektorer og professorer (fastansatte)	47	47
Postdocs og assistent professor	29	29
Ph.D.-studerende	24	24
I alt	100	100

Kilde: Opgørelse udarbejde på baggrund af afspørgeskemaundersøgelse gennemført af IDA blandt astrofysikere 2020.

Videnskabelig anvendelse af ESO's teleskoper

ESO's faciliteter kan anvendes til at observere astrofysiske fænomener uden for Jordens atmosfære, det vil sige i Solsystemet, fænomener i Mælkevejen, fænomener i andre galakser, det intergalaktiske stof og kosmologi. ESO tilbyder primært observationer af lys (UV, synligt og infrarøde bølglængder), samt sub-millimeter observationer med APEX og ALMA, men ikke andre typer observationer såsom partikler eller gravitationsbølger.

Der findes ingen samlede opgørelser over, hvilken type af forskning danske forskere gennemfører på ESO's teleskoper. Den danske anvendelse af ESO's teleskoper er fordelt på både VLT, La Silla, og ALMA, hvor ikke mindst VLT's størrelse betyder, at danske forskere kan studere fænomener, der enten er meget langt væk, eller hvor de signaler, man leder efter, er meget svage. Den danske anvendelse af specielt VLT har været begunstiget af, at forskere har været med til at designe et af teleskopets instrumenter (X-shooter). Forskernes særlige viden om instrumentets indretning og anvendelsesmuligheder har betydet, at mange danske forskere har formået at designe målinger, som udnytter instrumentets potentialer, og som derfor er blevet bevilget eksperimentel tid.

Anvendelse af andre faciliteter

Det astrofysiske brugermiljø har tradition for at anvende et bredt spektrum af forskellige teleskoper og observatorier i deres forskning. IDA-undersøgelsen viser således, at lidt mere end $\frac{1}{3}$ af det samlede astrofysiske brugermiljø anvender ESO's faciliteter hyppigt – dvs. mindst en gang om året. Den resterende andel af brugermiljøet anvender enten slet ikke ESO's teleskoper (41 forskere) eller gør det kun sjældent (21 forskere).

Tabel 3.7: Danske forskeres anvendelse af ESO's teleskoper

	Antal forskere	Pct.
Aldrig	41	41
Meget sjældent	10	10
Sjældent inden for de sidste fem år	11	11
Årligt	16	16
Hvert semester	21	21
I alt	99	99

Anm.: Summer ikke til 100 pct. På grund af afrunding.

Kilde: Opgørelse udarbejde på baggrund af af spørgeskemaundersøgelse gennemført af IDA 2020.

Der er imidlertid et stort antal danske astrofysikere, som anvender andre faciliteter end dem, som stilles til rådighed af ESO. Som det fremgår af næste tabel, er det danske brugermiljø i særlig grad hyppige brugere af NASA's teleskoper og observatorier. Således er det lidt mere end halvdelen af det danske brugermiljø, der årligt bruger en af NASA's observatorier (i alt 54 forskere). Der er ligeledes et betydeligt antal danske forskere, der hvert benytter år benytter ESA's teleskoper (i alt 31 forskere) samt NOT (Nordiske Optisk Teleskop) (27 forskere). Herudover er det næsten halvdelen af brugermiljøet (i alt 48 forskere), der benytter en række jordbaserede teleskoper, som drives af lande som bl.a. England, Japan og Kina.

Tabel 3.8: Danske forskeres anvendelse af forskellige observatorier

	Antal forskere	Pct.
ESO (VLT, ALMA, La Silla og APEX)	37	37
NOT (Nordic Optical Telescope)	27	27
NASA	54	55
ESA	31	31
Andre jordbaserede teleskoper	48	48
eScience (dataarkiver)	24	24

Anm.: Opgjort som antal forskere der hvert år bruger pågældende facilitet.

Kilde: Opgørelse udarbejde på baggrund af af spørgeskemaundersøgelse gennemført af IDA 2020.

Det bemærkes endvidere, at omkring $\frac{1}{4}$ af det samlede brugermiljø er hyppige brugere af de dataarkiver, som er opbygget i tilknytning til de fleste observatorier, og som indeholder data fra allerede gennemførte observationer. Den omfattende "genbrug" af observationsdata giver bl.a. forskerne mulighed for at samkøre data fra forskellige observationer og dermed skabe et mere komplet billede af forskellige astrofysiske fænomener.

Baggrunden for den brede danske anvendelse er, at mange observatorier/teleskoper er specialiserede inden for hver deres bølgelængdeområde, observationsteknikker, eller videnskabelige formål, der giver mulighed for at undersøge forskellige typer af astrofysiske fænomener. Rumteleskoper, som drives af bl.a. NASA og ESA, muliggør eksempelvis observationer, hvor man kigger på de dele af det elektromagnetiske spektrum, der absorberes i Jordens atmosfære, f.eks. røntgen-, gamma- og UV-stråling og store dele af infrarødt lys. Det betyder, at disse typer af teleskoper bl.a. bruges til at studere varm gas imellem galakser, gas nær sorte huller, varme stjerneoverflader og magnetisk aktivitet, eller kold interstellar gas.

Ved ESO og NOT og flere jordbaserede teleskoper observeres der i visuelt lys og i det nære infrarøde, mens radioteleskoper (f.eks. ALMA) giver adgang til observationer af mikro- og radiobølger. Disse teleskoper bruges derfor til at studere kolde stjerner, exoplaneter, interstellart gas, stjerne- og planetdannelse og eksistensen af støv og molekylar i rummet. Herudover har størrelsen af teleskopet stor betydning for, hvor svage objekter vi kan studere. Det betyder, at ESO's VLT (og i fremtiden også ELT) i særlig grad bruges til at studere svage objekter i det fjerne univers, exoplaneter og stjerner i andre galakser, mens mindre teleskoper, som bl.a. NOT, kan bruges til monitorering af tidsvariable fænomener gennem lang tid og såkaldte target-of-opportunity, det vil sige hurtig adgang til teleskopet. Ofte skal alle disse teleskoper, bølgelængdeområder, teknikker og adgange, ses i en større sammenhæng som drivende for forskningskvaliteten. Nedenstående tekstboks lister en række af de vigtigste observatorier, som danske forskere bruger ud over ESO's teleskoper.

Tekstboks: Oversigt over vigtige observatorier (ud over ESO's) som benyttes af danske forskere

Nordisk Optisk Teleskop (NOT) er et teleskop på 2,56m på La Palma, der ejes af et konsortium af nordiske universiteter. Teleskopet giver adgang til observationer på den nordlige himmel, og vil i de kommende år have fokus på bl.a. exoplaneters egenskaber, stjernernes dannelse og udvikling og som opfølgning på supernovaer, sorte huller og gravitationsbølger og gammaglimt.

Det Europæiske Rumagentur, ESA giver danske astrofysikere adgang til målinger fra ESA's videnskabelige rumobservatorier og rummissioner (f.eks. XMM, Herschel, Planck, Integral, Gaia, SOHO (med NASA) og HST (med NASA)). Hver af disse missioner er designet til at observere i bestemte bølgelængdeområder med et bestemt videnskabeligt fokus, med bestemte teknikker (f.eks. Gaia og SOHO) eller m.h.p. en alsidig udnyttelse (HST). Danske forskere har i væsentligt omfang udnyttet disse missioner, undertiden gennem deltagelse i konstruktionen af instrumenter.

NASA er USA's rumfartsorganisation, som danske forskere har en lang tradition for at samarbejde med NASA. Samarbejdet har omfattet såvel forskningsprogrammer som instrumenter til NASA-missioner. For danske forskere har specielt de dedikerede rummissioner Swift, Kepler, TESS og NuSTAR været vigtige for dansk astrofysik. **Andre** Der findes en lang række andre observatorier, herunder flere som er under opbygning, og som tilbyder helt andre typer observationer. Det gælder f.eks. LIGO og Einsteinteleskopet (gravitationsbølger), CTA (gammastråling), SKA (radioteleskop), IceCube (neutrinoer) m.fl.

Potentialer og barrierer for udvidelse af brugermiljø

Den danske anvendelse af ESO's teleskoper er baseret på de ansøgninger som udarbejdes af de videnskabelige miljøer, og som efterfølgende vurderes af ESO's forskellige videnskabelige paneler. Det samme gør sig i vidt omfang gældende i forhold til anvendelsen af de øvrige internationale observatorier. En forøgelse af den danske anvendelse af ESO (og andre teleskoper) er derfor afhængig af både omfanget og særligt af kvaliteten af de danske ansøgninger om observationstid. Naturligvis er brugermiljøets størrelse og den videnskabelige anvendelse af de forskellige teleskoper i vidt omfang koblet til mil-

jøernes evne til enten at tiltrække eksterne forskningsmidler eller universiteternes prioritering af den astrofysiske forskning. Samme forhold gør sig naturligvis også gældende for brugermiljøerne ved de øvrige internationale forskningsfaciliteter.

Følgeforskningscentret IDA har imidlertid også peget på, at det har stor betydning for miljøets anvendelse af en facilitet, hvis det videnskabelige miljø har været involveret i udviklingen af de instrumenter, som anvendes på faciliteten. Det var bl.a. tilfældet med ESO's VLT, hvor danske forskere var involveret i instrumentet X-Shooter, som efterfølgende har betydet, at danske forskere har haft stor succes med at udnytte ESO's VLT-teleskop. En sådan involvering fordrer dog oftest, at de videnskabelige miljøer kan bidrage til finansieringen af det konkrete instrument. IDA har derfor ved flere lejligheder påpeget, at midler til en sådan instrumentudvikling vil kunne styrke den fremtidige anvendelse af en given facilitet. Dette forventes navnlig at gælde adgang til ESO's kommende ELT, hvor den internationale konkurrence forventes at blive særligt hård.

I forhold til finansieringen af instrumentudvikling, så gælder det både i forhold til ESO og til ESA, at behovet for et langsigtet engagement i udviklingen af et instrument (10-20 år) gør det vanskeligt at tilvejebringe finansieringen.

En potentiel mulighed for at udvide brugermiljøet findes inden for eScience/HPC. Brugersøgelse viser således, at der er en betydelig gruppe af forskere, der primært benytter sig af de forskellige teleskopers data-repositorier. IDA vurderer, at denne gruppe af danske astrofysikere ikke er fuldt inkluderet i det nuværende brugermiljø, selvom de er stærkt repræsenteret på universiteterne. IDA vurderer på den baggrund, at de i de kommende år have fokus på netop denne gruppe forskere, og har bl.a. nedsat en arbejdsgruppe (IDA WG 10) til at styrke eScience/HPC-indsatsen.

3.3 Brugermiljø omkring ITER og fusionsforskning

ITER er et internationalt fusionsenergieksperiment/facilitet, som er under opbygning i Cadarache i Sydfrankrig med det primære formål at vise, at man kan bruge fusionsenergi som en fremtidig energikilde. ITER bliver verdens største fusionsanlæg, og skal danne baggrund for udviklingen af en demonstrationsreaktor – en slags prototype – for et fremtidigt kommercielt fusionskraftværk.

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, der arbejder med fusionsforskning. Den danske repræsentant i - og indgang til - EUROfusion er DTU.

Danske forskere har gennem EUROfusion adgang til de europæiske fusionsfaciliteter, der anvendes til at udvikle fusionsteknologien (eksperimentel tid tildes på baggrund af forskningsfaglig vurdering). Samarbejdsaftaler mellem EU og forskellige lande samt bilaterale aftaler giver adgang til en række faciliteter i Sydkorea (KSTAR), Kina (EAST) og USA (DIII-D).

Alle partnere i EUROfusion – herunder forskere fra Danmark via DTU – har mulighed for at søge om forskningsmidler til en række koordinerede programmer, der udbydes af EUROfusion. Som hovedregel vil en bevilling fra EUROfusion forudsætte en medfinansiering på ca. 45 pct. EUROfusion medfinansierer også europæiske fusionsforskere deltagelse i teoretisk og eksperimentelt samarbejde (samt PhD uddannelse) med fusionsforskningsmiljøer i bl.a. USA, Kina, Japan og Korea.

Afgrænsning af det danske brugermiljø

Danske fusionsforskere er på grund af deltagelsen i EUROfusion en integreret del af den europæiske fusionsforskning, og danske fusionsforskere bidrager på lige fod med andre europæiske fusionsforskere til realiseringen af den europæiske ambition om at udvikle kommercielle europæiske fusionskraftværker. Den tætte kobling mellem ITER og EUROfusion forskellige fusionsforskningsaktiviteter gør det vanskeligt at afgrænse et særligt ITER-brugermiljø fra det øvrige fusionsforskningsmiljø i Danmark. For langt hovedparten af de europæiske fusionsforskere er ITER således en del af den fælles fusionsforskningsindsats.

Derfor omfatter det danske ITER-brugermiljø i denne analyse alle danske fusionsforskere samt forskere, der er beskæftiget med teknologiudvikling i tilknytning til ITER.

Størrelse og fordeling af brugermiljø på universiteterne

Da ITER endnu ikke er operationel, og der derfor ikke findes opgørelser over den danske anvendelse af faciliteten, har DTU Fysik udarbejdet en opgørelse over det danske ITER-brugermiljø. Opgørelsen viser, at der i 2020 var 28 forskere og Ph.D.-studerende på de danske universiteter, som direkte er beskæftiget med forskning på fusionsområdet. Herudover er der i 2020 ca. 30 studerende, som er tilknyttet fusionsforskningsmiljøet, og som er involveret i forskellige former for "fusions-relaterede" studenterprojekter.

Historisk har fusionsforskningen været lokaliseret på Risø. Da Risø blev fusioneret med DTU, blev DTU centrum for dansk fusionsforskning. DTU var indtil 1. september 2020 den eneste danske partner i EUROfusion. Fra og med denne dato er SDU og AAU Linked Third Parties og kan deltage i projekter fra EUROfusion. Det er på den baggrund vurderingen fra DTU Fysik, at brugermiljøet i de kommende år vil udbredes til også at omfatte AAU og SDU. AU har ultimo 2020 også meldt sig som interesseret part og forventer at underskrive en aftale som Linked Third Party i første halvdel af 2021.

Tabel 3.9: Fordeling af det danske fusionsforskningsmiljø på institutioner 2019

Institution	Antal	Pct.
DTU	28	100
Andre Universiteter	0	0
I alt	408 (?)	100

Kilde: Opgørelse udarbejde af DTU Fysik 2019

Lidt mere end 1/3 af brugermiljøet er ansat i faste videnskabelige stillinger som lektorer og professorer (i alt 10 forskere). Endvidere er omkring ¼ af forskerne ansat i teknisk administrative stillinger (i alt 7 personer). Den resterende andel af brugermiljøet (svarende til omkring 40 pct. af brugermiljøet) er enten ansat i tidsbegrænsede stillinger som Ph.D.-studerende eller Postdocs (i alt 11 personer).

Tabel 3.10: Fordeling af ITER-brugermiljø på stillingskategori 2019

Stillingskategori	Antal	Pct.
Lektorer og professorer (fastansatte)	10	36
Akademisk TAP (fastansatte)	7	25
Postdocs og adjunkter	7	25
Ph.D.-studerende	4	14
I alt	28	100

Kilde: Opgørelse udarbejde af DTU Fysik 2019

Videnskabelig anvendelse af faciliteten

Det danske ITER-brugermiljø har traditionelt været specialiseret inden for få udvalgte forskningsområder. Som det fremgår af nedenstående tabel, har omkring halvdelen af brugermiljøet fokus på plasmafysik (i alt ca. 15 forskere) - dvs. forskning af de fysiske processer i forbindelse med selve fusionsprocessen. De danske forskningsgrupper har bl.a. haft fokus på at koble eksperimentelle data om plasma fra de eksisterende fusionsfaciliteter med HPC-baserede simuleringer og udvikling af nye avancerede matematiske modeller.

Tabel 3.11: Fordeling af ITER-brugermiljø ift. videnskabeligt område

Stillingskategori	Antal	Pct.
Plasmafysik	15	54
Måleinstrumenter og teknologi	8	29
Materialer og neutronics	4	14
Øvrige	1	4
I alt	28	101

Anm.: Summer ikke til 100 pct på grund af afrunding.

Kilde: Opgørelse udarbejdet af DTU Fysik 2019

Herudover er der ca. 8 danske fusionsforskere, der har specialiseret sig inden for udvikling af nye metoder og udstyr til måling og teknologiudvikling på fusionsfaciliteterne. Disse forskere er bl.a. ansvarlige for udvikle designet til dele af det diagnostiske udstyr på ITER. Endelig er der en mindre gruppe af forskere (4 forskere), der har fokus på undersøge materialers egenskaber under de ekstreme forhold som finder sted i forbindelse med fusionsprocessen.

Anvendelse af andre faciliteter

Da ITER endnu ikke er færdigbygget, benytter det danske fusionsforskingsmiljø en bred vifte af de europæiske fusionsfaciliteter. De fire vigtigste faciliteter er beskrevet i nedenstående tekstboks. Den danske adgang til disse faciliteter finansieres gennem EUROfusion. Der findes ingen opgørelser fra de pågældende faciliteter ift. omfanget af den danske anvendelse.

Tekstboks: Oversigt over de vigtigste fusionsfaciliteter i Europa

ASDEX Upgrade (AUG) ligger ved München og er ejet af det tyske Max Planck Institut. AUG er den største tokamak i EU og her foregår hele spektret af forskning i fusionsenergi: Basal plasmafysik, magnetiske ligevægtskonfigurationer, opvarmning, kontrol af plasmaet, forskning af turbulent plasmatransport, afkøling af divertor og tokamakkomponenter, udvikling af måleudstyr, magnetfeltsteknologi, materialefysik, remote handling, vedligeholdelse osv.

W7-X er etableret i Greifswald, og er ejet af Max Planck Institut. W7-X er en fusionsfacilitet, der benytter et andet indeslutningskoncept – stellarator – end flere af de øvrige fusionsfaciliteter (som bl.a. JET, AUG og ITER). Facilitetens teknologi er baseret på meget komplekse magnetfelter og dermed meget komplekse magnetfeltspoler.

JET i England er verdens største tokamak (bygget af EU) og er pt den eneste som kan producere signifikante mængder fusionsenergi, og som kan køre med fusions-relevant brændselmix. Forskningen på JET har mange facetter, og man undersøger bl.a. hvordan plasmafysiske modeller og reaktormodeller fungerer i virkeligheden.

MAST Upgrade i England, er en tokamak, der er mere kompakt end andre maskiner, og er bl.a. inspirationskilde til en del private virksomheders tilgang til fusion og også til det engelske bud på et fusionskraftværk. I MAST Upgrade udforsker man bl.a., hvilken indflydelse magnetfeltet har på ydelsen af fusionsplasmaet, samt kontrol af udstrømning af plasma til den såkaldte divertor.

Potentialer og barrierer for udvidelse af brugermiljø

DTU Fysik vurderer, at der er et betydeligt potentiale for at øge omfanget af det danske fusionsforskningsmiljø. Det skyldes for det første, at dansk fusionsforskning er betydeligt mindre end fusionsforskningsmiljøerne i hovedparten af øvrige europæiske lande. For det andet har dansk fusionsforskning traditionelt haft fokus på forholdsvis specialiserede forskningsfelter inden for plasmafysikken samt udvikling af måle- og diagnostiskudstyr. Det er i den sammenhæng vurderingen fra DTU Fysik, at der findes en række forskningsområder, som nye danske forskningsmiljøer kunne blive involveret i. Det gælder ikke mindst inden for områder omkring udvikling af nye komponenter og udstyr, som skal udvikles for at kunne etablere et kommercielt bæredygtigt fusionskraftværk. Det drejer sig mere specifikt om superledere, high-performance strømforsyninger, robotteknologi, styrings- og kontrolteknologi, datalogi m.m. Det er i den sammenhæng også vurderingen, at netop i forbindelse med ibrugtagelsen af ITER vil der ske et skift i prioriteringerne fra EUROfusion, så der i højere grad vil blive givet støtte til udvikling af nye teknologier og teknologisk udstyr til fusionsanlæggene frem for støtte til forskning i traditionel plasmafysik. Det skaber mulighed for at forskningsmiljøer uden for det nuværende fusionsforskningsmiljø vil få adgang til EUROfusions støtteprogrammer. Danske forskningsmiljøer på DTU, AAU, AU og SDU har eksempelvis – ud over plasmafysik – forskere inden for robotteknologi, materialer og strømforsyninger, der kunne deltage i udviklingen af teknologier til DEMO. Det skal bemærkes, at EUROfusion yder et betydeligt bidrag til den europæiske fusionsforskning.

Der er DTU Fysiks vurdering, at den forholdsvis begrænsede størrelse af det danske fusionsforskningsmiljø skyldes flere forhold. For det første er DTU det eneste universitet, som har opbygget et fusionsforskningsmiljø, og som dermed har kendskab til de muligheder, der findes inden for europæisk fusionsforskning. I den sammenhæng har DTU også været den eneste danske partner i EUROfusion indtil 1. september 2020. Det betyder, at det kun har været DTU, som har haft mulighed for at søge forsknings- og udviklingsmidler fra EUROfusion. For det andet påpeges det i kortlægningen fra DTU Fysik, at omfanget af danske medfinansiering har udgjort en begrænsende faktor for at kunne søge om flere midler fra EUROfusion.

3.4 Brugermiljø omkring ESRF og synkrotronforskning

Danmark er gennem det nordiske konsortium Nordsync medlem af den Europæiske Synkrotronstrålingsfacilitet (ESRF) i Grenoble, Frankrig. ESRF anvender synkrotronlys til at undersøge strukturer af hårde, bløde og biologiske materialer, og anvendes inden for et meget bredt spektrum af natur- teknisk- og sundhedsvidenskabelig forskning.

Der findes i dag ca. 50 synkrotronfaciliteter, der hver råder over 10-60 forskellige instrumenter, som er specialiserede inden for forskellige typer af analyser af materialer og materialeprocesser. ESRF er blandt verdens tre største og mest kraftfulde synkrotronstrålingsfaciliteter og fungerer som hovedparten af synkrotronfaciliteterne som en brugerfacilitet. Det betyder, at ESRF stiller facilitetens i alt 43 forskellige instrumenter til rådighed for medlemslandenes forskere, så de hvert år kan gennemføre op i mod 5000 forskellige eksperimenter og målinger. Den eksperimentelle måletid tildes 2-3 gange om året på baggrund af ansøgninger, der vurderes af en række videnskabelige paneler. På den baggrund er det kun de bedste forslag, der får tildelt måletid på ESRF. Driftsudgifter deles af medlemslande, således at det enkelte lands bidrag vil afspejle den videnskabelige anvendelse af facilitet.

Brugerne får hjælp til forsøgsopsætningen og software, men er ansvarlige for syntese af prøver, forsøgets udførelse, dataanalyse og publikationer. Den typiske bruger består af 1-2 universitetsgrupper, der deltager i selve forsøget med 2-6 forskere.

Afgrænsning af det danske brugermiljø

Det danske ESRF-brugermiljø omfatter naturligvis de forskere, som med større eller mindre hyppighed anvender ESRF's forskellige instrumenter. Det er dog karakteristisk for synkrotronforskningsmiljøet, at en betydelig del af brugermiljøet benytter flere forskellige synkrotronfaciliteter. Det skyldes bl.a., at der er stor forskel på de instrumenter og/eller eksperimentelle services, som tilbydes på de forskellige faciliteter. På den baggrund udvælger mange forskere den facilitet, som bedst passer til det specifikke forsøg, der skal gennemføres. Samtidig er den danske adgang til ESRF begrænset af størrelsen af det danske bidrag til ESRF. Hvorfor mange forskere må søge måletid på andre faciliteter.

Den store eksperimentelle diversitet, som kendetegner synkrotronforskningsmiljøet i Danmark betyder, at det er vanskeligt at afgrænse gruppen af forskere, der alene sig bruger ESRF. Derfor vil ESRF's brugermiljø i det følgende omfatte alle de forskere, der benytter synkrotronforskningsfaciliteter i deres eksperimentelle arbejde. Brugermiljøet omfatter også de forskere som der arbejder med at udvikle de teknikker og metoder, som anvendes på de forskellige synkrotronfaciliteter, men som ikke nødvendigvis gennemfører eksperimenter på synkrotronfaciliteter. Det drejer sig eksempelvis om de forskere, der deltager i udvikling af nye instrumenter, eller udvikler modeller for analyse af data fra synkrotronstrålingsfaciliteterne. De udgør dog under 10 pct. af det samlede brugermiljø.

Størrelse og fordeling af brugermiljø på universiteterne

ESRF opgør hvert år hvor meget eksperimenteltid de enkelte lande får tildelt. Danske forskere fik i 2017-18 tildelt henholdsvis 245,5 og 196 shifts. Ét shift svarer til ca. ½ døgn's måletid. Det svarer til 1,8 og 1,6 pct. af den samlede eksperimentelle tid på ESRF (se tabel 3.12).

Tabel 3.12: Tildeling af eksperimentel tid (shifts) til danske forskere på ESRF (2017 og 2018)

År	Samlet antal shifts for hele ESRF	Shifts tildelt danske forskere	
		Antal	Pct.
2017	14500	258	1,8
2018	12350	196	1,6

Kilde: Opgørelse fra Nordsync Årsrapport, 2019.

ESRF's brugerstatistik giver imidlertid ikke mulighed for at beskrive, hvor mange forskere der har deltaget i disse eksperimenter. Der deltager typisk 2-10 forskere i hvert eksperiment på både ESRF og andre synkrotronfaciliteter. For at få et mere præcist billede af det danske ESRF-brugermiljø, har følgeforskningscentret DanScatt gennemført en undersøgelse det danske synkrotronbrugermiljø.

Undersøgelse er baseret på en publikationsanalyse, som DanScatt har udarbejdet. Opgørelsen omfatter forskere, der i løbet af de seneste fem år har publiceret to eller flere forskningsartikler med afsæt i synkrotronteknologien. Derved omfatter brugermiljøet såvel forskere, der har udført eksperimentelle aktiviteter på en synkrotronfacilitet, som forskere der har fokus på metodeudvikling og analyse af data fra synkrotroneksperimenter. Analysen suppleres med data fra DanScatt's årlige uddeling af rejsestipendier til forskere, der har deltaget i eksperiment på en eller flere synkrotronfaciliteter. Opgørelsen viser, hvilke faciliteter danske forskere anvender.

DanScatt's opgørelse viser, at brugermiljøet i alt omfatter 487 forskere. Som det fremgår af nedenstående tabel så findes langt hovedparten af synkrotronbrugermiljøet på AU, KU og DTU. Således tegner KU og AU sig hver for ca. 1/3 af brugermiljøet (hhv. 34 pct. og 321pct. af brugerne), mens 27 pct. af miljøet findes på DTU. Det restende brugermiljø findes på SDU, RUC og AAU, som tilsammen står for 3 pct. af det samlede brugermiljø. Herudover findes der et mindre antal brugere på en række private virksomheder (udgør i alt 5 pct. af brugermiljøet).

Tabel 3.13: Fordeling af det danske synkrotronbrugermiljøer på institutioner

Institution	Antal forskere	Pct.
DTU	130	27
AU	151	31
KU	164	34
SDU	9	2
RUC	5	1
AAU	2	0
Andre (virksomheder)	26	5
I alt	487	100

Anm.: Omfatter forskere der har publiceret to eller flere artikler med afsæt synkrotron-spredning. Summer ikke til 100 pct. På grund af afrunding

Kilde: DanScatt, Publikationsanalyse af danske spredningsmiljøer, 2020

Omkring 45 pct. af synkrotronbrugermiljøet brugermiljøet er ansat i faste stillinger som lektorer eller professorer (i alt 201 forskere). Den resterende andel af brugermiljøet er ansat i tidsbegrænsede stillinger som Ph.d.-studerende, Post Docs eller adjunkter, samt

akademiske TAP'er. Gruppen af Ph.d.-studerende udgør omkring 26 pct. af brugermiljøet, mens Post Docs og adjunkter udgør ca. 29 pct. af synkrotronbrugermiljøet.

Tabel 3.14: Fordeling af ESRF-brugermiljø på stillingskategori

Stillingskategori	Antal	Pct.
Lektorer og professorer (fastansatte)	201	45
Akademisk TAP (fastansatte)	17	3
Postdocs og adjunkter	143	29
Ph.D.-studerende	126	26
I alt	487	100

Anm.: Omfatter forskere der har publiceret to eller flere artikler med afsæt i synkrotronspredning. Summer ikke til 100 pct. På grund af afrunding

Kilde: DanScatt, Publikationsanalyse af spredningsmiljøer, 2020

Videnskabelig anvendelse af ESRF

Synkrotronstråling bruges inden for en meget bred vifte af natur- teknisk- og sundhedsfaglige discipliner. Det fremgår således af tabel 3.15, at den danske anvendelse af ESRF er spredt på forskellige fagområder som kulturarv kemi, anvendt materialevidenskab og strukturbologi. Det største danske fagområde, som anvender ESRF, er "Anvendt materialevidenskab". Lidt mere end 1/3 af de danske forsøg på ESRF er gennemført inden for dette fagområde. Herudover er der et stort antal ESRF-brugere inden for kemi (15 pct), hårde materialer (16 pct.) og struktur biologi (16 pct.). Der er ligeledes et mindre antal brugere inden for områder kulturarv (2 pct.), Life Science (5 pct.), metode udvikling (7 pct.), medicin (2 pct.) og bløde materialer (2 pct.).

Den danske anvendelse af ESRF matcher i stor udstrækning de øvrige europæiske landes anvendelse af ESRF. Der er dog karakteristisk, at den danske anvendelse inden for områderne "anvendt materialevidenskab" og "metode udvikling" er væsentligt højere, end hvad der er tilfældet for hele ESRF. På samme måde er der betydeligt færre danske brugere inden for områder som "geovidenskab" og "bløde materialer" end de øvrige landes brug af ESRF.

DanScatt har påpeget, at disse forskelle ikke nødvendigvis skyldes, at sammensætningen af det danske synkrotronbrugermiljø er væsensforskelligt fra det europæiske synkrotronmiljø. For det første varierer den danske anvendelse af ESRF fra år til år. For det andet påpeger DanScatt, at der inden for det danske brugermiljø er store forskelle i, hvilke faciliteter der anvendes. Den meget betydelige danske anvendelse inden for "anvendt materialevidenskab" på ESRF skyldes således ikke alene, at dette forskningsområde udgør en stor andel af det danske synkrotronbrugermiljø, men også at netop ESRF tilbyder en række instrumenter og service, som er særligt attraktive for flere af de danske forskergrupper, der arbejder på dette område.

Tabel 3.15: Fordeling af måletid på ESRF ift. forskningsområde, 2017 (pct.).

	Alle forskere	Danske forskere
Chemistry	12	15
Earth Sciences	8	0
Environment	2	0
Hard Condensed Matter Science	21	16
Cultural Heritage	1	2
Life Sciences	6	5
Applied Materials Science	14	35
Medicine	3	2
Engineering	1	0
Methods & Instrumentation	2	7
Structural Biology	17	16
Soft Condensed Matter Science	7	2
Andre typer af anvendelse (bl.a. uddannelse og industriel anvendelse)	6	0
I alt	100	100

Anm.: Opgjort ift. allokerede "shifts" i 2017 ift. eksperimenternes forskningsområde.

Kilde: ESRF, Særkørsel fra ESRF, 2017

Anvendelse af andre faciliteter

Det danske synkrotronbrugermiljø har tradition for at anvende et bredt spektrum af forskellige faciliteter i både Europa, USA og Japan. Det betyder, at ESRF langt fra er den eneste synkrotronfacilitet som danske forskere benytter. De vigtigste faciliteter er beskrevet i det nedenstående.

Tekstboks: Oversigt over de vigtigste synkrotronfaciliteter (ud over ESRF) som benyttes af danske forskere

MAX IV, er en svensk facilitet, der efter en omfattende rekonstruktion blev genåbnet i 2017. MAX IV ligger i Lund, Sverige, tæt på neutronfaciliteten ESS, og har spillet stor rolle for danske forskere, bl.a. fordi der har været etableret flere danske instrumenter på MAX. Det er forventningen at i takt med at alle instrumenter tages i brug, herunder også det danske instrument DanMax (forventes færdigbygget i 2021) vil den danske anvendelse øges i den kommende årrække.

PETRA, er en del af det tyske forskningslaboratorium DESY, der ligger i Hamborg. Danske forskere har benyttet Petra i en lang årrække – ikke mindst fordi EMBL driver en række biovidenskabelige instrumenter på Petra, som danske forskere har adgang til via det danske EMBL-medlemskab.

DIAMOND, er den engelske synkrotronkilde der er samlokaliseret med neutronkilden ISIS på Rutherford Lab tæt på Oxford. Diamond/ISIS tilbyder tilsammen de samme type af videnskabelige muligheder, som findes i Grenoble med ESRF/ILL, og som også vil være til stede i Lund, når ESS åbner for videnskabelige eksperimenter i 2024..

Det fremgår således af nedenstående tabel, at det kun er omkring ca. 20 pct. af de danske rejsestipendier, der bruges i forbindelse med eksperimenter på ESRF. De øvrige stipendier gives til forskeres rejser i forbindelse med eksperimenter på andre internationale synkrotronfaciliteter. Det danske brugermiljø er ud over ESRF også hyppige brugere af faciliteterne MAX IV (Lund) og PETRA (Hamburg), der ligger meget tæt de danske universiteter, og som i en vis udstrækning anvendes som "lokale" faciliteter. På de næste pladser følger internationalt ledende faciliteter som bl.a. APS i USA, Diamond i England og Swiss Light Source i Schweiz.

Det er vigtigt at understrege, at den danske anvendelse af ESRF ikke er udtryk for manglende videnskabelig interesse for ESRF blandt de danske brugere. Når antallet af eksperimenter på ESRF ikke er større, så skyldes det, at den danske måletid på ESRF er begrænset af det danske bidrag til ESRF. Danske forskere benytter derfor andre faciliteter, der har komplementære instrumenter. DanScatt understreger i deres undersøgelse, at de mange synkrotronfaciliteter udgør et slags økosystem, hvor de mindre faciliteter har en særlig rolle at spille i relation til mindre krævende forsøg, uddannelse af nye brugere og tests af nye koncepter. Det har eksempelvis været gældende for en del af den danske anvendelse af MAX IV. På samme måde har en række af de meget kraftige synkrotronkilder, som ESRF, Diamond, APS og Spring 8 været brugt til de mere krævende forsøg, hvor det er nødvendigt med en meget høj stråleintensitet/energi samt meget avancerede instrumenter.

Tabel 3.16: Antal rejsestipendier som DanScatt har tildelt danske forskeres i forbindelse med gennemførelse af eksperimenter i 2019 – fordelt på facilitet

Facilitet	Antal
ESRF (F)	138
MAX IV(S)	58
PETRA (D)	170
APS (US)	77
Diamond (UK)	54
SLS (CH)	41
Spring8 (JP)	32
Bessy (D)	17
Soleil (F)	16
Elektra (I)	16
Andre	14
I alt	633

Anm.: Omfatter de rejsestipendier, som DanScatt har uddelt ifb. med forskere deltagelse i eksperimenter på synkrotronfaciliteter 2019. Det bemærkes, at flere forskere har modtaget mere end ét rejsestipendie i løbet af 2019.

Kilde: DanScatt, Opgørelse af rejsestipendier 2019

Det bemærkes endvidere, at den svenske facilitet MAX IV på opgørelsestidspunktet var under opbygning. Det er forventningen, at den danske anvendelse af MAX IV vil øges betydeligt i takt med, at den bliver fuldt operationel, samt at de to "danske" instrumenter på MAX IV færdigbygges.

Potentialer og barrierer for udvidelse af brugermiljø

Brugen af synkrotronstråling er gennem de seneste 20 år mere end tredoblet. Det skyldes, at teknikken løbende er blevet forbedret. Dermed er teknikken blevet stadig mere interessant for en voksende gruppe af forskere (inden for en bred vifte af natur- teknisk- og sundhedsfaglige discipliner). Herudover stiller teknikken (sammenlignet med andre materialekarakteriseringsteknikker) ikke store krav til forskernes eksperimentelle kompetencer og/eller de ressourcer, som er nødvendige for at kunne gennemføre et forsøg på synkrotronfaciliteterne.

DanScatt peger i deres opgørelse på, at der fortsat sker en udvikling og opgradering af synkrotronfaciliteterne. Senest har ESRF i Frankrig og MAX IV i Sverige gennemgået betydelige opgraderinger, der betyder, at det er muligt at gennemføre langt mere præcise analyser på disse faciliteter end hidtil. Opgraderingerne gør mere interessant for nye forskergrupper at benytte synkrotronfaciliteterne. Og DanScatt vurderer, at der er et klart potentiale for at øge anvendelsen af synkrotron-teknikken. Dette gælder i særlig grad på de sundhedsvidenskabelige fakulteter, hospitaler, klimaforskning samt i relation til ambitionen om at digitalisere den danske natur og kulturarv. Inden for de seneste to år er således minimum 4 hospitaler og 4 museer blevet aktiveret.

På den baggrund vurderer DanScatt, at synkrotronbrugermiljøet i Danmark vil vokse med ca. 5 pct. om året i den kommende årrække. Life science området vurderes at blive området med den største vækst. Det bemærkes, at danske forskere ikke har mulighed for at øge anvendelsen af ESRF yderligere. Det skyldes, at danske forskere bruger mere beamtid end størrelsen af det danske medlemsbidrag tilsiger. ESRF afviser således hvert år videnskabeligt egnede ansøgninger om beamtid fra danske forskere, fordi Danmark sammen med øvrige parter i Nordsync har brugt den tilgængelige "kvote", der er til rådighed. Væksten i det danske brugermiljø forudsætter derfor, at de danske forskere også fremadrettet har adgang til andre synkrotronfaciliteter i udlandet. Der er DanScatt's vurdering, at den øgede efterspørgsel efter eksperimentel tid sandsynligvis vil blive modsvaret af det øgede udbud af måletid, som MAX IV vil stille til rådighed i de kommende år, bl.a. som følge af de to dansk-finansierede beamlinier DanMAX og Micro-MAX, der vil åbne for brugere i henholdsvis 2021 og 2023.

DanScatt vurderer imidlertid også, at den fortsatte udvikling af brugermiljøet forudsætter, at man i det kommende år formår at integrere de nye brugergrupper i det eksisterende brugermiljø. Historisk startede brugen af synkrotronfaciliteter inden for fysik. Gradvist har brugermiljøet skiftet karakter, så forskere inden for kemi og strukturbologi i dag udgør de store brugergrupper. Der er dog en klar tendens til, at væksten af synkrotronbrugermiljøet i de kommende år vil ske på fagområder, som har en begrænset erfaring med "fysik-eksperimenter". Herudover stiger volumen og kompleksitet af data voldsomt i disse år. For at kunne inddrage f.eks. læger, syntese-kemikere, kuratorer fra museer og GTS-institutter i brugen af synkrotronteknologien er det DanScatt's vurdering, at der er behov for at styrke uddannelsen af nye brugere samt sikre brobygning og samspil mellem "erfarne synkrotronbrugere" og de nye brugermiljøer.

3.5 Brugermiljø omkring ESS, ILL og dansk neutronforskning

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.

ILL blev startet i 1970 og har i de seneste 50 år været den kraftigste neutronkilde i verden og den vigtigste facilitet, når det gælder videnskabelige publikationer. Selv om neutronintensiteten på ILL ikke har ændret sig, er der sket en række betydelig fremskridt i instrumentering gennem de seneste årtier, hvilket har øget facilitetens performance med faktorer 10-100. I 2006 og 2008 startede næste generation af neutronfaciliteter i henholdsvis USA og Japan (SNS og J-PARC), der er bygget op omkring accelerator-drevne såkaldte spallationskilder, hvilket muliggør en mere effektiv fremstilling og anvendelse af de producerede neutroner. Seneste medlem i familien af spallationskilder er ESS, der fra 2025 vil blive den førende neutronfacilitet i verden med omkring en faktor 100 højere brugbar intensitet end ILL.

ILL og ESS fungerer ligesom mange af de øvrige materialeforskningsfaciliteter som brugertilgængelige faciliteter. Det betyder, at ILL (og senere også ESS) stiller eksperimentelt udstyr til rådighed for de forskere, der har behov for at gennemføre deres eksperimenter på faciliteternes forskellige instrumenter. ILL råder i dag over 35 forskellige instrumenter, og ESS vil, når faciliteten er fuldt operationel, have 15 instrumenter med mulighed for udvidelse til ca. 30 instrumenter. Den eksperimentelle måletid på ILL tildeles 2 gange om året på baggrund af ansøgninger, der vurderes af en række videnskabelige paneler.

Brugerne får lige som på synkrotronfaciliteterne hjælp til forsøgsopsætningen og software, men er ansvarlige for at fremstilling af materialeprøver til forsøg, til forsøgets udførelse, og til dataanalyse. Den typiske bruger består af 1-2 universitetsgrupper, der deltager i selve forsøget med 2-6 forskere.

Afgrænsning af det danske brugermiljø

Danske neutronforskere benytter en bred vifte af forskellige neutronfaciliteter. Det skyldes bl.a., at der er stor forskel på de instrumenter og/eller eksperimentelle services, som tilbydes på de forskellige faciliteter. På den baggrund udvælger mange forsker den facilitet, som bedst passer til det specifikke forsøg, der skal gennemføres. Samtidig er adgangen til ILL begrænset på grund af størrelsen af det danske bidrag. Det betyder, at der er et begrænset antal danske forskere, der hvert år kan få adgang til ILL.

Den store eksperimentelle diversitet, som kendetegner neutronforskningsmiljøet betyder, at det er vanskeligt at afgrænse gruppen af forskere, der alene bruger ILL. Derfor vil denne analyse omfatte alle de forskere, der benytter neutronfaciliteter i deres eksperimentelle arbejde. Brugermiljøet omfatter også de forskere, som arbejder med at udvikle de teknikker og metoder, som anvendes på de forskellige neutronfaciliteter. Eksempelvis i forbindelse med udvikling af nye instrumenter eller udvikling af modellering og analyse af de eksperimentelle data. Den sidste gruppe er vokset markant i de seneste år på grund af det danske engagement i ESS, hvor flere forskergrupper har været i involveret i udvikling af ESS' instrumenter samt udvikling af forskellige former for analysesoftware og metoder til modellering af data.

Størrelse og fordeling af brugermiljø på universiteterne

ILL opgør hvert år, hvor meget eksperimentel tid de enkelte lande får tildelt. Nedenstående tabel viser, at danske forskere i både 2018 og 2019 fik lidt mere end 2 pct. af den samlede eksperimentelle tid på ILL. Det bemærkes, at den tildelte eksperimentelle tid overstiger det danske bidrag til ILL, som er på 1,5 pct. af det samlede driftsbudget.

Tabel 3.17: Tildeling af eksperimentel tid (beamdays) på ILL i 2018 og 2019

År	Samlet antal beamdage på ILL	Beam-dage tildelt danske forskere	
	Antal	Antal	Pct.
2018	1696,5	35,7	2,17
2019	3157,5	76,6	2,43

Anm.: En Beam-dag svarer til 1 døgn eksperimentel tid på et af ILL's instrumenter. Det bemærkes at ILL var nedlukket på grund af vedligehold i dele af 2018 og udbød derfor færre "beamdays".
 Kilde: ILL Annual report 2018 og 2019

ILL's brugerstatistik indeholder imidlertid ikke oplysninger om, hvor mange danske forskere, der har deltaget i disse eksperimenter. Samtidig er der et stort antal danske forskere, der benytter andre neutronfaciliteter end ILL. For at få et mere præcist billede af det danske neutronbruger-brugermiljø har følgeforskningscentret DanScatt gennemført en undersøgelse, der belyser størrelsen af det danske neutronbruger-miljø, samt bruger-miljøets fordeling på universiteter og stillingskategorier.

Undersøgelsen er, som det er tilfældet for analysen af synkrotronbruger-miljøet, baseret på en analyse af danske forskeres publicering af forskningsartikler. DanScatt har i den sammenhæng afgrænset neutronbruger-miljøet til de forskere, der i løbet af de seneste fem år har publiceret to eller flere forskningsartikler med afsæt i neutronteknologien. Det er den samme opgørelsesmetode, som anvendes i den nationale ESS-strategi.

Tabel 3.18: Fordeling af det danske neutronbruger-miljø på institutioner

Institution	Antal	Pct.
KU	73	47
AU	24	15
DTU	39	25
SDU	1	1
RUC	5	3
ESS DMSC	7	5
Andre (GTS, virksomheder)	6	4
I alt	155	100

Anm.: Omfatter forskere der har publiceret to eller flere artikler med afsæt i synkrotronspredning.
 Andre omfatter brugere i private virksomheder.
 Kilde: DanScatt, Publikationsanalyse af spredningsmiljøer, 2020

DanScatt's undersøgelse viser, som det fremgår af ovenstående tabel, at det danske neutronbruger-miljø samlet består af i alt 155 forskere. Næsten halvdelen af det samlede brugermiljø findes på KU, hvor der er 73 neutronbrugere (i alt 47 pct. af brugermiljøet). Herefter følger DTU med 39 neutronbrugere (25 pct. af brugerne) og AU med 24 brugere (15 pct. af brugermiljøet). De resterende 13 pct. af brugermiljøet findes på ESS-DMSC (7

forskere), RUC (5 forskere) og SDU (1 forsker), samt på museer, GTI'er og private virksomheder (i alt 6 forskere). Der er ikke registreret neutronbrugere på AAU.

Næsten halvdelen af det danske brugermiljø består af fastansatte lektorer og professorer (i alt 76 forskere). Den resterende halvdel af brugermiljøet er ansat i tidsbegrænsede stillinger som Ph.D.-studerende, Postdocs eller adjunkter (79 forskere). Gruppen af Ph.D.-studerende udgør ca. 1/5 af brugermiljøet, og omfatter i alt 33 personer.

Tabel 3.19: Fordeling af Neutronbrugermiljø på stillingskategori

Stillingskategori	Antal	Pct.
Lektorer og professorer (fastansatte)	76	49
Postdocs og assistent professor	46	30
Ph.D.-studerende	33	21
I alt	155	

Anm.: Omfatter forskere der har publiceret to eller flere artikler med afsæt i neutronspreddning.
Kilde: DanScatt, Publikationsanalyse af spredningsmiljøer, 2020

Videnskabelig anvendelse af neutronfaciliteter

Neutronspreddning er en eksperimentel teknik, der bruges til at analysere en bred vifte af forskellige materialer og materialeprocesser. Det danske brugermiljø er derfor spredt over forskellige fagmiljøer – primært inden for de tekniske- og naturvidenskabelige områder. Historisk har der været en tendens til, at brugermiljøet i særlig grad har været koncentreret inden for fagområder som fysik og kemi, hvor man bl.a. har benyttet neutroners særlige egenskaber inden for magnetisme (bl.a. i forbindelse med udvikling af superledere samt energi- og kvantematerialer). I de seneste 20-25 år er der sket en udvikling af analyseteknikken, så den i stigende grad også bliver anvendt inden for områder som Life Science, bløde materialer og Engineering. Dette betyder, at det danske neutronforskningsmiljø er spredt ud på en række forskellige fagområder, lige fra Life Science, studier af polymerer, magnetisme og energimaterialer.

Tabel 3.20 Fordeling af danske neutronbrugermiljøer på forskningsfelt

Forskningsfelt	Pct.
Life Science og sundhed	20
Bløde materialer	9
Engineering, geologi og arkæologi	9
Magnetisme	31
Struktur	10
Dynamik	8
Instrumentering	13
I alt	100

Anm.: Fordeling af forskere ift. forskningsfelter er sket på baggrund af vurdering af de forskningsartikler som indgår i analysen
Kilde: DanScatt, Publikationsanalyse af spredningsmiljøer, 2020

Som det fremgår af ovenstående tabel, er det dog stadig magnetisme, som er det største samlede forskningsområde inden for neutronforskningen. Magnetisemforskere udgør således omkring 1/3 af det samlede neutronbrugermiljø (31 pct. af brugermiljøet). Det øvrige

brugermiljø findes inden for områder som bl.a. Life Science og sundhed (20 pct. af brugerne), Instrumentering (13 pct. af brugerne), Dynamik (8 pct. brugerne) og Engineering, geologi og arkæologi (9 pct. af brugermiljøet).

Den betydelige andel af forskere inden for kategorien "instrumentering" skyldes, at et betydeligt antal danske forskere er involveret i udviklingen af flere af ESS' kommende instrumenter samt opbygningen af analysesoftware til de forskellige instrumenter. Omfanget og karakteren af brugermiljøets anvendelse af neutronfaciliteter er meget forskelligartet. Omkring 30 pct. af brugermiljøet betegnes af DanScatt som egentlige neutronforskere. Det er som oftest fysikere og til dels også kemikere, der har fokus på forskningsområder som struktur, magnetisme og instrumentering, og hvor neutronspreddning udgør den primære eksperimentelle teknik. For hovedparten af forskningsmiljøet er neutronspreddning derimod en teknik, der anvendes sammen med andre eksperimentelle analyseteknikker. Særligt er der en stor andel af neutronbrugerne, der benytter neutronspreddning sammen med synkrotronspreddning. Det skyldes, at de to analyseteknikker på mange måder er komplementære, og derfor giver forskerne et bedre billede af de materialer eller materialeprocesser de studere.

Anvendelse af andre faciliteter

Det danske neutronbrugermiljø har tradition for at anvende et bredt spektrum af forskellige faciliteter i både Europa, USA og Japan. Det betyder, at ILL langt fra er den eneste neutronfacilitet, som danske forskere benytter. De vigtigste neutronfaciliteter ud over ILL er beskrevet i nedenstående tekstboks.

Tekstboks: Oversigt over vigtige neutronfaciliteter som abenyttes af danske forskere

Paul Scherrer Instituttet (PSI) i Schweiz, er stort nationalt laboratorium, der bl.a. driver neutronkilden (SinQ). I forbindelse med nedlukning af Risø's reaktor i 2000 blev to danske instrumenter flyttet til SinQ. Danske forskere har været med til drive disse instrumenter, hvilket har givet forskere og studerende adgang til SinQ. I dag fungerer SinQ som en slags hjemmelaboratorium for mange danske forskere, og bidrager til uddannelsen af forskere.

ISIS er den engelske neutronkilde, der er en del af det nationale laboratorium Rutherford Lab (som også huser synkrotronen Diamond). ISIS blev startet i 1989 og driver i alt 35 instrumenter. Faciliteten er baseret på samme acceleratorteknologi som ESS.

FRM 2 er en reaktorbaseret neutronfacilitet, der er lokaliseret i Munchen. Faciliteten er fra 2005 og driver i alt 30 forskellige instrumenter. Kilden er ikke så kraftig som ILL, SNS og J-PARC, og anvendes af mange forskere i forbindelse med uddannelse og mindre krævende forsøg.

SNS er den amerikanske neutronkilde, der er en del af det nationale forskningslaboratorium i Oak Ridge, Tennessee. SNS åbnede i 2007 og er stadig den kraftigste spalationsbaserede neutronkilde i verden. SNS driver i alt 20 instrumenter.

J-PARC er den japanske neutronkilde, der er baseret på acceleratorteknologi. J-PARC hører sammen med ILL og SNS til de tre største og mest kraftfulde neutronkilder i verden, og driver i alt 21 forskellige instrumenter.

Det fremgår af nedenstående tabel, at det kun er omkring 1/4 af de rejsestipendier, som DanScatt hvert år uddeler til danske forskeres, bruges i forbindelse med eksperimenter

på ILL.⁴ De øvrige stipendier gives til forskeres rejser i forbindelse med eksperimenter på andre internationale neutronfaciliteter. Det danske brugermiljø er således (ud over ILL) hyppige brugere af faciliteterne PSI (Schweiz) og ISIS (England), FRM2 og HZB (Tyskland) samt NIST (USA). Den omfattende danske anvendelse af PSI (står for ca. ¼ af de tildelte rejsestipendier) skyldes, at der siden nedlukningen af Risø's reaktor i 2000 har været etableret et samarbejde mellem DanScatt og PSI, der betyder, at danske forskere bidrager til driften af ét af PSI's instrumenter, mod at danske forskere får adgang til alle PSI's forskellige instrumenter. Der er på den baggrund udviklet et omfattende samarbejde med PSI, og mange danske forskere benytter PSI til både uddannelse og en lang række forsøg.

Det er vigtigt at understrege, at når den danske anvendelse af ILL ikke fylder mere end ca. ¼ af den danske anvendelse, så skyldes det ikke manglende videnskabelig interesse for ILL. DanScatt påpeger i deres analyse, at omfanget af måletid, som er tilgængelig for danske forskere på ILL, er begrænset af størrelsen af det danske bidrag til ILL. Danske forskere er derfor nødsaget til at benytte andre faciliteter, der har komplementære instrumenter til at gennemføre deres forsøg. DanScatt gør endvidere opmærksom på, at neutronfaciliteterne ofte udgør et slags økosystem, hvor de mindre faciliteter (som eksempelvis PSI, FRM2 og HZB) har en særlig rolle at spille i relation til mindre krævende forsøg samt uddannelse af nye brugere. Mens de store og kraftige neutronkilder som ILL, ISIS og NIST bruges til at gennemføre de mest krævende forsøg.

Tabel 3.21: Antal rejsestipendier som DanScatt har tildelt danske forskeres i forbindelse med gennemførelse af eksperimenter i 2018 – fordelt på facilitet

Facilitet	Antal
ESS (S)	34
ILL (F)	152
PSI (CH)	144
ISIS (UK)	50
FRM II (D)	29
NIST (US)	24
ANSTO (AUS)	14
Kjeller (N)	9
GKSS (D)	8
Andre	60
I alt	578

Anm.: Omfatter de rejsestipendier, som DanScatt har uddelt i forbindelse med forskeres deltagelse i eksperimenter på synkrotronfaciliteter 2019. Det bemærkes, at flere forskere har modtaget mere end ét rejsestipendie i løbet af 2019. Rejser til ESS omfatter bl.a. rejser i forbindelse med udvikling af ESS' instrumenter.

Kilde: DanScatt, Opgørelse af rejsestipendier 2019

Potentialer og barrierer for udvidelse af brugermiljø

Det danske neutronbrugermiljø er gennem de seneste 15 år blevet næsten tredoblet. Det skyldes bl.a., at neutronsprengningsteknikken løbende er blevet forbedret og udviklet, og

⁴ DanScatt uddeler rejsestipendier til alle forskere, der gennemfører eksperimenter på udenlandske synkrotron, neutron og røntgenlaser faciliteter. Det er DanScatt's vurdering, at disse rejsestipendier, dækker langt hovedparten af den eksperimentelle aktivitet, som danske forskere er involveret. Eneste undtagelse er forskere fra AAU. AAU blev først i 2020 medlem af DanScatt, og AAU forskere har derfor ikke modtaget rejsestipendier fra DanScatt.

dermed er blevet stadig 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 er blevet medvært for ESS. Det har således været igangsat en række forskellige indsatser for at understøtte udviklingen af det danske brugermiljø. DanScatt vurderer endvidere, at der er betydelige muligheder for at udvide det danske neutronbrugermiljø yderligere, således at man kan indfri ambitionen i den nationale ESS-strategi om at det danske neutronbrugermiljø vokser til ca. 300 forskere – svarende til en fordobling ift. det nuværende brugermiljø. Det er dog DanScatt's vurdering, at en sådan udvidelse af brugermiljøet kun kan lade sig gøre, hvis det lykkedes at realisere ESS-strategiens hovedforslag om, at der inden 2025 skal etableres i alt fem ESS-fyrtårnsmiljøer på områder, hvor dansk forskning har særlige muligheder for at opbygge internationalt førende forskningsmiljøer i tilknytning til ESS. De første tre fyrtårnsmiljøer er under etablering, og DanScatt vurderer i den sammenhæng, at disse miljøer vil bidrage til en yderligere vækst i det danske neutronbrugermiljø.

Herudover fremhæver DanScatt, at en fremtidig vækst i brugermiljøet er kritisk afhængig af, at der etableres flere permanente stillinger på neutronområdet. Den hidtidige vækst i neutronbrugermiljøet er således sket blandt Ph.D'er og post docs. For at forankre et forskningsmiljø fagligt og bevillingsmæssigt, samt gøre det attraktivt for yngre forskere er det også DanScatt's vurdering, at der behov for flere fastansatte forskere. Endelig påpeger DanScatt, at den kraftige kapacitetsopbygning nødvendiggør udvidet adgang til måletid på andre faciliteter.

3.6 Brugermiljø omkring EMBO og EMBL

Danmark er medlem af de to forskningsorganisationer "European Molecular Biology Organisation" (EMBO) og "European Molecular Biology Laboratory" (EMBL), der er nogle af verdens førende forskningsinstitutioner på det molekylærbiologiske område. Begge organisationer har hovedsæde i Heidelberg, Tyskland, og har til formål *at bedrive verdensledende molekylærbiologisk forskning samt udvikle de molekylærbiologiske forskningsmiljøer i de 27 medlemslande 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 mindste af de to organisationer, med et årligt budget på ca. 21 mio. €, og anvender hovedparten af sine midler til forskellige fellowships og stipendier, der uddeles til lovende (primært yngre) forskere samt et akademi af omkring 1800 international ledende forskere i molekylærbiologiske). EMBL er med et årligt budget på omkring 250 mio. € en langt større organisation end EMBO, og spænder også over en bred vifte af forskellige aktivitetsområder:

- Udføre fundamental molekylærbiologi med gruppelederbaseret forskning
- Udvikle metoder på det molekylærbiologiske område
- Tilvejebringe forskningsfaciliteter og services til europæiske forskere
- Undervisning og træning af 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. De vigtigste anvendelsesformer er opsummeret nedenstående tabel.

Tabel 3.22: Oversigt over de vigtigste former for anvendelse af EMBL og EMBO

Organisation	Mål for organisation	Vigtigste anvendelsesform for danske forskere
EMBO	1. Netværk mellem førende forskere og fokus på excellente forskere	Medlem af EMBO's netværk
	2. Støtte til lovende unge forskeres karriereudvikling	Brug af EMBO Fellowships Deltagelse i kurser og workshops
EMBL	1. Udføre fundamental molekylærbiologisk forskning og udvikle nye forskningsmetoder	Samarbejder med EMBL's forskere Ansættelse på EMBL Uddannelse på EMBL (stipendier)
	2. Tilvejebringe og tilgængeliggøre forskningsfaciliteter og services til europæiske forskere	Anvendelse af EMBL's core facilities Anvendelse af EMBLs (EBI) databaser og forskningsværkstøjer Anvendelse af strukturbioologiske infrastrukturer på ESRF, ILL og DESY
	3. Uddannelse og træning af forskere	Brug af EMBLs kurser og konferencer Deltagelse i udvekslingsophold

Afgrænsning af det danske brugermiljø

Den danske anvendelse af EMBO/EMBL's forskellige tilbud og services er meget forskelligartet. Både fordi anvendelsen er spredt ud på en lang række aktiviteter, men også fordi omfanget af anvendelsen er meget varierende mellem de forskellige aktiviteter. Desuden er viden om EMBL begrænset, hvorfor brugen kan være ukendt for den enkelte forsker. Det er derfor vanskeligt at afgrænse det danske EMBL-brugermiljø til en enkelt gruppe af forskere, der i særlig grad benytter EMBL's og EMBO's forskellige udbud.

Der er således omkring 50.000 unikke danske brugere af EMBL's databaser/værktøjer, der tilbydes gennem den særlige afdeling af EMBL der ligger i UK (EMBL-EBI). Og selv hvis man tager højde for, at flere forskere er dobbeltregistreret i denne opgørelse, så må det antages, at stort set samtlige forskere inden for Life Science bruger denne EMBL-ydelse. Spørgsmålet er, om en så bred definition giver mening i forhold til afgrænsning af EMBL's danske brugermiljø. I det følgende anvendes der derfor en mere "funktionel" afgrænsning af EMBLs brugermiljø, som alene omfatter de forskere, som har et aktivt samspil med EMBL. Det vil sige forskere, som har samarbejdet med EMBL-organisationens forskere og/eller, som har benyttet nogle af de "ikke-online" services og tilbud, som EMBL tilbyder. Afgrænsningen skal dog på ingen måde nedtone vigtigheden af EMBL-EBI, der udgør et væsentligt bidrag til dansk forskning i både akademiske og private forskningsmiljøer.

Størrelse og fordeling af brugermiljø på universiteterne

Der findes ingen opgørelser, som præcis afgrænser og beskriver den danske anvendelse af EMBO/EMBL. En særlig EMBL-arbejdsgruppe har derfor udarbejdet en analyse af den danske anvendelse af EMBO/EMBL. Analysen er baseret på en række statistiske opgørelser fra EMBO/EMBL samt en større spørgeskemaundersøgelsen af danske forskeres anvendelse af EMBO/EMBL (analysen er tilgængelig på UFM's hjemmeside).

Et forsigtigt skøn – baseret på en sammenligning af spørgeskemaets besvarelser med EMBL's statistiske opgørelse – er, at det danske EMBL-brugermiljø omfatter 600-750 forskere (se bilag 1 for mere detaljeret beskrivelse af opgørelsesmetode). Der er tale om et forsigtigt skøn, som skal behandles med en vis varsomhed.

Som det fremgår af tabel 3.23, er KU det universitet, som ud fra spørgeskemaet har ansat den største andel af EMBO/EMBL's brugermiljø (58 pct.). Herefter følger AU, der står for ca. 25 pct. af brugermiljøet, mens henholdsvis 8 pct. og 7 pct. af EMBO/EMBL-brugere findes på SDU og DTU. Herudover tegner RUC, AAU og SSI sig hver for 1 pct. af brugermiljøet. Det skal dog understreges, at denne fordeling af brugermiljøet er behæftet med en vis usikkerhed, da den alene bygger på spørgeskemaundersøgelsens besvarelser. Det skal endvidere også bemærkes, at brugere uden for universitetsmiljøerne ikke har deltaget i undersøgelsen, hvorfor dansk erhvervsliv således ikke er repræsenteret.

Tabel 3.23: Procentvis fordeling af EMBO/EMBLs brugermiljø på institutioner

DTU	KU	RUC	SSI*	SDU	AAU	AU	I alt
7%	58%	1%	1%	8%	1%	25%	100%

Anm: Baseret på 314 besvarelser, som har angivet at de har anvendt en eller flere af de services/tilbud som EMBO/EMBL tilbyder/udbyder. * Statens Serum Institut

Kilde: Styrelsen for Forskning og Uddannelse EMBL-spørgeskemaundersøgelse, 2020

Omkring 39 pct. af det danske brugermiljø er ansat i faste forskerstillinger, primært som lektorer og professorer. Den resterende andel af brugermiljøet er ansat i tidsbegrænsede stillinger som Ph.D.-studerende, Postdocs eller adjunkter (i alt 61 pct. af brugermiljøet). Gruppen af Ph.D.-studerende udgør 18 pct. af brugermiljøet, mens Postdocs og adjunkter udgør 39 pct. af brugermiljøet. Herudover er der en mindre gruppe af forskere, som er ansat i andre videnskabelige stillinger (primært som videnskabeligt medarbejdere).

Tabel 3.23: Procentvis fordeling af EMBO/EMBLs brugermiljø på stillingskategori

Stillingskategori	Pct.
Fastansat forskere (lektor/professor)	39
Postdocs og adjunkter	39
Ph.D.-studerende	18
Andet	4
I alt	100

Anm: Baseret på 314 besvarelser i spørgeskemaundersøgelse, som har angivet at de har anvendt en eller flere af de services/tilbud som EMBO/EMBL tilbyder/udbyder. Kategorien andet omfatter forskellige former for andet videnskabeligt personale.

Kilde: Styrelsen for Forskning og Uddannelse EMBL-spørgeskemaundersøgelse, 2020

Videnskabelig anvendelse af EMBO/EMBL

Danske forskere udnytter en bred vifte af de forskellige tilbud og services, som EMBO/EMBL tilbyder medlemslandenes forskere. EMBL-spørgeskemaundersøgelsen peger på, at det største anvendelsesområde er de kurser og konferencer, som EMBL løbende afholder. Det drejer sig typisk om kurser med en kortere varighed, og omfatter alt lige fra specialiserede PhD-kurser til større symposier. Det fremgår således af tabel 3.24, at ca. 2/3 af det danske brugermiljø i løbet af de seneste fem år har benyttet et eller flere af EMBL's kurser og konferencer (i alt 65 pct. af brugermiljøet).

En anden vigtig form for samspil med EMBL sker gennem forskningssamarbejder mellem danske forskere og forskere på EMBL. Ca. 1/3 af brugermiljøet har i løbet af de seneste fem år deltaget i et forskningssamarbejde med EMBL (34 pct. af brugermiljøet). EMBL har angivet, at disse forskningssamarbejder har resulteret i 112 sampublicerede artikler mellem danske forskere og EMBL-forskere (2014-18). Det svarer til omkring 3,5 pct. af alle de publikationer, som EMBL udgav i perioden. Der er tale om et betydeligt større antal artikler, end man kunne forvente på baggrund af størrelsen af det danske bidrag til EMBL (Danmark bidrager med 1,7 pct. af medlemslandenes bidrag til EMBL). De sampublicerede artikler er samtidig kendetegnet ved et generelt højt forskningsfagligt niveau. En bibliometrisk analyse af artiklerne viser således, at de har en field-indikator på

ca. 12, hvilket er betydeligt større, end det er tilfældet for danske forskningsartikler generelt på Life Science området.

Ud over forskningssamarbejder og kurser er der omkring 1/8 af brugermiljøet, der har modtaget EMBO's fellowships (13 pct. af brugermiljøet), er brugere af EMBL's 'Core Facilities' (13 pct. af brugermiljøet) eller som har anvendt EMBL's instrumenter på ESRF, ILL og DESY (14 pct. af brugermiljøet). Endelig er der henholdsvis 3 pct. og 2 pct. af brugermiljøet, der har modtaget et af EMBL's stipendier (primært PhD, men også EIPOD postdoc), eller har været ansat på EMBL.

Tabel 3.24: Procentvis fordeling af "funktionelle" brugermiljø ift. anvendelse af EMBO/EMBL's services og tilbud *

EMBO Fellowships	13%
EMBL stipendier	3%
EMBL kurser og konferencer	65%
EMBL's 'Core Facilities'	13%
EMBL's instruments på ESRF, ILL og DESY	14%
Samarbejde med forskere fra EMBL	34%
Tidligere ansættelse på EMBL	2%

Anm: Baseret på 314 besvarelser i spørgeskemaundersøgelse, som har angivet at de har anvendt en eller flere af de services/tilbud som EMBO/EMBL tilbyder/udbyder.

Kilde: Styrelsen for Forskning og Uddannelse EMBL-spørgeskemaundersøgelse, 2020

Potentialer og barrierer for udvidelse af brugermiljø

Der findes ingen systematiske opgørelser eller vurderinger af, hvordan og i hvilket omfang det er muligt at udvide den danske anvendelse af EMBO/EMBL. Analysen, som EMBL-arbejdsgruppen har udført, illustrerer det store udbytte, som danske forskere har af samarbejdet med EMBL. Således viser analysen bl.a., at der er etableret et betydningsfuldt forskningssamarbejde mellem EMBL og danske forskere, som både har et betydeligt omfang, men som også er præget af et højt forskningsfagligt niveau. Omfanget og karakteren af dette samarbejde indikerer, at dansk forskning er attraktive forskningssamarbejder med EMBL, og at danske forskere er gode til at "tappe" ind i EMBL-organisationen og drage nytte af den viden og de kompetencer, som er opbygget på EMBL. Danske forskere har ligeledes en stærk udnyttelse af EMBL's strukturbiologiske outstation i Grenoble og Hamborg. Det gælder ikke mindst anvendelse af EMBL's instrumenter på DESY i Hamborg, hvor danske forskere er en af de største samlede brugergrupper. Herudover har danske forskere også været gode til at benytte de kursustilbud som EMBL stiller til rådighed. Det er vurderingen, at der også i fremtiden er fokus på at danske forskere udnytter ovenstående services/tilbud. Det er imidlertid usikkert, om det er muligt at øge anvendelsen yderligere. Det bør også nævnes, at den danske afdeling (DANDRITE, neuroscience) af det nordiske EMBL partnerskab for molekylær medicin har etableret stærke forbindelser til EMBL miljøet. DANDRITE er støttet af en dansk fond og huset af Aarhus Universitet.

Der findes imidlertid en række aktivitetsområder, hvor danske forskere har haft mindre succes, og hvor der derfor er et betydeligt potentiale for at udvide den danske anvendelse. Det gælder i særlig grad stipendier/fellowships fra EMBO/EMBL. Her viser EMBL-

analysen, at danske forskere ikke har været lige så succesfulde, som en række af de øvrige EMBO/EMBL-medlemslande, i forhold til at udnytte de muligheder, der er for at få tildelt det store antal stipendier/fellowships, som de to organisationer hvert år uddeler. Herudover er forholdsvis få danske forskere ansat på EMBL. Det er på den baggrund vurderingen, at der er et betydeligt potentiale for at øge den danske anvendelse på disse områder.

EMBL-arbejdsgruppens analyse havde også fokus på at undersøge, hvorfor danske forskere ikke havde benyttet EMBO/EMBL's tilbud og services, samt hvad der skal til for at øge den danske anvendelse af disse services/tilbud. Og selv om der selvfølgelig er forskelle mellem de forskellige aktivitetsområder, så viste analysen, at især manglende viden om EMBO/EMBL har stor betydning for, at forskerne ikke benytter sig af EMBO/EMBL's forskellige tilbud og services. Eksempelvis er det omkring 80 pct. af de adspurgte forskere, der er enige eller meget enige i, at mere viden om EMBO/EMBL's stipendieprogrammer/fellowships vil øge den danske anvendelse af disse. En øget dansk anvendelse af EMBO/EMBL er derfor afhængig af, at der igangsættes en øget informationsindsats om de to organisationer i samtlige af de molekylærbiologiske forskningsmiljøer.

3.7 Brugermiljø omkring 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 er en videreudvikling af den teknologi, som findes på synkrotronfaciliteterne. Men XFEL frembringer et beam, der har en ekstrem høj brillans i forhold til de nuværende synkrotronfaciliteter, hvilket betyder, at der reelt er tale om en helt ny type karakteriseringsinstrument, og som muliggør forsøg, som er radikalt anderledes, end hvad der kan udføres på de eksisterende synkrotronfaciliteter. Herudover er EuXFEL kendetegnet ved at frembringe ultrakorte pulser, som gør det muligt at måle ultrahurtige processer. Det betyder, at EuXFEL bruges til at undersøge struktur og dynamik af kemiske processer, katalytiske systemer, nanomaterialer, væsker og opløsninger, komplekse bløde og hårde materialer, kvantesystemer, såvel som statisk struktur og kinetik i bio-systemer, herunder også eksempelvis membranproteiner.

Der findes i dag ca. 5 XFEL's, som kan levere hård røntgenstråling. Heraf er EuXFEL den kraftigste og mest avancerede. Selv om EuXFEL påbegyndte driften i 2017, er faciliteten stadig i en opstartsfasen. Det betyder, at i takt med at faciliteten bliver fuld operationel, vil den eksperimentelle tid, der er til rådighed for medlemslandenes forskere, blive tredoblet.

EuXFEL er en såkaldt brugerfacilitet. Det betyder, at European XFEL er ansvarlig for at drive i alt 7 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. På den baggrund er det kun de bedste forslag, der får tildelt måletid på EuXFEL. 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 teknikens kompleksitet, at det typiske eksperiment involverer markant flere brugere, end tilsvarende synkrotroneksperimenter. Et typisk eksperiment gennemføres således ofte af et (ofte internationalt) konsortium af forskergrupper med 10-60 deltagere, fra 2-7 universitetsgrupper.

Afgrænsning af det danske brugermiljø

Det danske brugermiljø omkring EuXFEL omfatter naturligvis de forskere, der benytter EuXFEL i forbindelse med deres eksperimentelle forskningsarbejde. Der er dog flere forskningsgrupper, der også benytter andre XFEL's (ikke mindst LCLS i USA). Derfor vil EuXFEL's brugermiljø i det følgende omfatte alle de forskere, der benytter røntgen-laserfaciliteter i deres eksperimentelle arbejde. Brugermiljøet omfatter også de forskere, som arbejder med at udvikle de teknikker og metoder, som anvendes på de forskellige XFEL's samt de forskere, der bidrager til de eksperimentelle arbejde gennem forberedelse af samples og den efterfølgende databehandling.

Størrelse og fordeling af brugermiljø på universiteterne

EuXFEL opgør løbende, hvor meget eksperimenteltid de enkelte lande får tildelt. Det fremgår af nedenstående tabel, at danske forskere fra 2017-2019 har fået tildelt eksperimenteltid svarende 3,0 pct. af den samlede eksperimentelle tid på EuXFEL i denne periode. Den danske anvendelse er væsentlig højere end den forventede danske anvendelse. Det danske bidrag til EuXFEL udgør således ca. 1 pct. af de samlede driftsomkostninger. Det er dog forventningen, at den danske anvendelse af EuXFEL på sigt vil matche det danske bidrag.

Tabel 3.25: Dansk andel af tildelt eksperimentel tid på EuXFEL i perioden 2017-2019

Uddelingsrunde	Pct.
Run 1-2 (2017-2018)	5,4
Run 3 (2018-2019)	2,8
Run 4 (2019)	1,8
Run 1-4 (2017-2019)	3,0

Anm.: Fordeling af eksperimentel tid er udregnet af EuXFEL 2020. Udregning tager afsæt i EuXFEL's 'policy for scientific use'.

Kilde: EuXFEL, notat om fordeling af eksperimentel anvendelse af EuXFEL, 2020

Det bemærkes, at den danske andel af den eksperimentelle tid på EuXFEL har været for nedadgående over tid. I de to første "uddelingsrunder" (2017 og 2018) fik danske forskere tildelt, hvad der svarede til 5,4 pct. af den eksperimentelle tid. Den danske andel var ved seneste uddelingsrunde (2. halvår 2019) faldet til 1,8 pct. Dette fald skyldes ikke en faldende anvendelse af EuXFEL, men et øget udbud af eksperimentel tid. Således har danske forskere ved hver uddelingsrunde deltaget i 1-2 eksperimenter på EuXFEL.

EuXFEL's brugerstatistik giver imidlertid ikke mulighed for at beskrive, hvor mange forskere, der har deltaget i disse eksperimenter. Herudover medtager opgørelsen ligeledes ikke de forskere, der har benyttet andre XFEL's. For at få et mere præcist billede af det danske EuXFEL-brugermiljø, har følgeforskningscentret DanScatt kortlagt størrelse og omfang af det danske røntgen-laser brugermiljøer.

Brugermiljøet afgrænses i DanScatt's opgørelse til de forskere, der i løbet af perioden 2015-2019 har publiceret to eller flere artikler på baggrund af røntgen-laserteknologien. Som det fremgår af nedenstående tabel, består det samlede danske røntgen-laserbrugermiljø, opgjort på den måde, af 16 forskere, der alle kommer fra DTU.

Tabel 3.26: Fordeling af røntgen-laserbrugermiljø

Institution	Antal
DTU	16
Andre universiteter	0
I alt	16

Anm.: Omfatter forskere der har publiceret to eller flere artikler med afsæt i røntgen-laserspredning i perioden 2015-19

Kilde: DanScatt, Publikationsanalyse af spredningsmiljøer, 2020

DanScatt påpeger, at der i løbet af de seneste par år er sket en betydelig vækst i anvendelsen af røntgen-laserbrugermiljøet, som ikke er afspejlet i ovenstående opgørelse. Eksempelvis viser DanScatt's opgørelser over uddelte rejsestipendier, at der i 2018 var

21 forskere fra både AU og DTU, der havde gennemført eksperimenter på en XFEL. Dette tal var steget til 27 i 2019. Disse eksperimenter har endnu ikke resulteret i publiceringer, hvorfor de ikke indgår i ovenstående opgørelse. Det er dog DanScatt's vurdering, at brugermiljøet i de kommende år vil vokse, når den aktuelle eksperimentelle aktivitet bliver omsat til udgivelse af artikler.

Som det fremgår af nedenstående tabel, er ca. ¼ af det danske brugermiljø ansat som lektorer og professorer (i alt 4 forskere). Den resterende andel af brugermiljøet er ansat i tidsbegrænsede stillinger som Ph.D.-studerende, Postdocs eller adjunkter (12 forskere). Gruppen af Post Docs og adjunkter er den største enkelt gruppe og udgør lidt mindre end halvdelen af det samlede brugermiljø (i alt 7 forskere). Gruppen af Ph.D.-studerende udgør omkring 1/3 af brugermiljøet (omfatter 5 forskere).

Ud over de ansatte forskere peger DanScatt på, at tre studerende på master eller bachelorniveau i 2019 har været tilknyttet brugermiljøet, og som har deltaget i gennemførslen af det eksperimentelle arbejde, mens yderligere fire studerende har deltaget i arbejdet med dataanalyse.

Tabel 3.27: Fordeling af EuXFEL-brugermiljø på stillingskategori

Stillingskategori	Antal	Pct.
Lektorer og professorer (fastansatte)	4	25
Postdocs og adjunkter	7	44
Ph.D.-studerende	5	31
I alt	16	100

Anm.: Omfatter forskere der har publiceret to eller flere artikler med afsæt i røntgen-laserteknologi.
Kilde: DanScatt, Publikationsanalyse af spredningsmiljøer, 2020

Videnskabelig anvendelse af EuXFEL

Der findes ikke opgørelser over, hvordan det danske brugermiljø anvender EuXFEL. De danske forskere er dog tilknyttet ganske få forskergrupper, der befinder sig inden for fagområderne kemi og fysik, og som bl.a. har haft fokus på udvikling af energimaterialer.

Anvendelse af andre faciliteter

EuXFEL er ikke den eneste røntgen-laserfacilitet, som danske forskere benytter. Tværtimod er der en tradition for, at danske røntgen-laserbrugermiljø anvender røntgen-laserfaciliteter i både Europa, USA og Japan. De vigtigste faciliteter er beskrevet i det nedenstående.

Tekstboks: Oversigt over de vigtigste røntgen-laserfaciliteter (ud over EuXFEL) som benyttes af danske forskere

LCLS, Linear Coherent Light source, er verdens første røntgen-laserfacilitet. Danske brugere var med til de første hård eksperimenter på LCLS i 2010 og har siden deltaget i mere end 15 beamtider ved LCLS. LCLS er i 2020 genåbnet som LCLS II, hvor der er tilbygget en superledende LINAC (som på EuXFEL). Samtidig er den gamle kobber-baserede LINAC blevet opgraderet.

SACLA er lokaliseret ved Spring-8, Harima, Japan, og har været i drift siden 2011. Danske brugere har været engageret ved SACLA siden 2012 og har siden deltaget i mere end 9 beamtider, primært inden for tidsopløste studier molekylære reaktioner. SACLA tilbyder adgang efter peer review.

PALFEL, Pohang Accelerator Laboratory X-ray Free Electron Laser i Korea, startede i drift i 2017. En dansk brugergruppe har deltaget i 1 eksperiment ved PALFEL.

Det fremgår af nedenstående tabel, at 2/3 af de danskerejsestipendier, som DanScatt har uddelt i 2018, er uddelt til forskeres deltagelse i eksperimenter på EuXFEL. De øvrige stipendier gives til forskeres rejser i forbindelse med eksperimenter på andre internationale røntgen-laserfaciliteter. Det danske brugermiljø anvender i særlig grad den amerikanske facilitet LCLS i San Fransisco. LCLS påbegyndte sin drift allerede i 2005. Og da der ikke fandtes en tilsvarende kilde i Europa, begyndte mange europæiske forskere, herunder ikke mindst danske, at gennemføre deres eksperimenter på LCLS. Samarbejdet med de amerikanske røntgen-laserbrugere er fortsat, efter at der blev etableret flere faciliteter i Europa (herunder også EuXFEL). Og der er stadig flere danske forskere, der benytter LCLS. Endvidere er enkelte danske forskere også begyndt at benytte den japanske XFEL (Sacla)

Tabel 3.28: Antal rejsestipendier som DANSCATT har tildelt danske forskeres i forbindelse med gennemførelse af eksperimenter på røntgenlaser faciliteter i 2018 – fordelt på facilitet

Facilitet	Antal	Pct.
EuXFEL (D)	14	67
Sacla (JP)	1	5
SCLS (US)	6	29
I alt	21	101

Anm.: Omfatter de rejsestipendier, som DanScatt har uddelt i forbindelse med deltagelse i eksperimenter på XFELs i 2018. Procentopgørelse summer ikke til 100 pct. På grund af afrunding.

Kilde: DanScatt, Opgørelse af rejsestipendier 2018

DanScatt påpeger, at når danske forskere også anvender andre faciliteter end EUXFEL, så er det ikke et udtryk for manglende videnskabelig interesse for EUXFEL, men at faciliteten stadig kun udbyder en begrænset mængde eksperimentel tid til forskerne. EuXFEL er således stadig under "indkøring" og kan derfor ikke levere al den "beam-tid", som er det endelige mål for faciliteten. Den tilgængelige tid vil efter planen blive tredoblet i løbet af de kommende 5-7 år. Det betyder, at flere danske forskere gradvist vil få mulighed for at anvende EuXFEL.

Potentialer og barrierer for udvidelse af brugermiljø

XFEL-teknologien er stadig forholdsvis ny. Eksperimenter ved XFEL er således betydeligt mere komplekse end f.eks. eksperimenter ved synkrotroner. Dette skyldes ikke mindst, at både metoder, prøvehåndtering, instrumenter og dataanalyse i mange tilfælde skal opfindes til formålet, idet mange eksperimenter benytter netop de aspekter ved XFEL, som ikke har været mulige at realisere ved andre typer faciliteter, og hvor der følgelig ikke findes etablerede procedurer. Dette er en enestående mulighed for forskere, men betyder også, at eksperimenter ved XFEL kræver markant flere ressourcer sammenlignet med eksperimenter på en synkrotronfacilitet. Det er således ikke unormalt, at 10-60 forskere fra 2-5 grupper deltager i et XFEL-eksperiment for at klare datahåndtering, forberedelse af prøver og koordinering af selve målingerne. Herudover produceres der ofte 20-50 TB data for hvert eksperiment. Det stiller store krav til datainfrastrukturer hos grupperne og til det efterfølgende arbejde med analyse af data. Eksperimenternes store kompleksitet har samtidig betydet, at tiden fra eksperiment til publikation i gennemsnit har været omkring 3 år i de første 6 år af driftsfasen af LCLS. Ovenstående betyder, at der stadig er forholdsvis få danske forskere, der benytter EuXFEL eller de øvrige røntgenlasersfaciliteter.

Der er dog DanScatt's vurdering, at teknologien rummer så store videnskabelige potentialer, at der i de kommende år vil være basis for en betydelig vækst i det danske brugermiljø. DanScatt påpeger således, at der stadig er en lang række områder, hvor danske forskere endnu ikke benytter røntgen-laserteknologien, men hvor der internationalt set findes mange brugere. Det drejer sig bl.a. om følgende områder: Strukturbiologi, atom- og molekylfysik, kvantesystemer, materialer under ekstreme forhold, og ikke-lineær røntgenfysik. Det er i den sammenhæng DanScatt's vurdering, at der på disse områder er et stort potentiale for at udvikle det danske brugermiljø. Det gælder ikke mindst inden for strukturbiologi, hvor der er stærke grupperinger, som allerede bruger synkrotroner og (i enkelte tilfælde) XFEL. Samtidig anfører DanScatt, at en række tiltag på EuXFEL har fokus udvikling af en række nye imaging teknikker, hvilket er interessant for en del stærke danske forskergrupper. Hertil kommer, at der i de seneste par år har været givet flere forskningsbevillinger, der helt eller delvist har fokus på at udnytte røntgen-laserteknologien.

Det er endvidere DanScatt's vurdering, at hvis de XFEL-baserede teknikker skal udbredes til en større kreds af danske grupper, er der behov for at gøre forsøg og dataanalyse lettere tilgængelige. Det betyder bl.a., at der er behov for uddannelse samt etablering af netværk og samarbejder, hvor nye brugergrupper vil kunne få hjælp til at gennemføre deres forsøg fra mere erfarne brugere. EuXFEL's egen undersøgelse af brugermiljøerne peger på, at en koordineret indsats med hensyn til datahåndtering er et vigtigt afgørende element i opbygningen af succesfulde brugergrupper. DanScatt tilkendegiver i deres undersøgelse, at de i den kommende årrække vil have fokus på disse områder, men samtidig at den nødvendige indsats, herunder særlige aktiviteter i forbindelse med datahåndtering, uddannelsesaktiviteter og forskellige brobygningsaktiviteter ligger ud over DanScatt's nuværende budgetmæssige rammer.

Endelig påpeger DanScatt, at udvidelsen af det danske brugermiljø er begrænset af det danske bidrag til faciliteten. Danmark bidrager således med maksimum 1 pct. af EuXFEL's driftsbudget. Sammenlignet med f.eks. ESRF og ILL er der langt færre beamlinjer på EuXFEL, hvilket gør, at 1 pct. svarer til ganske få måletider per år. Det betyder, at når man i det kommende år overgår til en mere permanent driftsaftale, hvor adgangen til faciliteten knyttes sammen med landenes driftsbidrag, vil danske forskeres adgang til EuXFEL blive begrænset. Det er på den baggrund DanScatt's vurdering, at den nuværende begrænsning på 1 pct. bør ophæves for at muliggøre en bæredygtig udvidelse af det danske brugermiljø over de næste 4-6 år.

Bilag 1: Oversigt over opgørelsesmetoder anvendt i baggrundsanalyserne

De videnskabelige brugermiljøer har selv valgt, hvordan baggrundsanalysen skulle gennemføres. Det betyder (som det fremgår af nedenstående tabel), at de videnskabelige miljøer har benyttet flere forskellige måder at opgøre størrelsen og sammensætningen af brugermiljøerne omkring de otte forskningsfaciliteter. Nedenfor beskrives for de forskellige faciliteter, hvordan de videnskabelige brugermiljøer er blevet kortlagt.

Tabel 1: Vigtigste metoder og datakilder der er anvendt i de otte baggrundsanalyser

	Hvem har udarbejdet baggrundsanalysen	Vigtigste datakilder anvendt ifb. med opgørelse af brugermiljøets størrelse og sammensætning
CERN	Følgeforskningscentret NICE	- Brugerstatistik fra CERN. - Rundspørge blandt alle relevante danske brugergrupper i eksperiment og teori.
ESO	Følgeforskningscentret IDA	- Brugerstatistik fra ESO - Spørgeskemaundersøgelse rundsendt til hele det astrofysiske miljø i Danmark
ILL/ESS	Følgeforskningscentret DanScatt	- Brugerstatistik fra ILL - Publiceringsanalyse ift. neutronspreddning - Opgørelse af rejsestipendier
ESRF	Følgeforskningscentret DanScatt	- Brugerstatistik fra ESRF - Publiceringsanalyse ift. synkrotronspreddning - Opgørelse af rejsestipendier
XFEL	Følgeforskningscentret DanScatt	- Brugerstatistik fra XFEL - Publiceringsanalyse ift. røntgen/laserspreddning - Opgørelse af rejsestipendier
ITER	DTU Fysik	- DTU fysik har gennemført optælling af forskningsmiljø
EMBO/EMBL	EMBL-arbejdsgruppe	- Statistisk opgørelse fra EMBO/EMBL - Spørgeskemaundersøgelse blandt potentielle EMBO/EMBL-brugere

CERN

Baggrundsanalysen om CERN's brugermiljø er gennemført af instrumentcentret NICE i løbet af efteråret 2019. Analysen af CERN's brugermiljø er baseret på en rundspørge blandt alle danske relevante brugergrupper. I denne rundspørge blev det opgjort, hvor mange brugere der fandtes på de forskellige universiteter, som anvendte CERN i deres

videnskabelige arbejde, hvilke stillinger de besidder samt hvordan forskerne anvender CERN (på baggrund af en række hovedkategorier opstillet af NICE). Efterfølgende har NICE samlet disse opgørelser og udarbejdet en samlet baggrundsrapport, der beskriver såvel CERN's danske brugermiljø, som hvordan brugermiljøet anvender CERN i deres videnskabelige arbejde.

NICE har afgrænset brugermiljøet som alle forskere, der direkte eller indirekte anvender CERN i forbindelse med deres forskning. Dermed omfatter brugermiljøet såvel de forskere, der deltager i det eksperimentelle arbejde på CERN som den meget betydelige gruppe af teoretikere, der anvender data fra CERN i deres forskning. Herudover omfatter brugermiljøet også de forskere og teknikere, der direkte understøtter forskning på CERN gennem bl.a. databehandling og udvikling af komponenter til de videnskabelige forsøg på CERN.

ITER

Kortlægningen af ITER-brugermiljøer er udarbejdet af DTU Fysik, som frem til september 2020 har været eneste danske partner i EUROfusion, og som derfor også har været centrum for fusionsforskningen i Danmark. Kortlægning er blev gennemført i første kvartal 2020 i form af en rundspørge til forskere i fusionsmiljøet på DTU. På den baggrund udarbejdede DTU Fysik en samlet baggrundsrapport omkring ITER's brugermiljø.

Brugermiljøet omfatter alle forskere og teknikere, der arbejder med fusionsforskning eller som bidrager til udviklingen af ITER. Dermed omfatter brugermiljøet såvel forskere inden for plasmafysik som forskere/teknikere, der udvikler tekniske løsninger/komponenter/materialer til ITER anlægget.

ESO

Følgeforskningscentret IDA har udarbejdet baggrundsrapport om det astrofysiske brugermiljø i Danmark. Kortlægningen er baseret på en spørgeskemaundersøgelse, som har været udsendt til alle astrofysikere på danske universiteter af IDA's bestyrelse. Det er IDA's vurdering, at stort set alle "respondenter" har besvaret spørgeskemaundersøgelsen, hvorfor undersøgelsen vurderes at omfatte langt hovedparten af det astrofysiske brugermiljø i Danmark. Undersøgelsen blev færdiggjort i andet kvartal 2020. Spørgeskemaundersøgelsen havde dels fokus på brugermiljøets nuværende anvendelse af forskellige observatorier og teleskoper. Dels på forskernes forventninger til deres fremtidige anvendelse af observatorier og teleskoper. UFS har på baggrund af resultaterne fra spørgeskemaundersøgelsen (og i samarbejde med IDA), udarbejdet en beskrivelse af det astrofysiske brugermiljø, der indgår i denne kortlægningsrapport.

ESRF, ILL, ESS og EuXFEL

Baggrundsrapporterne omkring materialeforskningsfaciliteterne ESRF, ILL (ESS) og EuXFEL er udarbejdet af instrumentcentret DanScatt. Undersøgelsen blev udarbejdet i andet kvartal 2020. Kortlægningen er baseret på to datakilder:

- DanScatt's uddeling af rejsestipendier. DanScatt bruger en stor del af sin bevilling til at uddele rejsestipendier til forskere, der udfører eksperimentelt arbejde på synkrotron, neutron eller røntgenlaserfaciliteter. DanScatt vurderer, at 95-98 pct. af alle forskere, der gennemfører eksperimentelt arbejde på disse faciliteter modtager et rejsestipendie fra DanScatt. Dermed giver den årlige opgørelse over rejsestipendier en forholdsvis præcist billede af, hvem der i et givent år har udført eksperimentelt arbejde på en synkrotron-, neutron- eller røntgenlaserfacilitet.

- Bibliometrisk analyse af brugermiljøet. I forbindelse med udarbejdelse af den nationale ESS-strategi, blev der udarbejdet en metode til at opgøre brugermiljøet, som ikke alene medtager de eksperimentelle brugere af neutronfaciliteterne, men som også medtager de forskere, der udvikler teknikker og metoder på neutronområdet. Det videnskabelige miljø besluttede på den baggrund at afdække neutronbrugermiljøet til de forskere, der i løbet af en femårig periode havde udgivet to eller flere artikler inden for neutronspretningsområdet. På den måde fik man fraseret forskere, som kun havde brugt neutronspretning en enkelt gang, samtidig med at man fik medtaget de forskere, der beskæftiger sig med metodeudvikling, sample-preparation og databehandling. Der blev på den baggrund gennemført en bibliometrisk analyse, hvor alle publicerede "neutronartikler" blev manuelt gennemgået for at identificere, om der var tale om videnskabeligt arbejde i tilknytning neutronspretning, eller om der eksempelvis var tale om artikler med fokus på partikelfysik, astrofysik etc. Efterfølgende blev metoden udbredt til også at omfatte synkrotronspretning samt røntgen-laserspretning.

Den bibliometriske analyse giver ifølge DanScatt et forholdsvis præcist og robust billede af brugermiljøet inden for henholdsvis neutron-, synkrotron- og røntgen-laserspretning. Det påpeges dog, at brugere først registreres, når de har publiceret to artikler. Derfor går der typisk to til tre år før nye brugere vil indgå i opgørelserne. Der er derfor en betydelig "time-lack" i opgørelserne, hvilket bl.a. har betydning, når et brugermiljø er under opbygning – som det er tilfældet for såvel neutron- som røntgen-laserbrugermiljøet.

Ifølge DanScatt har kortlægningen afgrænset de tre brugermiljøer inden for henholdsvis neutron-, synkrotron- og røntgen-laserspretning til for det første at omfatte forskere, der gennemfører eksperimentelt arbejde på en af de tre typer af forskningsfaciliteter. For det andet omfatter de tre brugermiljøer også forskere, der beskæftiger sig med metodeudvikling inden for en af de tre teknikker, udvikling af instrumenter til relevante forskningsfaciliteter, "sample-preparation" og databehandling.

EMBO/EMBL

Baggrundsanalysen af brugermiljøet for EMBO/EMBL har en noget anden karakter end de øvrige analyser. Det skyldes, at der kun findes et begrænset videngrundlag om den danske anvendelse af de to organisationer. En særlig EMBL-arbejdsgruppe (nedsat af de danske universiteter) har derfor gennemført en omfattende dataindsamling, som ikke bare afdækker størrelsen og omfanget af EMBO/EMBL-brugermiljøet, men som også belyser potentialer og barrierer for at anvende de tilbud og services, som EMBO/EMBL stiller til rådighed for danske forskere.

EMBL-arbejdsgruppens kortlægningsrapport er primært udarbejdet på baggrund af to datakilder:

1. *Statistiske opgørelser fra EMBO og EMBL*. Begge organisationer har udarbejdet forskellige former for "brugerstatistik", der belyser, hvordan Danmark og de øvrige medlemslande benytter de services og tilbud, som de to organisationer stiller til rådighed for medlemslandenes forskere. For EMBO's vedkommende drejer det sig primært om EMBO's årsrapport "Facts and Figures 2019", som indeholder oplysninger om samtlige medlemslandes anvendelse af EMBO's forskellige tilbud. EMBL har udarbejdet et særskilt notat, "EMBL and Denmark 2014-2018", til UFS, som på en række centrale indikatorer beskriver den danske anvendelse af EMBL.

2. *Dansk EMBL-spørgeskemaundersøgelse.* EMBL-arbejdsgruppen har i samarbejdet med UFS gennemført en omfattende spørgeskemaundersøgelse blandt danske forskere, omkring deres anvendelse af EMBO og EMBL. Undersøgelsen havde særligt fokus på udbyttet ved at anvende EMBO/EMBL, som de barrierer og potentialer, forskerne oplever, der er forbundet med at benytte de to organisationers services og tilbud.

Spørgeskemaundersøgelsen blev besvaret af 3100 forskere, heraf var der 612 forskere, der angav, at de inden for de seneste fem år havde anvendt en af EMBO's eller EMBL's forskellige tilbud eller services. Ca. halvdelen af disse forskere havde alene anvendt de databaser og databaseværktøjer, som EMBL stiller til rådighed for alle forskere. Der var dog 305 forskere, der har angivet, at de havde anvendt en af de fysiske tilbud/services, som de to organisationer stiller til rådighed. Dvs. EMBO/EMBL's fellowships/stipendier, forskerstillinger på EMBL, kurser/workshops afholdt af EMBL, forskningssamarbejder med forskere på EMBL, EMBL's "core facilities" samt EMBL's instrumenter på ESRF, ILL og Desy. Det er dette "funktionelle brugermiljø", som i denne kortlægningsrapport afgrænser det danske EMBO/EMBL-brugermiljø.

Som supplement til denne kortlægningsrapport har EMBL-arbejdsgruppen udarbejdet rapporten "Danske forskeres anvendelse af EMBO og EMBL", som giver en mere udførlig analyse af EMBO/EMBL-brugermiljøet, og som anvendes i forbindelse med etableringen af et fremtidigt EMBO/EMBL-følgeforskningscenter.