

# Bilagsrapport

## Danske kompetencer og interesser i bemandet og ubemandet udforskning af rummet

Udarbejdet af Seismonaut for Styrelsen for Forskning og Uddannelse

August 2018

# Indholdsfortegnelse

<b>Introduktion .....</b>	<b>1</b>
<b>Del 1: Danske videnskabelige kompetencer .....</b>	<b>3</b>
1 Niels Bohr Institutet, Københavns Universitet.....	4
2 Aarhus Universitet.....	9
<b>Del 2: Danske instrumentkompetencer .....</b>	<b>13</b>
1 DTU Space .....	15
2 Instrumentcenter for Dansk Astrofysik (IDA).....	18
3 Terma .....	19
4 FORCE Technology .....	20
<b>Del 3: Danske teknologiske kompetencer .....</b>	<b>23</b>
1 AAU Cubesat – Aalborg Universitet.....	24
2 GomSpace .....	26
3 Innovationsfonden .....	27
<b>Del 4: Danske humanfysiologiske kompetencer .....</b>	<b>29</b>
1 Biomedicinsk Institut, Københavns Universitet.....	30
2 Aarhus Universitet, Institut for Biomedicin.....	32
3 Ohmatex .....	34
4 Danish Aerospace Company .....	35

## Introduktion

I denne bilagsrapport præsenteres et udvalg af de danske kompetencer knyttet til bemandet og ubemandet udforskning af rummet. Bilagsrapporten formidler eksempler på de exploration-aktiviteter, som danske aktører har været involveret i, ligesom bilagsrapporten formidler eksempler på resultaterne af disse aktiviteter samt vurderinger af perspektiver og muligheder. Bilagsrapporten fungerer som bilag til hovedrapporten, hvori den samlede analyse er formidlet. Den samlede analyse og kortlægning er gennemført af Seismonaut på vegne af Styrelsen for Forskning og Uddannelse.

Formålet med analysen er at bidrage til baggrunden for politisk stillingtagen til Danmarks fremtidige deltagelse i programmer under det europæiske rumagentur, European Space Agency (ESA), vedr. bemandet og ubemandet udforskning af rummet.

Danmark har været medlem af ESA siden 1975 og det danske engagement i bemandet og ubemandet rumfart har derfor de seneste mange år været forankret i programmer under ESA. Dette omfatter ikke mindst aktiviteter knyttet til den internationale rumstation (ISS), hvor ESA udgør en del af partnerkredsen sammen med det amerikanske rumagentur (NASA), det russiske rumagentur (Roscosmos), det japanske rumagentur (JAXA) og det canadiske rumagentur (CSA). Således har Danmark siden 1988 været aktivt involveret i samarbejde om designet, udviklingen, driften og udnyttelsen af ISS.

ESA har siden 1995 haft en række Exploration-programmer, men fremlagde i december 2014 nye ambitioner om at arbejde aktivt for europæisk tilstedeværelse (bemandet og ubemandet) i rummet.<sup>1</sup> Som et første resultat af ambitionerne er der udarbejdet og igangsat et nyt rammeprogram kaldet ”European Exploration Envelope Programme (E3P)”. Programmets missioner er indtil videre fastlagt for perioden 2017-2019, mens retninger og prioriteringer for den efterfølgende periode skal drøftes på et ministermøde i 2019. Analyserapporten rummer derfor en vurdering af danske aktørers kompetencer og erfaringer ift. de fremtidige aktiviteter i dette rammeprogram.

<sup>1</sup> ESA, 2015: *Exploring Together. ESA Space Exploration Strategy*

## Danmark og ESA

ESA er et mellemstatsligt samarbejdet grundlagt i 1975 med det formål at udvikle og fremme fredelig anvendelse af rumteknologi og rumforskning. ESA koordinerer medlemslandenes finansielle og intellektuelle ressourcer og gør det muligt at gennemføre programmer og aktiviteter af en størrelsesorden, som ingen af medlemslandene ville kunne stå for alene.

Danmark bidrager i dag med 225 mio. kr. årligt til ESAs obligatoriske og frivillige programmer, svarende til 0,8 % af ESA's budget. De obligatoriske programmer omfatter ESA's opsendelsesbase og det grundvidenskabelige program, mens de frivillige programmer primært omfatter bemandet og ubemandet rumfart, jordobservation, teknologiudvikling, telekommunikation, løfteraketter og navigation. Det danske medlemsbidrag er ligeligt fordelt på obligatoriske og frivillige programmer.

Oversigten nedenfor viser hvilke aktører, der er omfattet af kortlægningen.

*Figur 3: Oversigt over omfattede aktører*

- Aalborg Universitet, AAU Cubesat
- Aarhus Universitet, Institut for Biomedicin, Institut for Geoscience og Stellar Astrophysics Centre
- Danish Aerospace Company
- DTU Space
- FORCE Technology
- GomSpace
- Innovationsfonden
- Instrumentcenter for Dansk Astrofysik (IDA)
- Københavns Universitet, Biomedicinsk Institut, Astrofysik og PlanETForskning (Niels Bohr Instituttet), Cosmic Dawn Center (Niels Bohr Instituttet) og DARK Cosmology Center (Niels Bohr Instituttet)
- Ohmatex
- Terma

## “Exploration” og “science”

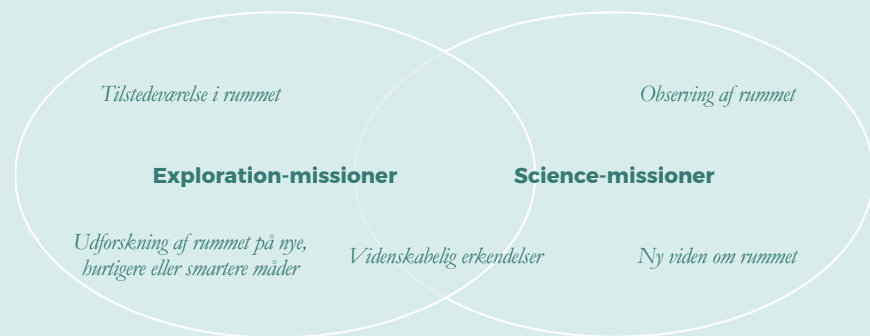
”Exploration” defineres i denne analyse som menneskelig tilstedeværelse i rummet eller forberedelse til denne, dvs. i praksis afgrænset til det nære solsystem. ”Exploration” er således oversat til ”udforskning af rummet”. Exploration-missioner kan være enten bemandede eller ubemandede.

Aktiviteter på den internationale rumstation naturligtvis et omdrejningspunkt for bemandede missioner, men missionerne omfatter også ubemandede missioner til bl.a. Mars og månen.

Bemandede og ubemandede exploration missioner giver altid anledning til nye videnskabelige erkendelser, men missionerne planlægges med det formål at være til stede eller at forberede menneskelig tilstedeværelse ved at udvikle den nødvendige teknologi og ved at undersøge de fysiske forhold.

Heri ligger samtidig forskellen til science-missioner, der udelukkende er drevet af videnskabelige formål, idet disse udelukkende har fokus på at foretage målinger og observationer i og af rummet.

Figur 1: Resultatet af exploration-missioner (drevet af teknolog udvikling) og science-missioner (drevet af videnskab)



Kilde: Seismonaut, 2018

Præsentationen af aktørernes aktiviteter, resultater mv., sker i det følgende inden for fire dele.

1. I del 1 fokuseres på danske aktører med **videnskabelige aktiviteter og kompetencer**. Videnskabelige aktiviteter og kompetencer omfatter i denne sammenhæng involvering i missioner og aktiviteter, hvor formålet er at opnå nye videnskabelige erkendelser gennem udforskning af rummet, herunder gennem bemandede eller ubemandede missioner.
2. I del 2 fokuseres på danske aktører med **instrumentkompetencer**. Videnskabelige instrumenter muliggør udforskning af rummet på nye måder og udvikles til et specifikt formål typisk på forslag fra de videnskabelige miljøer efter indkaldelse af forslag fra de internationale rumagenturer som fx ESA eller NASA. Dertil kommer instrumenter, der er nødvendige for en f.eks. satellit eller rumsondes funktion.
3. I del 3 fokuseres på danske aktører med **teknologiske kompetencer** – dvs. danske aktører som har været/er involveret i udviklingen af ny teknologi i tilknytning til rummissioner. Forskellen på instrumenter og teknologi er, at instrumentet bygges til at tjene ét specifikt formål, mens teknologier typisk indgår som et element i et instrument. Videre gælder det, at teknologier potentielt kan skaleres og kommercialiseres på et bredere marked.
4. I del 4 fokuseres på **danske humanfysiologiske kompetencer**. Som noget helt særligt for bemandede missioner er udvikling af ny viden om humanfysiologi, medicin og sundhed nødvendig for astronauters tilstedeværelse i rummet. Her udgør rumstationen i dag et naturligt omdrejningspunkt.

Disse fire områder kan ikke adskilles entydigt fra hinanden, idet eksempelvis forskning på sundhedsområdet kan give anledning til udvikling af nye teknologier, som igen indgår i udvikling af specifikke instrumenter, der kan give nye videnskabelige erkendelser. Omvendt kan kæden føre den anden vej, hvor forskningsprojekter leder til instrumenter og teknolog udvikling, som muliggør forskning på f.eks. sundhedsområdet.

## Del 1: Danske videnskabelige kompetencer

Det videnskabelige hovedområde omfatter missioner og aktiviteter, hvor formålet er at opnå nye videnskabelige erkendelser gennem udforskning af rummet, herunder gennem bemandede eller ubemandede missioner eller observationer.

Dansk grundforskning indtager en nøgleposition i aktiviteter knyttet til særligt ubemandet udforskning af rummet. Positionen er forankret i dyb forskningsfaglighed og kommer bl.a. til udtryk ved, at danske forskere ofte deltager i store internationale rummissioner i samarbejde med udenlandske forskere og ofte med deltagelse af danske virksomheder.

På det videnskabelige område er Niels Bohr Institutet en helt central figur. Siden Niels Bohr for 100 år siden blev professor i teoretisk fysik har Niels Bohr Institutet indtaget en central placering på verdenskortet for den fysiske forskning. Institutets internationale styrkeposition gælder inden for flere områder, herunder inden for kvantefysikken, men også inden for astronomien, hvor dansk forskning i dag indtager en nøgleposition på den internationale scene.

Den stærke danske position på det videnskabelige område ses også på Aarhus Universitet, hvor den rum-relaterede forskning er forankret i flere centre, herunder bl.a. "Stellar Astrophysics Centre", "Institut for Geoscience" og "Mars Simuleringslaboratoriet".

## 1 Niels Bohr Institutet, Københavns Universitet

Niels Bohr Institutet, som er en del af Københavns Universitet, underviser og forsker i de fysiske fag, herunder i astronomi, biofysik, geofysik, nanofysik og grundlæggende fysik. Institutets forskere er organiseret i en række sektioner og centre, herunder bl.a. "Astrofysik og Planetforskning" (herunder Mars-gruppen), "DARK Cosmology Center", "Cosmic Dawn Center" m.fl.

Forskerne på Niels Bohr Institutet deltager i en række internationale projekter og har adgang til teleskoper og satellitter via bl.a. Danmarks medlemskab af European Southern Observatory (ESO) og European Space Agency (ESA). Institutet har også forskere der samarbejder med NASA.

### 1.1 Aktiviteter

Forskningen på Niels Bohr Institutet spænder over astronomi, geofysik, nanofysik, partikelfysik, kvantefysik og biofysik. Institutets videnskabelige medarbejdere udforsker den fysiske verden fra stoffernes mindste dele (elementarpartiklerne) til stjerner og planeter, gammaglimt og fjerne galakser i Universet. Grundforskningen er baseret på observationer, feltarbejde, eksperimenter i laboratorierne og teoretiske modeller med det formål at forstå grundlæggende love og komplekse sammenhænge i denne verden.

#### **Astrofysik og Planetforskning (herunder Mars-Gruppen)**

Gruppen for Astrofysik og Planetforskning spænder over et bredt spektrum af forskningsområder, herunder udforskning af stjerner og galakser, solsystemets dannelse, Solen, Mars og planeter omkring andre stjerner (kaldet exoplaneter), ligesom gruppen arbejder med udvikling af avancerede instrumenter til udforskning af rummet.



*Søjler af kosmisk støv, "Pillars of creation" (rettigheder tilhører NASA)*

En særskilt del af forskningen på instituttet knytter sig overfladen på Mars. Forskningen er forankret i Mars-gruppen, hvor forskningen fokuserer på mineralsammensætningen af jord, sten og især det luftbårne støv på Mars. En væsentlig del af aktiviteterne udgøres af deltagelsen i eksperimenter på Mars og af aktiviteter i tilknytning til rover-missioner, hvor gruppen bidrager til designet og udviklingen af både eksperimenter og instrumenter. Niels Bohr Institutet indtager i dag en betydelig international forskningsposition på området - en position, som i høj grad også kan henføres til fysikeren og Mars-forskeren Jens Martin Knudsen, som bidrog kraftigt til at sætte Danmark på verdenskortet i det 20. Århundrede.

### **Dark Cosmology Center**

Mørkt stof er den dominerende bestanddel i universet. De synlige himmellegemer som stjerner, planeter og galakser udgør kun 15-20 procent af den samlede masse. Resten er mørkt stof, som ingen ved, hvad er. I Dark Cosmology Center forskes i væsentlige spørgsmål inden for feltet såsom: Hvad er mørkt stof og mørk energi? Hvornår blev stjerner og sorte huller skabt? Hvad ser kosmisk støv? Forskningen drager bl.a. nytte af observationerne fra Hubble Rumteleskopet, som blev opsendt i 1990 og som er resultatet af et samarbejde mellem ESA og NASA. Hubble-teleskopet erstattes af rumteleskopet James Webb, som forskere fra Niels Bohr Institutet og ingeniører fra DTU Space har været med til at bygge. James Webb teleskopet forventes at blive opsendt i 2020 og er blevet til i et partnerskab mellem ESA, NASA og Canadian Space Agency.

### **Cosmic Dawn Center**

Cosmic Dawn Centre er et nyt internationalt grundforskningscenter på Niels Bohr Institutet. I tæt samarbejde med DTU Space, skal centeret afdække hvordan og hvornår de første galakser, stjerner og sorte huller blev dannet. Vi kender endnu ikke svaret på, hvornår og hvordan universet udviklede sig fra komplet mørke til en transparent og stjernebestroet sfære af galakser. Med de to nye superteleskoper - James Webb og Atacama Large (Sub-)Millimeter Array (ALMA) i Chile - bliver det muligt at se direkte ind i den tid, hvor de første stjerner og galakser blev dannet. Cosmic Dawn Center er finansieret af Danmarks Grundforskningsfond og udgør et af fondens 10 nye Centers of Excellence. Bevillingen fra fonden udgør 66 mio. kr.

## 1.2 Resultater

Niels Bohr Institutttet beskæftiger i dag ca. 400 årsværk, heraf ca. 70 professorer og lektorer, ca. 100 tekniske-administrative personer, ca. 150 Ph.d.-studerende, og ca. 85 postdocs. Omkring halvdelen af arbejdet på Institutttet er undervisnings- og formidlingsrelateret.

### Mars-gruppens resultater og betydning

Marsgruppen kan fremhæves som en betydningsfuld gruppe, der har uddannet og afsat kandidater såvel som Ph.d'ere til både deep space missions, fx NASAs Mars 2020 Rover, og/eller til nationale såvel som internationale rumfartsvirksomheder/ og -organisationer. Mars-gruppens forskere er gentagne gange blevet inviteret til at deltage i eksperimenter knyttet til NASAs Mars-missioner.

Forskere fra Niels Bohr Institutttet har i flere tilfælde indtaget centrale positioner i forbindelse med NASAs Mars-missioner. Forskerne har deltaget i Mars Pathfinder i 1997, Spirit and Opportunity i 2004, Phoenix Mars Lander i 2008, Mars Science Laboratory med roveren, Curiosity, og er aktuelt involveret i udviklingen af Mars 2020 roveren. Forskerne har udarbejdet mange videnskabelige publikationer i peer-reviewed internationale tidsskrifter, ligesom forskernes videnskabelige publikationer ofte citeres af andre forskere.

NASA modtog eksempelvis 58 forslag til eksperimenter og instrumentudvikling fra forskere og ingeniører verden over i forbindelse med NASAs Mars-2020-mission. Hovedparten af de forskere, som involveres i NASAs Mars-missioner er amerikanske og Mars-2020-missionen omfatter således blot 7 ikke-amerikanske forskere. Danske forskere fra Mars-gruppen på Niels Bohr Institutttet deltager med to af disse ikke-amerikanske instrumenter til Mars 2020 roveren (Mastcam-Z og MOXIE).

*“Da vi blev inviteret til at deltage i MOXIE-eksperimentet, og jeg spurgte lederen af projektet, Mike Hecht om, hvorfor vi var udvalgt, lod svaret: ”fordi I har den ekspertviden, vi har brug for, og fordi I er erfarne med rum-missioner” – Interview med Morten Bo Madsen, leder af Mars-gruppen på Niels Bohr Institutttet ved Københavns Universitet.*

Foruden 2020-missionen har Mars-gruppen på Niels Bohr Institutttet deltaget i Mars Pathfinder i 1997, Spirit and Opportunity i 2004, Phoenix Mars Lander i 2008 og Mars Science Laboratory med roveren Curiosity.

Mars-gruppen ledes af Morten Bo Madsen, som er medforfatter til mere end 110 videnskabelige publikationer i internationale tidsskrifter, ligesom hans artikler har et højt citationsniveau og at andre videnskabelige publikationer dermed ofte citerer Morten Bo Madsen. Morten Bo Madsen er den ene af to forskere i Mars-gruppen med aktuelle “co-investigatorskaber” i forbindelse med NASAs Mars-missioner. Morten Bo Madsen har aktuelt denne rolle på “Mars Exploration Rover” og i tre tilfælde på NASAs “Phoenix Mars Lander”

Den anden er Kjartan Kinch, som aktuelt arbejder meget aktivt med forberedelserne til NASA's Mars 2020 rover, som når den lander i februar 2021, skal indsamle de første prøver, som vha. en senere mission skal returneres til Jorden (måske i 2031). Kjartan Kinch er desuden medforfatter til mere end 40 videnskabelige publikationer i internationale tidsskrifter, ligesom hans artikler har et højt citationsniveau.

### Dark Cosmology Centers resultater og betydning

Niels Bohr Institutttet omfatter dog mere end aktiviteterne under Mars-gruppen. Som beskrevet ovenfor gennemføres rumforskningen også i regi af bl.a. Dark Cosmology Center. Dette center ledes af Jens Hjorth, som er medforfatter til mere end 460 videnskabelige publikationer, herunder artikler i internationalt anerkendte tidsskrifter.

Forskningen fra Niels Bohr Institutttet har bl.a. ført til, at der er udviklet en ny metode til at måle afstande i universet - en metode, der forbedrer vores forståelse af, hvordan universet har udvidet sig siden Big Bang. Forskerne har også opdaget den fjerneste støvholdige galakse og herigennem påvist, at påvist, at der dannedes stjerner hurtigt efter Big Bang.

I 2017 modtog Darach Watson fra Dark Cosmology Center, Dansk Magisterforenings naturvidenskabelige forskningspris 2017. Baggrunden var dels, at Darach Watson i 2011 påviste at aktive supertunge sorte huller har nogle karakteristika, der gør dem egnet til at bestemme afstande helt tilbage til universets barndom.



Opdagelsen har betydning for forståelsen af, hvordan universet har udvidet sig siden Big Bang, og metoden gør det for første gang muligt at kortlægge mængden af mørk energi i universet til alle kosmiske tider.

Baggrunden var for det andet, at Darach Watson i 2015 stod bag opdagelsen af den fjerneste støvholdige galakse. Dermed blev det påvist, at der dannedes stjerner hurtigt efter Big Bang, og at disse stjerner var i stand til at danne støv i overraskende store mængder. Tilstedeværelsen af støvet muliggjorde dannelse af sol-lignende stjerner og planeter på et meget tidligt tidspunkt i universets historie. Det betyder, at det har været muligt at danne jordlignende planeter gennem det meste af universets levetid.

I november 2017 blev Anja C. Andersen udnævnt som professor i offentlighedens forståelse for videnskaben ved Niels Bohr Institutet. Anja C. Andersen er tilknyttet Dark Cosmology Centre og hendes forskning i astrofysik er internationalt anerkendt og har fokus på at kortlægge, hvornår og hvordan materialerne til planetdannelse blev til. Hun har desuden ydet en ekstraordinær indsats for at formidle budskabet om at naturvidenskab er interessant, relevant og tilgængeligt. Eksempelvis sammenligner hun kosmisk støv i universet med støv i hjemmet:

*“Støv samler sig til nullermænd, som bliver større og større, og til sidst kan blive til hele bolde af støv, der ligger under sofaen og i hjørnerne. Og det er lige præcis dét, der sker i universet. Kosmisk støv samler sig, og der dannes nye stjerner og planeter. Så Jorden er bare en stor ’nullermænd’” - Anja C. Andersen, Professor på Niels Bohr Institutet ved Københavns Universitet.<sup>2</sup>*

Som en anerkendelse af hendes evne til at gøre svært fagligt stof levende og fængslende og komme ud til mange mennesker ved at holde foredrag, skrive populærvidenskabelige artikler og bøger (heraf tre børnebøger) fik hun i 2016 tildelt H.C. Ørsted-medaljen i sølv af Selskabet for Naturlærens Udbredelse. Om betydningen af forskningen i solsystemet og universet fortæller hun:

*“Når vi udforsker rummet, bliver vi klogere - og så er der alle spin-offs. At en læge kan finde ud af hvad man fejler uden at man skal være død først, eller uden at åbne én op, skyldes langt hen ad vejen de redskaber, vi har udviklet gennem grundforskningen. Og det er det, rummet er: Grundforskning!*

*Universet er fysikkens ekstremitet. Hastigheder og tyngder er helt ekstreme. Ved at arbejde med de ekstremer, opdager vi noget helt nyt om vores verden - både på Jorden og ude i rummet. Rummet er et laboratorium vi ikke kan genskabe på jorden. Det er ligesom når IKEA sætter teenagere til at teste køkkener: Det kan ikke testes ekstremt nok på andre måder!” – Interview med Anja C. Andersen, Professor på Niels Bohr Institutet ved Københavns Universitet.*

### **Adgang til kosmisk daggry med Cosmic Dawn Centre**

Når man ser ud i universet, kigger man tilbage i tiden. Og kigger man langt nok tilbage, skulle man kunne se helt tilbage til universets begyndelse for 13,8 milliarder år siden. Eller næsten i hvert fald. For da universet blev dannet, var der ingenting at se. Først efter et par hundrede millioner år tog de første galakser og stjerner endelig form. Problemet er, at vi i dag slet ikke kan se så langt tilbage i tiden. Fordi universet udvider sig, bliver lysbølgerne fra de første galakser strukket ud til længere og rødere bølgelængder, end både det menneskelige øje og vores nuværende optiske teleskoper kan opfange.

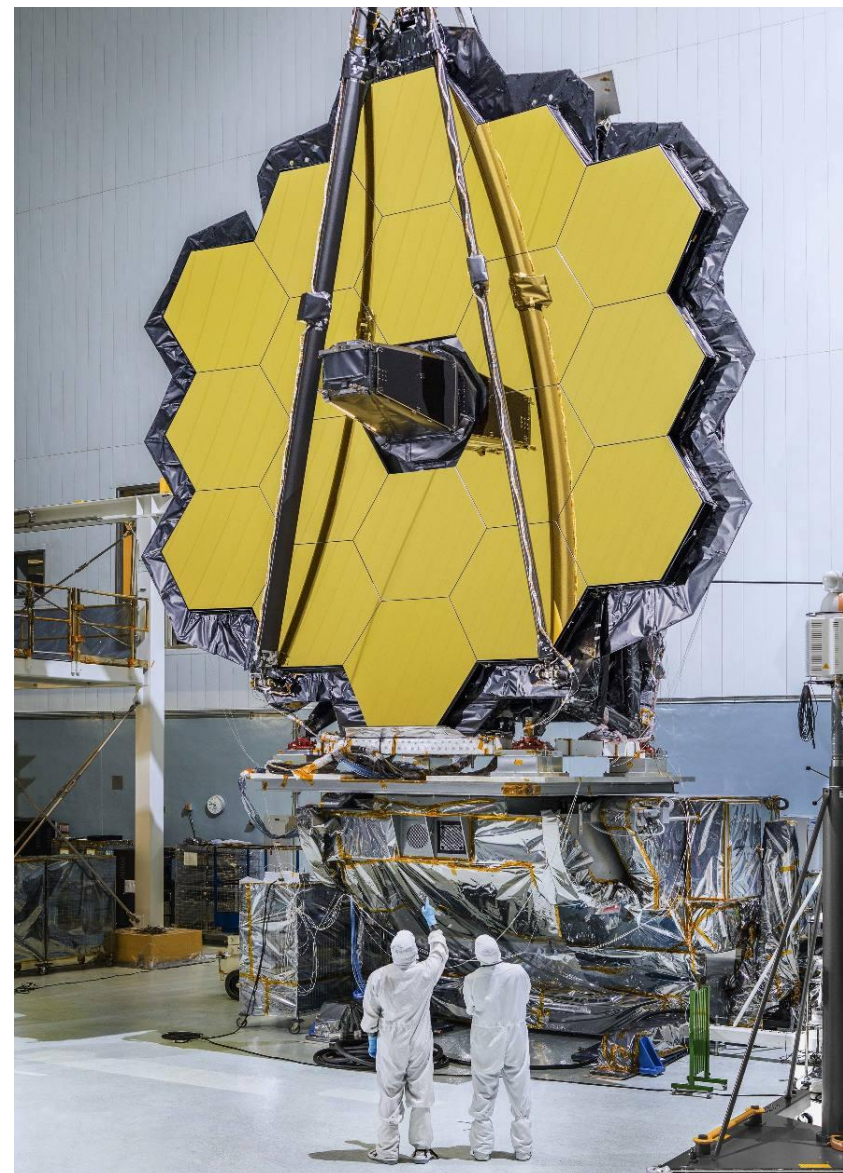
Undersøgelsen af de første galakser har derfor hidtil været forbeholdt teoretisk fysik og kosmologi. Men det skal det nye Cosmic Dawn Centre ændre på. Centret er, som nævnt, et nyt internationalt grundforskningscenter på Niels Bohr Institutet og skal i tæt samarbejde med DTU Space, afdække hvordan og hvornår de første galakser, stjerner og sorte huller blev dannet. Cosmic Dawn Center ledes af Sune Toft fra Niels Bohr Institutet. Sune Toft har siden 2009 været medforfatter til mere end 45 videnskabelige publikationer, herunder artikler i internationalt anerkendte tidsskrifter.

<sup>2</sup> [http://www.nbi.ku.dk/navnligt\\_navne/2016/anja-andersen-faar-tildelt-h.c.-oersted-medaljen/](http://www.nbi.ku.dk/navnligt_navne/2016/anja-andersen-faar-tildelt-h.c.-oersted-medaljen/)

*“Astronomien har gjort utroligt mange fremskridt over de sidste år – specifikt med Hubble-rumteleskopet, som har være i stand til at kunne se helt tilbage til omkring en milliard år efter Big Bang – og allerede fra det tidspunkt findes der fuldt formede galakser. Verdenssamfundet har så besluttet sig for at investere i de teleskoper som skal til for at vi kan kigge helt tilbage til det tidspunkt hvor alting stammer fra” - Sune Toft, leder af Cosmic Dawn Centre på Niels Bohr Institutet ved Københavns Universitet.<sup>3</sup>*

Et af de nye instrumenter, som skal hjælpe til forskningen, er James Webb-teleskopet, som forventes at blive sendt i kredsløb om solen i 2020. Med en spejlflade som er seks gange større end Hubble-teleskopet, placeret halvanden millioner kilometer væk fra jorden, skal den enorme kikkert sørge for at forskere kan undersøge galakser som ligger uforståeligt langt væk og dermed sikre adgang til hidtil ukendt viden om universets begyndelse.

*“Det interessante er, at vi åbner døren ind til en helt ny epoke i universets historie, som ingen har studeret før. Og erfaringen siger at de spørgsmål som vi stiller nu, og sætter os for at løse, i virkeligheden ikke er de mest interessante spørgsmål. De aller mest interessante spørgsmål, er spørgsmål som vi ikke engang ved hvordan vi skal formulere endnu” - Sune Toft, leder af Cosmic Dawn Centre på Niels Bohr Institutet ved Københavns Universitet.<sup>4</sup>*



*Spejlene til James Webb-teleskopet der opsendes i 2020 (rettigheder tilhører NASA)*

<sup>3</sup> <http://sciencereport.dk/tech/viden-kosmisk-perspektiv/>

<sup>4</sup> <http://sciencereport.dk/tech/viden-kosmisk-perspektiv/>

### 1.3 Perspektiver og muligheder

Den fysiske forskning på Niels Bohr Institutet indtager som beskrevet en nøgleposition på den internationale scene. Forskerne på Institutet deltager således i en række internationale projekter og har adgang til centrale teleskoper og satellitter. Institutets samarbejde begrænser sig således ikke til europæiske missioner og aktiviteter, men omfatter i høj grad også missioner og aktiviteter uden for Europa.

Institutets internationale styrkeposition omkring udforskning af stjerner og galakser, solsystemets dannelse, Solen, Mars og planeter omkring andre stjerner, ligger derfor i fin tråd med de retninger, som aktuelt tegner sig for den fremtidige udforskning af rummet. Dette gælder ikke mindst i forhold til tankerne omkring en Måne-rumstation og en månebase på selve månen.

Institutets muligheder uden for Europa begrænses dog af, at det nationale danske engagement omkring udforskning af rummet er knyttet til det europæiske samarbejde i ESA. Institutet har således ikke mulighed for at understøtte dets aktiviteter omkring eksempelvis NASAs Mars-missioner med national dansk forankring, med mindre aktiviteterne også falder inden for ESA-prioriteringerne. Institutet efterlyser derfor mulighed for at det nationale danske engagement også kan forankres uden for ESA, fx hos NASA.

Institutet vurderer at de aktuelle bevillinger til grundforskning inden for rumområdet er for sparsomme og at opslag inden for rumområdet i for høj grad begrænser sig til teknisk udvikling indenfor allerede fastlagte områder - og dermed ikke til grundforskning eller til internationale samarbejder udenfor ESA (eksempelvis og ikke mindst NASA, men også andre rumagenturer som fx JAXA, ISRI, og/eller Roscosmos).

Institutet ser fremadrettet store muligheder for vækst i såvel det danske rumhverv som den danske rumforskning. Dette forudsætter investeringer og involveringer på rette niveauer og steder, således at vi optimerer mulighederne for at deltage aktivt i indsatser knyttet til bemanded udforskning af Mars og i de både teknologiske og videnskabelige udfordringer, som er nødvendige forberedelser til denne store opgave.

## 2 Aarhus Universitet

Den rumrelaterede forskning på Aarhus Universitet er forankret i flere centre, herunder bl.a. "Stellar Astrophysics Centre", "Institut for Geoscience" og "Mars Simuleringslaboratoriet".

### 2.1 Aktiviteter

#### Stellar Astrophysics Centre

Stellar Astrophysics Centre er organisatorisk knyttet til Institut for Fysik og Astronomi på Aarhus Universitet. Centeret er finansieret af Danmarks Grundforskningsfond og udgør et af fondens Centers of Excellence. Fonden har det en samlet bevilling på 55 mio. kr. til centeret. Ud over forskere ved Aarhus Universitet involverer centeret 5 internationalt ledende grupper med supplerende ekspertise. Centeret studerer stjerner og de planeter, der kredser omkring dem, ud fra observationer og teoretiske modeller.

Centeret studerer stjerner og de planeter, der kredser omkring dem, ud fra observationer og teoretiske modeller. Formålet er at forstå stjernernes og planetsystemernes opbygning og udvikling, samt undersøge vilkårene for muligt liv på planeternes overflade. Stjernernes egenskaber karakteriseres ud fra observationer af 'stjerneskelv', dvs. svingninger som detekteres i stjernernes lysstyrke eller bevægelsen af deres overflade.

Disse observationer sammenholdes med detaljerede modeller af stjernernes udvikling. Planetsystemer uden for solsystemet kan studeres ved radial-hastighedsmålinger eller den såkaldte transit-teknik, der observerer reduktionen i lyset fra en stjerne når en planet passerer hen forbi den. Andre observationer kan bruges til at karakterisere planeternes atmosfære. På dette grundlag er det også muligt i laboratoriet at simulere betingelserne for liv på planeterne. Centeret benytter SONG-teleskopet på Tenerife og organiserer også den internationale brug af data fra rumteleskoperne Kepler og TESS.

I samarbejde med Institut for Ingeniørvidenskab ved Aarhus Universitet og GomSpace har centeret afdækket mulighederne for at sende en CubeSat i bane om Jorden. Satellitten vil være den første Aarhus-satellit og vil give både studerende og videnskabsfolk på Aarhus Universitet mulighed for en ny tilgang til

forskning via satellitter. Satellitten har fået navnet Delphini-1 og programmets hovedformål er at lære at håndtere og samle satellitdele, og at afprøve og arbejde med en videnskabelig satellit. Satellitten er en 10 x 10 x 10 cm CubeSat udstyret med et kamera og kommunikationsudstyr.



*Delphini-1 (rettigheder tilhører Aarhus Universitet)*

Satellitten bliver leveret som samlesæt af GomSpace. En gruppe studerende bliver oplært af GomSpace, og kommer til at samle og afprøve satellitten. På Aarhus Universitet oprettes et kontrolrum, og en anden gruppe studerende får til opgave at samle og afprøve kommunikations- udstyret og den software, som er nødvendig for at kontrollere satellitten og kameraet. Det er også muligt, at de studerende kommer til at udvikle nyt software og nye algoritmer, og designe deres egne eksperimenter, som kan udføres med Delphini-1.

Aarhus Universitet samarbejder med GomSpace om at afdække mulighederne for at sende en CubeSat i bane om Jorden. Herigennem får studerende bl.a. mulighed for at afprøve og arbejde med en videnskabelig satellit og mulighed for at udvikle den software, som er nødvendig for at kontrollere satellitten.

Satellitten er primært finansieret af Aarhus Universitets Forskningsfond (AUFF). ESA har tilbudt Aarhus Universitet en gratis opsendelse, hvilket sker som direkte følge af den danske deltagelse i den internationale rumstation, ISS. Satellitten skal efter planen sendes op til ISS i november 2018.

### **Institut for Fysik og Astronomi & Institut for Geoscience**

Stellar Astrophysics Centre er organisatorisk knyttet til Institut for Fysik og Astronomi på Aarhus Universitet. Instituttet ligger under fakultetet "Science and Technology", som bl.a. også rummer Institut for Geoscience, der beskæftiger sig med forståelse af Jordens system.

Institut for Geoscience har to åbne vindtunneler, som i dag er en del af Aarhus Universitet vindtunnellaboratorium. Instituttet råder desuden over et biokammer, som er specielt konstrueret til langsigtede mikrobiologiske forsøg under Mars-lignende atmosfære- og UV-forhold.

Aarhus Universitet vindtunnellaboratorium har dertil også adgang til to lukkede vindtunneler, hvor det er muligt at teste vind under lavt tryk, i vakuumkammer. Disse tunneler, der hører under Institut for Fysik og Astronomi, kan fungere under lavt tryk og anvendes til eksperimenter med Mars overfladesimulering. Ud over at være instrumenter beregnet til grundforskning bruges vindtunnelerne også i instrumentudvikling, til kalibrering og til tests af solpaneler og andre genstande, der er konstrueret til at fungere i det støvede, kolde og tørre miljø på Mars.

De to vindtunneler under lavt tryk, er de eneste i verden der kan simulere de forhold der er til stede på Mars' overflade, både hvad angår, temperatur, tryk, støv etc. Derfor danner de grundlag for en lang række samarbejder inden for rumforskning verden over. Disse samarbejder tæller mere end 300 forskere og 30 forskningsinstitutioner, men også mere end 20 industrielle organisationer i forbindelse med en bred vifte af både NASA og ESA missioner. Dertil kan mere end 60 videnskabelige publikationer kobles op på vindtunnelerne.

## Mars Simuleringslaboratoriet

Mars Simuleringslaboratoriet er et tværfagligt forskningssamarbejde mellem biologer, kemikere, geologer og fysikere om fælles forskning relateret til Mars.

Gruppen har opbygget egne forskningsfaciliteter og har adgang til alle nødvendige faciliteter under Det Naturvidenskabelige Fakultet. Derudover har nogle af gruppens medlemmer udviklet instrumenter til Mars-missioner.

Mars Simuleringslaboratoriet har bl.a. arbejdet tæt sammen med Niels Bohr Institutet, som i 1997 var ansvarlig for magnetforsøgene på NASAs Mars Pathfinder og ligeledes ansvarlig for magneteksperimenter på de to NASA Mars Exploration Rovers, som landede på Mars i 2004.

Et konsortium bestående af Aarhus Universitet, GomSpace, Kirkholm Ingeniører og Innoware har udviklet måleinstrumentet LAMDA til en Mars-rover til ESAs ExoMars-program. LAMDA måler vindhastighed, vindretning og støvaflejring og bidrager dermed til at udforske det geologiske miljø på planeten.

Marslaboratoriet er blevet anerkendt som et af ESA's Mars Express Collaboration Laboratories. I den forbindelse har medlemmer af Marslaboratoriet udviklet instrumenter til deltagelse i ESA's ExoMars-mission. Instrumentet Telltale, en vindsensor, blev udviklet af medlemmer af Marslaboratoriet og monteret på toppen af klimamasten på NASA's Phoenix Mars lander og indsamlede et sæt detaljerede vinddata, som efterfølgende blev fortolket af gruppen fra Marslaboratoriet.

## 2.2 Resultater

Forskningen på Stellar Astrophysics Centre kan betegnes som rendyrket grundforskning og der kan derfor ikke trækkes direkte linjer mellem de indsigter som grundforskningen giver og fx udviklingen af nye teknologier. Formålet er dog heller ikke at knytte forskningen sammen med fx teknologiudviklingen, men derimod at forstå stjernernes og planetsystemernes opbygning og udvikling, samt at undersøge vilkårene for muligt liv på planeternes overflade. Formålet med aktiviteterne er dermed at gennemføre eksperimenter og herigennem søge svar på nogle af de spørgsmål vi endnu ikke kender svaret på - eksempelvis svar på, hvorfor der ikke er noget organisk materiale på Mars.

*“Jeg vil sammenligne vores arbejde med litteratur og musik - det er en kvalitet. Det er som når en forfatter skriver en bog, man læser det, man spejler sig i det og man kan tænke med det. Hvis vi tager Mars som en reference til Jorden, så har vi to planeter der er nogenlunde lige gamle, men som så bevægede sig i forskellige retninger. Gennem grundforskningen kan vi blive klogere på livs påvirkning af planeten og omvendt” – Interview med Kai Finster, Professor MSO ved Institut for Bioscience på Aarhus Universitet (og engageret i bl.a. Stellar Astrophysics Centre og Mars-gruppen).*

Forskerne på centeret har gennem de senere år publiceret en lang række videnskabelige artikler. Siden 2012, har forskerne på centeret således bidraget til mere end 600 videnskabelige artikler, herunder artikler i internationalt anerkendte tidsskrifter. Alene i perioden fra 2016-2018, har forskerne bidraget til mere end 240 videnskabelige artikler, heraf indtil videre 37 artikler i 2018.

Som eksempel på resultaterne af forskningen, kan nævnes opdagelsen og undersøgelsen af et planetsystem 1.200 lysår fra Jorden. Systemet består af to planeter – den ene en klippeplanet lidt større end Jorden, den anden en gasplanet på størrelse med Neptun. Planeterne kredser i bane om deres moderstjerne så tæt på hinanden, at de hver gang der er gået 97 døgn, holder stævnemøde i rummet, og når de er tættest på hinanden, er afstanden under 2 millioner km – hvilket svarer til kun 5 gange afstanden mellem Jorden og Månen. Når det sker, vil planeterne påvirke hinanden og skabe bl.a. store tidevandseffekter på planeternes overflader. Resultaterne af forskningen er publiceret i tidsskriftet Science.

Et andet eksempel, er udviklingen af målemetoden “halofotometri”, der imødekommer udfordringen om at undersøgelse af stjerner ofte er begrænset af utilstrækkeligt udstyr. Målemetoden er udviklet af en international gruppe af forskere ledet af Tim White fra Center for Stellar Astrofysik. Resultaterne blev publiceret i Monthly Notices of the Royal Astronomical Society.

### 2.3 Perspektiver og muligheder

Forskningen på Stellar Astrophysics Centre har således karakter af rendyrket grundforskning og rummer samtidigt en række interessante udviklings- potentialer. Mars-forskningen har således til formål at undersøge om der har været eller er liv på Mars, at studere klimaet og geologien på Mars, men også at tilvejebringe viden til forberedelserne af bemandede rejser til Mars.

Forskningen på centeret ligger derfor i fin tråd med de retninger, som aktuelt tegner sig for den fremtidige udforskning af rummet. Dette gælder ikke mindst i forhold til tankerne omkring en Måne-rumstation og en månebase på selve månen.

## Del 2: Danske instrumentkompetencer

Hovedområdet “instrumenter” omfatter i kortlægningen udviklingen af instrumenter, der muliggør udforskning af rummet på nye måder. Instrumenter udvikles til et specifikt formål og typisk på opdrag af et af de internationale rumagenturer som ESA eller NASA.

Udvikling af instrumenter er et af de hovedområder, hvor de danske aktører i særdeleshed har markeret sig i den internationale rumforskning. Siden sluthalvfemserne har danske forskere og virksomheder opnået bemærkelsesværdige resultater og dansk deltagelse i store internationale rummissioner er efterhånden mere reglen end undtagelsen.

Blandt de fremtrædende eksempler kan nævnes DTU Space’s stjernekameraer, der i dag er anvendt på mere end 75 missioner, ASIM-laboratoriet fra Terma og DTU Space, der i foråret blev koblet på rumstationen ISS og skrev historie som Danmarks hidtil største rumprojekt samt Force Technology’s arbejde med rumteknologi gennem to årtier, senest med udviklingen af et raketdyse-design til ESA, som skal anvendes i den nye Ariane 6 raket og sende satellitter i kredsløb i de næste tyve år.

I interviewene med udvalgte danske aktører fremhæves det forhold, at danske instrumenter ofte bliver til i et samarbejde mellem forskningsinstitutioner og erhvervslivet. I interviewene peges på, at dette forhold udgør en del af forklaringen på, at vi i Danmark er gode til at bygge instrumenter. Den danske industristruktur er godt indrettet til specialudvikling af små serier, der skal optimeres til det ypperste. På samme vis er den danske forskningskultur i høj grad lagt an på kritisk problemløsning fremfor “seriefremstilling”. Danske forskere kan matche de bedste forskere fra USA når det kommer til kritisk løsning af komplekse opgaver.

Tilsammen rummer erhvervs- og forskningsressourcen i Danmark det rette miks af teoretisk viden, ingeniørkundskab og erfaring til at udvikle instrumenter, som kan leve op til kvalitetskravene og nulfejlskulturen, som kendetegner internationale rummissioner.

Instrumenterne udvikles typisk på opdrag af et af de store rumagenturer herunder i særdeleshed ESA og NASA. Opdragene kan også komme fra andre aktører såsom ESO (European Southern Observatory) og NOT (Nordic Optical Telescope). Dertil skal det nævnes, at private aktører spiller en stadigt større rolle på

markedet, ikke blot som fremstillere, men også som udviklere af teknologi og instrumenter, senest eksemplificeret med den nye genanvendelige raket Falcon 9 fra SpaceX. Det forventes, at kommercielle aktører i større og større grad kommer til at fungere som drivere for udviklingen af instrumenter og nye teknologiske løsninger. Det skaber potentielt et nyt kundegrundlag for de danske aktører, og stimulerer samtidig aktører som ESA til at stille endnu større krav i kapløbet med de kommercielle spillere.

Investering i instrumentudvikling hænger i dansk sammenhæng tæt sammen med det danske medlemskab af ESA samt bidrag til ESAs frivillige programmer. ESA er en central drivkraft kilde til udbud og projekter, der leder til dansk deltagelse i rummissioner. Det fortsatte ESA-medlemskab og ESA-bidrag fra Danmark udgør derfor en vigtig del af fundamentet for dansk instrumentudvikling til udforskning af rummet.

Perspektiverne inden for instrumentudvikling i de kommende årtier omhandler i høj grad muligheden for en Måne-station i kredsløb om Månen eller en månebase på selve Månen, samt udforskningen af Mars og exoplaneter. Det næste store mål som de internationale rumagenturer har udpeget, er bemandede ekspeditioner til Mars, og her anses Månen for at være den nødvendige forpost.

### **Instrumentudviklingens hovedaktører**

Hovedaktørerne inden for instrumentudvikling i Danmark er Niels Bohr Institutet, DTU Space, Aarhus Universitet (Mars-laboratoriet), Terma, Force Technology og IDA (Instrument Center for Danish Astrophysics). Dertil kommer flere forskere og virksomheder, som arbejder med instrumentudvikling i større eller mindre grad.

Her kan eksempelvis nævnes ingeniørvirksomheden Innoware A/S, som har specialiseret sig i instrumenter til rumforskning, samt Kirkholm Ingeniører A/S, som også har instrumenter til rummet og raketteknologi i porteføljen. Begge virksomheder har medvirket i udviklingen af et instrument til Mars-roveren LAMDA i samarbejde med Aarhus Universitet. Niels Bohr og Aarhus Universitet er beskrevet ovenfor, da deres arbejde med instrumentudvikling er indgår som et element i deres videnskabelige forskning.



På de følgende sider præsenteres hovedaktørerne inden for instrumentudvikling med fokus på aktiviteter og eksempler på fremtrædende projekter.

### **DTU Space**

DTU Space har deltaget i mere end 100 rummissioner og beskæftiger 135 forskere, eksperter og andet personale. Endvidere huser DTU Space h 235 studerende på uddannelsen Geofysik og Rumteknologi. DTU Space producerer mere end 120 videnskabelige publikationer om året og omsætter årligt for 130 mio. kr. Alene i 2018 deltager DTU Space i 6 store missioner.

DTU Space står for en væsentlig andel af den samlede værdi for danske ESA-kontrakter. For perioden fra og med 2006 til og med 2015 udgør den samlede værdi af ESA-kontrakterne hos DTU Space knap 280 mio. kr., svarende til næsten 20% af den samlede værdi for danske ESA-kontrakter i denne periode.<sup>5</sup>

### **Terma**

Terma er en global virksomhed med ca. 1.250 ansatte og en omsætning på omtrent 1,7 mia. i 2016-2017. Rumaktiviteterne udgør 10-15% af den samlede økonomiske aktivitet. For perioden fra og med 2006 til og med 2015 udgør den samlede værdi af ESA-kontrakterne hos Terma omtrent 635 mio. kr., svarende til ca. 43% af den samlede værdi for danske ESA-kontrakter i denne periode.<sup>6</sup> Terma har til dato deltaget i ca. 40 missioner i rummet.

<sup>5</sup> Seismonaut på basis af data fra ESA vedr. danske ESA-kontrakter i perioden 2006-2015. Bemærk at kontraktsummen er beregnet på basis af ikke-vægtede kontrakter.

## **1 DTU Space**

DTU Space er Danmarks største rumforskningsinstitut og har medvirket i mere end 100 internationale missioner ledet af både ESA og NASA. DTU Space består af seks forskningsafdelinger samt en afdeling for innovation og forskningsbaseret rådgivning. Foruden universitetets taxametertilskud og basisfinansiering modtager DTU Space finansiering til de konkrete opgaver, som udføres i regi af ESAs og NASAs missioner.

### **1.1 Aktiviteter**

DTU Space har igennem årene opbygget særlig ekspertise inden for udvikling af instrumenter til anvendelse i rummet. DTU Space hører til verdenseliten inden for røntgeninstrumenter til rummet, såkaldte stjernekameraer, magnet- målinger samt radar-systemer til måling af is på hav og land. Fire afdelinger i DTU Space beskæftiger sig med Jorden som det primære genstandsfelt og er derfor ikke udfoldet nærmere i denne kortlægning:

- Afdeling for Geodynamik studerer klimaforandringer mv.
- Afdeling for Geodæsi opmåler og kortlægger jordens form og størrelse
- Afdeling for Geomagnetisme udforsker jordens magnetfelt
- Afdeling for Mikrobølger og telemåling observerer Jordens overflade ved hjælp af mikrobølgesensorer.

To afdelinger, Afdeling for Astrofysik og atmosfærefysik samt Afdeling for måling og instrumentering, beskæftiger sig derimod med rummet.

### **Afdeling for Astrofysik og atmosfærefysik**

Afdelingen forsker i stjerner, galakser, planeter, Solsystemet og i Universet som helhed, samt i Jordens atmosfære. Afdelingen udvikler endvidere instrumenter til at foretage observationer. Afdelingen, som ledes af Allan Hornstrup, deltager i adskillige projekter, hvor de blandt andet undersøger røntgenstråling fra Universet, lyset fra universets skabelse, sorte huller mm.

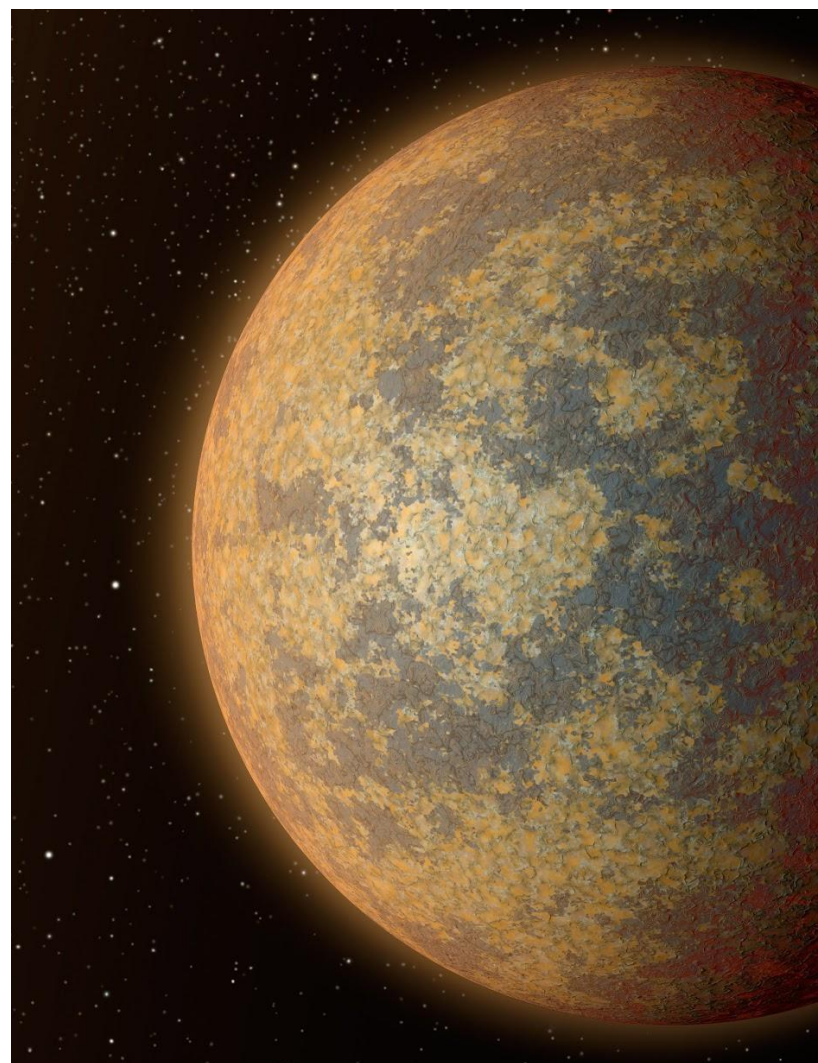
<sup>6</sup> Seismonaut på basis af data fra ESA vedr. danske ESA-kontrakter i perioden 2006-2015. Bemærk at kontraktsummen er beregnet på basis af ikke-vægtede kontrakter.

Et af afdelingens mest fremtrædende forskningsområder er udviklingen af spejle til røngtenoptik. DTU Space har stået bag nye opfindelser på området, som gør astronomer i stand til at for første gang at detektere sorte huller og andre kompakte objekter i rummet. Næste skridt er at gå til endnu højere energier og udvikle optik til Gamma-området. Dette kræver udvikling af nye reflekterende spejltyper, hvilket DTU Space aktuelt er i gang med.

### **Afdeling for Måling og instrumentering**

Afdeling for Måling og instrumentering arbejder målrettet på at være på forkant med udviklingen af højpræcisions-instrumentering, der skal muliggøre nye videnskabelige og teknologiske fremskridt for rummissioner. Afdelingen, som ledes af John Leif Jørgensen, er i særdeleshed kendt for sine stjerne-kameraer, som er i brug på mange internationale missioner i dag. Stjerne-kameraerne anvendes til navigation af satellitter og ubemandede fartøjer i rummet, og spiller derfor en vigtig rolle på missionerne.

Foruden stjerne-kameraerne på TESS medvirker den nyligt etablerede exoplanet-gruppe fra DTU Space i arbejdet med at lede efter de nye planeter og karakterisere dem. Gruppen er etableret for at bidrage til udforskningen af exoplaneter, som i løbet af de seneste årtier er gået fra at være antagelser til at der i dag er registreret 3.700 af slagsen i Mælkevejen



*HD 219134b, den nærmeste exoplanet fundet til dato (rettigheder NASA/JPL-Caltech)*

I øjeblikket arbejder DTU Space på en særlig udgave af kameraet til NASA's Mars 2020-mission, hvor det skal bruges på det køretøj, der skal lede efter liv på planeten. Flere internationale missioner med det danske stjernekamera er på vej.

Stjernekameraet fra DTU Space anvendes i intet mindre end 90 afsluttede, igangværende og planlagte missioner. Stjernekameraerne, der specialfremstilles til hver enkelt mission, blev oprindeligt udviklet til den danske Ørsted-satellit. Siden har DTU Space videreudviklet instrumentet, så det er blevet stadig mere kompakt og sofistikere. Stjernekameraerne er aldrig ens. De udvikles specifikt til at matche de specifikationer og høje kvalitetskrav, der udstedes til den enkelte mission fra eksempelvis ESA og NASA.

Senest har DTU Space udviklet stjernekameraer til navigationen af NASAs TESS-mission, et projekt til godt en milliard kroner. TESS forventes at opdage tusindvis af nye planeter i omtrent samme størrelse som Jorden, der kredser om stjerner nær vores del af Mælkevejen. Håbet er at opdage jordlignende planeter og ultimativt opdage mulige tegn på betingelser for liv i universet.

## 1.2 Resultater

DTU Space har deltaget i mere end 100 rummissioner og har i dag mere end 50 års erfaring med rumvidenskab og -teknologi. DTU Space beskæftiger 135 forskere, eksperter og andet personale og huser 235 studerende på uddannelsen Geofysik og Rumteknologi. DTU Space producerer >120 videnskabelige publikationer om året og omsætter årligt for 130 mio. kr.

DTU Space udvikler instrumenter, der indtager centrale funktioner i store internationale missioner ledet af bl.a. ESA og NASA. TESS og ASIM er blandt de projekter, som for alvor manifesterer DTU Space's rolle i den internationale rumforskning:

*"TESS er en banebrydende mission. Vores deltagelse i TESS, som er en NASA-mission, viser sammen med ASIM, som hører under ESA, at vi på DTU Space er en eftertragtet global partner blandt de ypperste institutioner inden for rumområdet," - Kristian Pedersen, direktør på DTU Space*<sup>7</sup>

Alene i 2018 medvirker DTU Space i seks store missioner:

- Opsendelse af forsøgssatellitten Ulloriaq (DTU Space/Gomspace/forsvaret)
- Opsendelse af ASIM (ESA/DTU Space/Terma)
- Opsendelse af NASA's ICON-mission, hvortil DTU Space har udviklet stjernekameraer
- Opsendelse af NASA's klimasatellitter GRACE FO 1 og 2, hvortil DTU Space har udviklet stjernekameraer og bidrager til klimaforskning
- Opsendelse af en ny satellit til ESAs Sentinel -klimasatellitesystem, hvortil DTU Space har udviklet datasystemer til monitorering og bidrager til forskning
- Opsendelse af NASA-missionen TESS, hvortil DTU Space har udviklet stjernekameraer og bidrager med forskning fra Exoplanetgruppen.

I perioden 2002 og frem til i dag kan fremhæves følgende markante projekter med deltagelse af DTU Space:

- INTEGRAL-satellitten (ESA), som blev opsendt i 2002, medbringer to røntgendetektorer fra DTU Space. Detektorerne bidrager til at undersøge sorte huller, eksplosioner på overfladen af neutronstjerner samt stråling fra gamma-glím. Sidstnævnte er fjerne, voldsomme begivenheder, som forskerne først nu begynder at forstå.
- Planck-satellitten (ESA) kortlagde fra 2009-2012 den kosmiske stråling bl.a. ved brug af et spejl, der indfangede lyset fra tiden lige efter big bang og som derfor rummer svarene på mange af de grundlæggende spørgsmål om universet. Spejlet var udviklet af DTU Space.
- NuStar-satellitten (NASA), som blev opsendt i 2012, medbringer også spejle fra DTU Space, som anvendes til at studere aktive galaksekerne, sorte

<sup>7</sup> <https://www.space.dtu.dk/nyheder/2018/04/tess-opsendt-for-at-finde-nye-planeter-i-maelkevejen?id=fabb21dd-c493-4180-af55-707909eddce1>

huller, neutron stjerner, supernovarester og meget andet. DTU Space bidrager til kalibreringsarbejdet og fortolkningen af data.

- ASIM (ESA), som for nylig er blevet koblet på den internationale rumstation ISS, er ledet af DTU Space og Terma og er Danmarks hidtil største rumprojekt. ASIM medbringer tre specialudviklede instrumenter, der består af fotometre, optiske kameraer samt røntgendetektorer. I kombination er instrumenterne i stand til at udføre helt nye observationer af gigantiske lyn og tornadoer i rummet, og derigennem bidrage til indsigt om rumvejrets indvirkning på jordens klimasystem.
- Stjerne-kameraer fra DTU Space har til dato medvirket på 75 internationale missioner, heriblandt JUNO, Swarm, PRISMA, CHAMP, PROBA og GRACE. I alt indgår kameraerne i 90 afsluttede, igangværende og planlagte missioner.

### 1.3 Perspektiver og muligheder

DTU Space indtager en stadigt større rolle i den internationale rumforskning. DTU Space har gennem åren opbygget en solid portefølje af internationale rummissioner og -projekter. Det giver den ekspertise og erfaring der skal til, for at få ansvaret for centrale opgaver på internationale missioner i milliardklassen. DTU Space er i høj grad involveret i samarbejder med erhvervslivet og bidrager på den måde til sikre Danmarks forskningsmæssige og kommercielle position inden for instrumentering og teknologiudvikling.

## 2 Instrumentcenter for Dansk Astrofysik (IDA)

IDA er et nationalt center, der støtter danske astronomers brug af international forskningsinfrastruktur, specielt i forhold til ESO (European Southern Observatory), ESA og NOT (Nordisk Optisk Teleskop). Værtsinstitutionen for IDA har siden 2014 været Aarhus Universitet, hvorfra den daglige ledelse og koordinering af aktiviteter finder sted under ledelse af koordinator Louise Børsen-Koch.

### 2.1 Aktiviteter

IDA har til formål at fremme dansk forskning i astrofysik og sikre udnyttelse af det danske medlemskab af ESO, ESA og NOT. Dertil arbejder IDA for dansk deltagelse i projekter af væsentlig forskningsmæssig betydning inden for bl.a. NASA og andre internationale organisationer. IDA har forskergrupper tilknyttet fra hhv. Aarhus Universitet (Institut for fysik og astronomi), Niels Bohr Institutet (Dark Cosmology og Astrofysik og planetforskning), DTU Space samt Syddansk Universitet (Centre for Cosmology and Particle Physics Phenomenology). Hovedparten af IDAs aktiviteter har medfinansiering fra universiteterne.

IDAs aktiviteter handler grundlæggende om facilitering af dansk adgang til forskningsfaciliteter samt at bidrage til koordination og formidling i og uden for Danmark. Det konkretiseres gennem følgende indsatser:

- Støtte til instrumentudvikling og optimering af danske astronomers brug af instrumenter og faciliteter
- Støtte til at udføre observationer
- Dækning af udgifter til adgang til specifikke faciliteter
- Sikring af studerende og unge forskeres kompetencer til at anvende de forskellige faciliteter.

Derudover har IDA fokus på at skabe rammer for øget national koordination og formidling bl.a. via årlige astronomimøder. IDA har endvidere afholdt såkaldte observationsskoler for studerende i astrofysik, som giver de studerende grundlæggende færdigheder inden for alle aspekter af et moderne observationsprojekt i astronomi. IDA bidrager også på et mere overordnet niveau til at formidle rumforskning og astronomi med henblik på at stimulere rekrutteringen til de naturvidenskabelige uddannelser.

## 2.2 Resultater

IDA har i de sin første periode støttet unge talentfulde forskere (postdocs og ph.d.-studerende) i forhold til at udnytte teleskoper rundt om på jorden og i rummet. IDA har desuden støttet design og konstruktion af instrumenter. IDA's hovedfokus har været på jordbaserede teleskoper, men også tilknytningen til ESA og NASA har været prioriteret. Fremadrettet (2017-2019) vil IDA have et specielt fokus på ESO's Extremely Large Telescope (E-ELT) og på arbejdet med at definere og sikre den fremtidige udnyttelse af Nordisk Optisk Teleskop (NOT)

## 2.3 Perspektiver og muligheder

IDA medvirker til at maksimere danske forskere og talenter adgang til teleskoper og andre faciliteter i udlandet. Dermed bidrager IDA til at realisere det størst muligt udbytte af danske medlemskab af bl.a. ESO og NOT. Dansk rumforskning har oplevet fornyet interesse i offentligheden siden Ørsted-satellitten og ikke mindst i nyere tid med Andreas Mogensens tur til ISS, opsendelsen af ASIM samt den danske medvirken på TESS og andre højprofilerede missioner. Det har skabt et aktuelt momentum for dansk rumforskning, som IDA kan bidrage til at understøtte via sine koordinerings- og formidlingsaktiviteter.

## 3 Terma

Dansk teknologivirksomhed med global tilstedeværelse, der siden 1970'erne har leveret højteknologisk udstyr bl.a. til rumindustrien, herunder ESA.

### 3.1 Aktiviteter

Terma er en dansk teknologivirksomhed, der siden 1944 har udviklet højteknologisk udstyr til bl.a. rumfart-, forsvar- og søfartsindustrien. Virksomheden har hovedsæde i Lystrup, Aarhus, men har også faciliteter i Grenaa og Herlev samt Holland, Tyskland, Storbritannien, Belgien, USA, Singapore, Indien og De Forenede Arabiske Emirater.

Terma, der startede med at producere termometre og manometre (deraf navnet Terma), involverede sig i rumteknologi tilbage i 1970'erne. Terma's engagement i rumteknologi voksede gradvist i 1980'erne og 1990'erne og accelererede op igennem nullerne og frem til i dag.

I 1990'erne var Terma en central aktør i udviklingen af Ørsted-satellitten, som beregnes for en teknologisk bedrift i særklasse for sin tid. I alt er det blevet til knap 40 rummissioner med Terma's deltagelse, og flere missioner er på tegnebrættet i de kommende år.

Terma's løsninger omfatter bl.a. specialfremstillede strømforsyninger, stjernekameraer, optiske instrumenter samt on-board software og systemer til test og validering. Dertil kommer Terma's service-aktiviteter, som spænder bredt fra ingeniørrådgivning og software support til operationelle funktioner i forbindelse med missioner.

Terma har et tæt samarbejde med de forskellige aktører i rumfartsindustrien, herunder universiteterne og andre private virksomheder i Danmark og Europa.

ASIM, som er udviklet af DTU Space og Terma for ESA, er det største dansk-ledede rumprojekt. Terma leder den tekniske del af ASIM og har stået i spidsen for det industrielle konsortium, der byggede observatoriet.

ASIM medbringer tre specialudviklede instrumenter, der består af fotometre, optiske kameraer samt røntgendetektorer. I kombination er instrumenterne i stand til at udføre helt nye observationer af gigantiske lyn og tordenejr i rummet, og derigennem bidrage til indsigt om rumvejrets indvirkning på jordens klimasystem.

Fra sin position på ISS skal ASIM's avancerede instrumenter kigge nedad for at observere atmosfæren fra toppen af skyerne og op til 100 km over jordens overflade.

### 3.2 Resultater

Terma udgør en central dansk aktør ift. ESA og aktiviteterne hos Terma udgør en væsentlig andel af den samlede værdi for danske ESA-kontrakter. For perioden fra og med 2006 til og med 2015 udgør den samlede værdi af ESA-kontrakterne hos Terma omtrent 635 mio. kr., svarende til ca. 43% af den samlede værdi for danske ESA-kontrakter i denne periode.<sup>8</sup>

### 3.3 Perspektiver og muligheder

I Danmark står Terma uden sammenligning inden for udvikling og produktion af højteknologisk udstyr til rumfartsindustrien. Det er en klar styrke for den danske rumindustri, ikke mindst for universiteterne, at have en dansk virksomhed af en kaliber, der kan matche kravene fra ESA og andre opdragsgivere, og skabe succesfulde missioner under ekstreme konditioner.

<sup>8</sup> Seismonaut på basis af data fra ESA vedr. danske ESA-kontrakter i perioden 2006-2015. Bemærk at kontraktsummen er beregnet på basis af ikke-vægtede kontrakter.

## 4 FORCE Technology

FORCE Technology, der er et GTS-institut udvikler med sine høje teknologiske kompetencer et raketdyse-design for ESA, som skal bruges til den nye Ariane 6 raket, som er en løfteraket, der skal sende satellitter i kredsløb i kommende to årtier.

### 4.1 Aktiviteter

FORCE Technology er en teknologisk rådgivningsvirksomhed, der ud over at tilbyde rådgivning og service på en lang række områder indenfor industrien også som GTS forpligter sig på at udbrede ny viden og nye teknologier, der udvikles gennem arbejdet, til dansk industri som helhed.

I FORCE Technology har man i to årtier arbejdet med at forbedre rum- teknologi. Gennem arbejde med udvikling og produktion af metal- og kompositmaterialer til rumfart, som netop er blandt de mest krævende felter grundet de ekstreme forhold der optræder, er FORCE Technology blevet førende på fire kernekompetencer:

- Sensor-teknologi
- Automatisering
- Ikke-destruktiv prøvning (NDT)
- Lasersvejsning og additiv produktion.

Med dyb ekspertise indenfor disse fire områder er der åbnet op for nogle muligheder for forskellige spin-offs, hvor den udviklede teknologi anvendes i andre henseender – eksempelvis inden for fødevarerproduktion. Når det kommer til udvikling af rumteknologier og kompetencer er det netop under meget høje specifikationskrav. De teknologier der udvikles kan derfor ofte overføres til en bred vifte af problematikker inden for industrien, hvor man ellers ikke ville være gået så langt udviklingen.

Siden 1996 har FORCE Technology arbejdet på at udvikle raketdyse-design i samarbejde med ESA, hvor kombinationen af røntgen og præcisions-svejsning har skubbet området til et nyt niveau.

ESA efterspurgte et nyt dyse-koncept, der skulle sikre Europas førende position inden for dyser til raketmotorer. Konceptet skulle kunne tilpasses forskellige motorer og reducere produktionsomkostninger og gennemløbstid - uden at kompromittere driftssikkerheden.

Udstødningsgasserne i en raket-dyse når op på ca. 3000°. Det er en belastning som metal og stål normalvis ikke tåler. Derfor har FORCE Technology udviklet en metode til at svejse kanaler, med en tiendedel millimeters præcision, ind i dysernes struktur, så det bliver muligt at lede flydende brint ned langs siderne på dysen, hvilket sikrer, at dysen ikke kommer over de 700°C, som det materialet tåler.

Hver enkelt dyse har omkring 1400 svejsninger. Selv den mindste fejl ved én af disse svejsninger kan resultere i katastrofe ved opsendelsen. FORCE Technology har derfor udviklet en avanceret og automatisk røntgenscanner til kvalitetssikring, der med enorm præcision scanner samtlige svejsninger i en dyse på blot 8 timer. En operation der ville tage op til et par måneder, hvis den skulle udføres manuelt af et hold af teknikere.

Ud over det formål som røntgenscanneren er bygget til, har den også været i brug i andre sammenhænge, fx har den været anvendt i forbindelse med kvalitetskontrol af rotorbladene på nogle af forsvarets helikoptere med det formål at undgå unødigt indkøb af nyt materiel til mange millioner kroner.

Røntgensorteknikken har også fundet anvendelse inden for fødevarerproduktion, hvor den anvendes til præcisions- og kvalitetssikring så man eksempelvis undgår, at der opstår fejl i forbindelse med pakningen af fødevarerprodukter.



*Ariane 5 løfteraket under opsendelse, hvor dyserne er spidsbelastede (rettigheder ESA)*

## 4.2 Resultater

Grundlæggende for de resultater FORCE Technology har opnået gennem deres arbejde med rumteknologi er især deres udvikling og brug af røntgen under konstruktion af raketdyser værd at nævne, idet teknologierne udviklet på dette område netop er blevet overført til industrierne, hvor det hjælper til at sikre produktionskvalitet og mindske fejl og spild.

FORCE Technologys udvikling af instrumenter er forskellige fra andre aktører på den måde at de som sådan ikke udvikler instrumenter til udforskning af rummet, men snarere udvikler instrumenter til at sikre produktion af de bedst mulige raketdyser, der må anses for at være en af de mange mulighedsbetingelser for udforskning overhovedet, da de løfteraketter som dyserne sidder anvendes i opsendelse af satellitter, materiale til brug under forsøg på ISS etc.

De røngtenteknologier, som FORCE Technology har udviklet gennem de sidste to årtier er qua deres status som GTS-institut ikke forblevet inden for egne fire vægge. Som førnævnte eksempler illustrerer, kan teknologien bidrage til markante besparelser og produktivitetsforbedring i andre offentlige og private sektorer.

## 4.3 Perspektiver og muligheder

Udvikling af rumteknologi og de spin-offs som dette afføder, kan ifølge FORCE Technology give omsættes til industrien, og har i flere tilfælde vist sit værd. Som GTS arbejder FORCE Technology kontinuerligt med at sikre danske virksomheder adgang til højteknologiske kompetencer, der kan gavne virksomhedernes resultater ved at reducere produktionsomkostningerne samt øge produktionsevnen og inspektionshastigheden.

FORCE Technology er lykket med at komme med på ESA projekter, såsom ARIANE 6 (projektet hvortil raket-dyserne er udviklet), til trods for at Danmark som nation ikke bidrager til projektet. Grundet fraværet af et dansk bidrag har FORCE Technology ikke haft mulighed for at være direkte tilknyttet som projektpartner. Når FORCE Technology alligevel er kommet med, skyldes det, at en projektpartner fra et andet land har hyret virksomheden ind som underleverandør. Dette kan tilskrives FORCE Technology's høje specialisering, men helt generelt kan det ikke forventes, at danske virksomheder på denne måde skaffer

sig adgang til projekterne uden at have nationale bidrag til de frivillige programmer i ryggen.

For at en GTS-virksomhed som FORCE Technology kan fortsætte med at omsætte de innovative teknologier fra rumforskningen til den danske industri, er det altså vigtigt at Danmark ikke blot er medlem af ESA, men også at vi som land deltager i ESAs missioner så de kan sikre sig plads på de relevante kontrakter frem for at lade det være op til tilfældighederne.



## Del 3: Danske teknologiske kompetencer

Det teknologiske hovedområde omfatter i kortlægningen udvikling af ny teknologi, der udspringer af rummissioner og som kan bringes i anvendelse i andre sammenhænge. Forskellen på instrumenter og teknologi er, at instrumentet bygges til at tjene ét specifikt (videnskabeligt) formål, mens teknologier potentielt kan skaleres og kommercialiseres på et bredere marked.

I et snævert perspektiv, udgør rumerhvervet i Danmark måske et relativt lille nichemarked. Den seneste opgørelse viser således, at virksomhederne i 2016 realiserede en samlet omsætning på ca. 5,3 mia. kr. Med til dette billede hører dog især to perspektiver:

1. Væksten i rumerhvervet er samlet set på 16% siden 2013 og er dermed væsentligt højere end den generelle vækst blandt danske virksomheder i samme periode. Den seneste analyse peger også på, at rumerhvervet kan forventes at realisere en omsætning på mindst 7 mia. kr. i 2020, under forudsætning af, at erhvervet fortsætter med at udvikle sig med den samme årlige gennemsnitlige vækst over de næste 5 år.<sup>9</sup>
2. I tillæg hertil kommer den økonomi, som udviklingen af rumrelaterede instrumenter og teknologier kan medføre på andre markeder. Den seneste analyse af betydningen af ESA-samarbejdet for den danske økonomi viste således, at hver mio. kr., som Danmark investerer i ESA-samarbejdet, genererer en samlet omsætning (spin-off) blandt danske virksomheder på i alt 4,5 mio. kr. For så vidt angår betydningen af ISS, viste analysen, at en investering på en mio. kr. genererede en samlet omsætning blandt danske virksomheder på i alt 2,3 mio. kr.<sup>10</sup>

<sup>9</sup> Styrelsen for Forskning og Uddannelse, 2017: *Opfølgning på den danske rumstrategi. Implementeringsplan nummer 2*

## 1 AAU Cubesat – Aalborg Universitet

På Aalborg Universitet har man siden 2001 fabrikeret og opsendt 5 nanosatellitter, som er blevet produceret af de studerende ved universitetets elektronikingeniøruddannelse.

### 1.1 Aktiviteter

Aalborg Universitet har siden 2001 på et studenteropfordret initiativ arbejdet med at fabrikere og opsende nanosatellitter. Uddannelse af elektronikingeniører er derfor blandt andet sket gennem at arbejde med og udviklingen af nanosatellitter. Al udvikling og produktion har således ligget ved de studerende, hvor de har kunnet teste og anvende deres erhvervede ingeniørkompetencer på et af det sværeste og mest krævende ingeniørområde overhovedet, instrumenter der skal kunne håndtere at være i rummet.

### 1.2 Resultater

Trods det kan være svært at opsætte summerede omsætningstal kan en række resultater tilskrives Aalborg Universitet og de studenterdrevne satellitprojekter. Man har som nævnt gennem årene opsendt 5 nanosatellitter opsendt alene på studerendes arbejde og indsats. Der eksisterer i dag 2 danske rumvirksomheder, der er udsprunget direkte af AAU Cubesat-projektet og stiftet af tidligere studerende. Dertil har elektronikingeniøruddannelsen en ganske lav frafaldsrate set i forhold til andre uddannelser og det er til trods for at hele 25% af de studerende kommer fra ikke-akademiske hjem, Når de studerende er færdige, er det på samme måde nemt for dem at få job grundet deres høje uddannelsesniveau, som følge af arbejdet med rumteknologi, der som nævnt stiller ekstremt høje krav til både materiel, design etc.

<sup>10</sup> Styrelsen for Forskning og Uddannelse, 2008: *Evaluation of Danish Industrial Activities in the European Space Agency (ESA)*



AAUSAT5 og GOMX-3 forlader ISS (rettigheder tilhører Nanoracks/NASA)

På uddannelsen har man også haft fokus på at sikre samarbejde med virksomheder og den kommercielle side af industrien.

*“Vi har lavet forsknings-samarbejde med GomSpace, erhvervs Ph.d.er omkring ADSB modtagere, en modtager der kan overvåge lufttrafik. GomSpace har det som produkt på hylden i dag. En lille modtager på 8 x 8 cm, printplade, der koster et par hundrede tusinde og det er så direkte spundet ud af noget studenter skabt.” – Interview med lektor fra Institut for Elektroniske Systemer.*

De forholdsvis få og målrettede aktiviteter har alligevel sat sine spor som resultater, både internt på Aalborg Universitet, men også for den kvalitet de som universitet kan levere samt for helt konkrete varer på hylderne i den kommercielle sektor. Om cost benefit balancen på sådanne projekter, siger en lektor fra Institut for Elektroniske Systemer:

*“Det koster ca. 400.000 kr. for at sende en satellit, ser man så på prisen for at lave den satellit, så koster den 1,3 mio. Jeg har nok kørt 30 kandidater ud gennem sådan et forløb, som alle bliver super dygtige til det de skal, der ser jeg en kæmpe værdi, den pris kan man ikke engang lave en Ph.d., der skriver små 30 artikler til en konference på den anden side af verden, for.” – Interview med lektor fra Institut for Elektroniske Systemer.*

Ved institut for Elektroniske Systemer har man fundraiseret for at kunne finansiere arbejdet med Cubesat. For 2 af de 5 satellitter er opsendelsen betalt og orkestret af ESA, for resten har instituttet selv måttet søge midler.

### 1.3 Perspektiver og muligheder

Hvor grundforskning er mere mobil kan det miljø, der er opstået omkring Aalborg Universitet og Institut for Elektroniske Systemer ikke sådan uden videre flyttes. Det miljø, der opstået omkring uddannelsen og satellitprojekterne, rækker samtidigt udover universitetsverdenen. Det er netop samarbejder virksomheder, både leverandører af elektronik og komponenter samt de som aftager færdiguddannede elektronikingeniører. Der er således en sammenhæng, hvor virksomheder, der økonomisk støtter projekterne, gerne ansætter færdige ingeniører direkte, grundet det høje niveau de uddannes til.

*“Vi får eksempelvis gerne printpladerne til 5% af prisen kommercielt, fordi de jo synes det er sjovt at være med og på den måde er det en indirekte støtte.” – Interview med lektor fra Institut for Elektroniske Systemer.*

Trods det veletablerede miljø og de gode samarbejder, har man dog fortsat en udfordring med at søge midler til at holde det i gang. Da man i projekterne netop mikser uddannelse og forskning, er det ofte vanskeligt at få fondsmidler, da de ofte er rettet mod enten uddannelse eller forskning.

## 2 GomSpace

GomSpace blev grundlagt i 2007 og har siden været engageret i det globale marked for rumssystemer og -tjenester ved at introducere nye produkter, dvs. komponenter, platforme og systemer baseret på innovation inden for professionel nanosatellit-teknologi.

### 2.1 Aktiviteter

GomSpace tilbyder omkostningseffektive pålidelige delsystemer og platformløsninger til det voksende nanosatellit-marked. En nanosatellit er ikke større end en kaffekande og bygget op af kvadratiske moduler på 10 x 10 cm. Nanosatellitter er attraktive, fordi udviklingstiden er kort, de er bygget med standardkomponenter fra smartphone-industrien og fordi fylder meget lidt i lastrummet på en rumraket. Levetiden for en nanosatellit er normalt på 1 år. Til gengæld er det billigt og nemt at sende nye op i rummet.

GomSpace er noteret på børsen i Stockholm, har hovedkontor i Danmark og et datterselskab i Sverige, ligesom virksomheden for nylig har etableret kontorer i USA, Singapore og Luxemburg. Virksomheden har mere end 200 ansatte og servicerer kunder i mere end 55 lande.

### 2.2 Resultater

GomSpace har i samarbejde med ESA udviklet nye produkter til satellitter og afprøvet disse i rummet. På exploration-området er GomSpace aktuelt involveret i et ESA-studie, der har til formål at belyse, hvordan nanosatellitter kan fungere som supplement til ubemandede rummissioner.

GomSpace har desuden været kommercielt involveret i ExoMars, ligesom virksomheden var en del af det danske konsortium, der var involveret i udviklingen af måleinstrumentet LAMDA (Laser Anemometer and Martian Dust Analyser), som havde til formål at måle vindhastighed, vindretning og støvaflejringer på Mars. Herudover har GomSpace fungeret som underleverandør til flere internationale projekter, hvor virksomhedens produkter er blevet anvendt til exploration-formål. Dette omfatter bl.a. projekter drevet af NASA og belgiske forskningsinstitutioner.

### 2.3 Perspektiver og muligheder

GomSpace ser store muligheder fremadrettet. De vurderer, at ESA er ved at gøre klar til at anvende nanosatellitter til exploration-formål. Dette kommer bl.a. til udtryk i den videnskabelige M-ARGO mission (Miniaturised Asteroid Remote Geophysical Observer), hvor GomSpace fungerer som ”prime”.

Budgettet for missionen lyder samlet på 25 MEUR og rummer store potentialer for både at kunne beskæftige et stort antal ingeniører og for den videre teknologudvikling. Det er en branche, der vil opleve eksplosiv vækst i de kommende år, og Danmark har på grund af fremsynede iværksættere og forskningsindsatser på universiteterne nogle enestående muligheder for at blive en af verdens førende nationer på området.

### 3 Innovationsfonden

Innovationsfonden uddeler midler til initiativer, som skaber vækst og arbejdspladser gennem viden. Fonden støtter forskelligartede projekter i et bredt felt dog inden for tre overordnede temaer: Grand Solutions, InnoBooster og Talent. Inden for de seneste to år har fonden også støttet en række projekter, der relaterer sig direkte til aktiviteter, som udspringer af rumforskning under temaet Grand Solutions.

#### 3.1 Aktiviteter

I Innovationsfonden har man fået øje på de gevinster, der ligger i at investere i rumteknologier, ikke blot i form af øget omsætning for de lande og virksomheder, der deltager i udviklingen og i salget af teknologierne, men også for at drive teknologierne frem mod nye og forbedrede muligheder og forhold her på jorden:

*”Rummet har i årtier været genstand for mange forskningsrelaterede aktiviteter. Med blandt andet GPS og satellitovervågning af vind, vejr, hav, og meget andet er vi begyndt at udnytte potentialet af rumteknologier. Innovationsfonden ønsker med opslaget at bringe rummet ”ned på jorden”, så nye teknologier kan skabe vækst og værdi for danskerne” - Tore Duvold, vicedirektør i Innovationsfonden.<sup>11</sup>*

På baggrund af denne indsigt samt tilkomsten af Danmarks første rumstrategi i 2015, åbnede man i oktober 2016 ved Innovationsfonden en pulje på 15 mio. kr. Puljen lagde direkte op til at ansøgere skulle nytænke og innovere på baggrund af den mangeartede data man i dag har tilgængelig fra en lang række satellitter og måleinstrumenter, der direkte er kommet til som følge af rumforskningen gennem tiden. På baggrund af en ny national rumstrategi pr. juni 2016 samt en national dronestrategi pr. September 2016 åbnede fonden op for endnu en pulje på 25 mio. kr. i marts 2017. For begge områder vægtede fonden ansøgninger, der fokuserede på *”radikale og/eller ”disruptive” ideer, der kan åbne for nye markeder eller løse eksisterende problemer på en ny og værdiskabende måde.”*<sup>12</sup>

<sup>11</sup> <https://innovationsfonden.dk/da/presse/innovationsfonden-investerer-millionbeloeb-i-dansk-rumforskning>

<sup>12</sup> <https://innovationsfonden.dk/da/soegemulighed/rumteknologi-og-droneforskning>

<sup>13</sup> Aquaporin modtog i juni 2014 Den Europæiske Patentmyndigheds ”European Inventor Award” for udviklingen af en teknologi, der renser vand med protein

#### 3.2 Resultater

Innovationsfonden har de seneste par år støttet rumteknologi og udvikling af teknologier på mange forskellige områder. I det følgende præsenteres nogle af de projekter som Innovationsfonden har støttet.

##### **Dansk forsøg i rummet skal ruste os til at udforske universet i fremtiden**

Fra 2013-2017 støttede fonden et projekt hvor den danske virksomhed Aquaporin fik testet sine vandrensingsfiltre på ISS via Andreas Mogensen. Ud over at Aquaporins membraner til vandrensning er blandt de førende teknologier<sup>13</sup>, der kan sikre mulighed for fremtidige bemandede rejser ud i rummet er det en teknologi der også bliver mere og mere relevant her på jorden:

*”Det faktum at vi nu er klar med vores nyskabende teknologi med henblik på test i rummet, åbner også op for utallige muligheder for at anvende denne teknologi på jorden. Vi er klar til affyring, og ser frem til at nå stjernerne.” Peter Holm Jensen, administrerende direktør hos Aquaporin.<sup>14</sup>*

##### **Danske satellitkompetencer skal revolutionere klodens mobildækning**

Fonden støttede i 2017 de to danske virksomheder, GomSpace og 2operate med 7,5 mio. kr., i et projekt med formålet at skabe en platform til styring af såkaldte megakonstellationer. En samling af hundreder eller tusinder af nanosatellitter, der i et samlet netværk vil kunne sikre en langt bedre mobildækning end det vi kender i dag.

*”Det [nanosatellit-branchen] er en branche, der vil opleve eksplosiv vækst i de kommende år, og Danmark har på grund af fremsynede iværksættere og forskningsindsatser på universiteterne nogle enestående muligheder for at blive en af verdens førende nationer på området.” - CEO i 2operate<sup>15</sup>*

<sup>14</sup> <https://innovationsfonden.dk/da/presse/dansk-produkt-testes>

<sup>15</sup> <https://innovationsfonden.dk/da/presse/danske-satellitkompetencer-skal-revolutionere-klodens-mobildækning>

## Dansk radioteknologi skal booste brugen af nanosatellitter i rummet

I september 2017 valgte fonden at støtte udviklingen af ny, bedre og mere effektiv antennteknologi til nanosatellitter med 28 mio. kr. Formålet med projektet var at sikre at nano-satellitterne i højere grad skal kunne overtage nogle af de funktioner, der i dag hviler på de større og langt dyrere producerede satellitter. Formålet her er at sikre vækst og arbejdspladser i Danmark, da Aalborg Universitet huser nogle af de førende eksperter på teknologien bag mobilantennen der blev udviklet i Danmark i halvfemserne, sidder de som forskningen på antennesiden, hvor nye mindre antenner med større kraft skal udvikles, dertil er de to andre partnere GomSpace og DANA Elektronik A/S førende indenfor to andre vigtige felter hhv. nano-satellit teknologi og elektronisk print.

*“Partnerne forventer, at projektet vil lede en væsentlig meromsætning og understøtte skabelsen af flere hundrede jobs i Danmark relateret til nano-satellitindustrien.” (partnere: GomSpace, Aalborg Universitet og DANA Elektronik A/S) <sup>16</sup>*

<sup>16</sup> <https://innovationsfonden.dk/da/presse/dansk-radioteknologi-skal-booste-brugen-af-nano-satellitter-i-rummet>

## Data fra rummet skal sætte gang i danske vindmøller

I 2017 støttede fonden projektet InnoWind med 5 mio. kr. Det er DTU Vindenergi, som står bag projektet med partnerne, DHI GRAS A/S, EMD International, Vestas og Vattenfall. Det er imidlertid relevant i forbindelse med rumerhvervet, da målet netop er at udnytte satellitdata til at forbedre de matematiske formler man i dag benytter til at forudsige en vindmølles energiproduktion.

*“I dag anvender man meget simple tabeller til at se på, hvordan vinden blæser benover landskabet. InnoWind vil give de tabeller baghjul ved at udnytte en helt ny generation af satellitter fra European Space Agency (ESA). Ud fra de satellitdata vil parterne fremstille geografiske kort, der er mere præcise, og som dækker hele verden.” <sup>17</sup>*

### 3.3 Perspektiver og muligheder

Det er tydeligt at der de seneste par år har været fokus på at udvikle og innovere indenfor rumerhvervet og at man her ser mange potentialer. Danmark står i en unik position i forbindelse med fx satellit teknologi, da der som beskrevet eksisterer nogle stærke aktører på baggrund af den forskning og udvikling der tidligere har været på feltet.

Ved at støtte projekter indenfor rumerhvervet er Innovationsfonden med til at sikre den fortsatte udvikling, skabe lokale arbejdspladser og vækst i landet, men de er også at åbne nye muligheder for innovative forretningsmodeller. Hvor eksisterende produktioner kan udvides eller nye modeller kan opstå.

<sup>17</sup> <https://innovationsfonden.dk/da/presse/data-fra-rummet-skal-saette-gang-i-danske-vindmoeller>

## Del 4: Danske humanfysiologiske kompetencer

Hovedområdet "sundhed" omfatter i kortlægningen udvikling af ny viden om humanfysiologi, medicin og sundhed som muliggør astronauters tilstedeværelse i rummet.

ISS og astronauterne ombord på ISS udgør et omdrejningspunkt for dette område. Vedligeholdelse af astronauter i sund tilstand i et ekstremt og fjendtligt miljø i rummet kræver investeringer i avancerede instrumenter og stor involvering af videnskabelige kompetencer.

Astronauternes ophold i vægtløshed har vist sig at rumme ny viden om betydningen af tyngdekraften for vores kropsfunktioner. I Danmark har forskere også haft en tradition for at udvikle og foretage forsøg på ISS. Her har man især arbejdet med det humanfysiologiske i forbindelse med kroppens og cellernes opførsel og forandring i vægtløs tilstand.

Fra Aarhus Universitet, har man f.eks. forsket i kræftcellers opførsel i vægtløs tilstand, hvor det har vist sig at nogle typer af kræftceller har svært ved at overleve og formere sig, hvilket giver unikke muligheder for at undersøge muligheder for bedre at komme lignende celler til livs her nede på jorden.

Arbejdet med at holde astronauterne sunde har også vist, at langvarige rumflyvninger kan medføre knogletab, muskelsvind, immunologiske problemer, hjertekar-problemer og problemer med sårheling. Vi har i dag ikke nok viden om, hvorfor dette er tilfældet. Derfor er en forskergruppe fra Aarhus Universitet involveret i et projekt, der skal skabe større klarhed over virkningen af reduceret tyngdekraft.

Forskningsresultaterne medvirker til at der i disse år er ved at fremvokse et helt nyt forskningsfelt - et forskningsfelt, hvor der er ikke er så lang vej fra grundforskning til anvendelse.

## 1 Biomedicinsk Institut, Københavns Universitet

Biomedicinsk Institut blev dannet den 1. januar 2007 for at samle ressourcerne fra fem institutter i ét stærkt institut med fokus på grundforskning, der har et klinisk perspektiv, og som søger at bidrage med ny viden til gavn for diagnostik og patientbehandling. Institutets forskning er transnational og placeret i krydsfeltet mellem basal sundhedsforskning og klinik/industri. Målet er at skabe ny viden, som kan bruges til forebyggelse og behandling af sygdomme.

### 1.1 Aktiviteter

I 2006 blev Peter Norsk udnævnt som den første professor i rummedicin i Danmark - et professorat, der skulle styrke Københavns Universitets forskning på det humanfysiologiske område. Peter Norsk var tidligere leder af Rummedicinsk Center på Rigshospitalet og havde gennem en årrække været tilknyttet luftvåbnet som rådigheds-reservelæge. Peter Norsk var derudover den første danske forsker, der gennemførte forsøg med astronauter på rumstationen. Formålet med de første forsøg var at afdække effekterne af vægtløs tilstand på den menneskelige organisme. Peter Norsk er siden flyttet til USA og arbejder i dag som chef-forsker på Johnson Space Center i Houston.

I sin tid på Københavns Universitet fungerede Peter Norsk bl.a. som vejleder for Lonnie Grove Petersen, som er læge, ph.d., postdoc og ansat ved Biomedicinsk Institut på Københavns Universitet. Lonnie forsker i sammenhængen mellem de symptomer, som astronauter udviser i rummet, og de symptomer, som patienter med forhøjet tryk i hjernen bliver ramt af nede på Jorden.

Forskningen finansieres af forskellige aktører, herunder bl.a. af Novo Nordisk Fonden. Hovedparten af hendes forskning udføres i samarbejde med NASA, mens de kliniske forsøg afvikles på Rigshospitalet.

*"(...) astronauter er faktisk vores kontrolgruppe, fordi de normalt er raske og ikke oplever nogen symptomer. Den viden, vi får fra astronauterne, kan udnyttes på Jorden, så det ikke kun er de få hundrede astronauter, men den samlede verdensbefolkning, der kan få gavn af arbejdet" - Lonnie G. Petersen, Biomedicinsk Institut på Københavns Universitet.<sup>18</sup>*

<sup>18</sup> <https://videnskab.dk/naturvidenskab/forskning-i-astronauters-hovedpine-skal-hjaelpe-patienter-paa-jorden>



## 1.2 Resultater

Lonnie Petersen har siden 2005 været medforfatter til 11 videnskabelige publikationer, herunder artikler i internationalt anerkendte tidsskrifter. Lonnie Petersen samarbejder med en række virksomheder inden for rumerhvervet, herunder bl.a. Danish Aerospace Company og Ohmatex, ligesom Lonnie Petersen samarbejder med Niels Bohr Institutet og NASA på tre aktuelle forskningsprojekter. Hendes forskning har allerede vist markante resultater.

### **Nogle kropsfunktioner er afhængige af tyngdekraften**

Omkring halvdelen af alle astronauter, som har opholdt sig på rumstationen igennem længere tid, oplever problemer med synet. Hos nogle astronauter forsvinder synsforstyrrelserne ikke, når de kommer ned på Jorden igen, og forskerne ved endnu ikke, præcist hvorfor astronauternes syn bliver dårligere i rummet. Nye undersøgelser og eksperimenter viser, at forsøgspersoner, som befandt sig i vægtløshed, havde relativt lavt tryk i hjernen.

Studiet er det første af sin art, for det er første gang, man har målt hjernens tryk direkte under vægtløshed. Ifølge Lonnie Petersen er den rummedicinske forskning i rivende udvikling og et forskningsfelt, som i dag er markant anderledes grundet forsøgs- mulighederne med astronauterne på rumstationen.

*“Vi lærer reelle nye ting i disse år og jeg kan ikke komme på andre områder, hvor ny viden skabes lige så hurtigt” – Interview med Lonnie G. Pietersen, Biomedicinsk Institut på Københavns Universitet.*

Forskningsresultaterne medvirker til at der i disse år er ved at fremvokse et helt nyt forskningsfelt, som handler om betydningen af den vægtløse tilstand for den menneskelige fysiologi og hvordan kropsfunktioner er afhængige af tyngdekraften. Samtidigt er der tale om et forskningsfelt, hvor der ikke er så lang vej fra grundforskning til anvendt forskning, selvom det ifølge Lonnie Petersen ikke er et mål i sig selv at der skal være kort vej mellem de to. Lonnie Petersen fremhæver endvidere, at det er vigtigt at holde den rette balance mellem grundforskningen og den anvendte forskning og at vi skal passe på at forskningen ikke foregår på et alt for kortsigtet plan.

Vedligeholdelse af mennesker i sund tilstand i et ekstremt og fjendtligt miljø i rummet kræver investeringer i avancerede instrumenter og stor involvering af videnskabelige kompetencer. Astronauternes ophold i vægtløshed har vist sig at rumme ny viden om betydningen af tyngdekraften for vores kropsfunktioner. Forskningsresultaterne medvirker til at der i disse år er ved at fremvokse et helt nyt forskningsfelt - et forskningsfelt, hvor der er ikke er så lang vej fra grundforskning til anvendelse.

Lonnie Petersen ser aktuelt en spændende bevægelse, hvor kommercielle aktører indtager en større og større rolle i udforskningen af rummet og dermed også en bevægelse frem mod at kommercielle aktører i større og større grad også bliver drivere for udviklingen og for inddragelsen af forskningen.

## 1.3 Perspektiver og muligheder

Lonnie Petersen peger som nævnt på at et nyt forskningsfelt er på vej til at opstå, grundet forsøgsmulighederne med astronauterne på rumstationen - et forskningsfelt med tætte koblinger mellem grundforskningen og den anvendte forskning.

Hun ser dog samtidigt en udfordring i at kunne fastholde et stærkt dansk forskningsmiljø på dette område, primært fordi rammevilkårene de senere år er blevet meget vanskelige. Derfor er hun nødsaget til at søge mod de aktører, som kan medvirke til at medfinansiere hendes forskning og hun fremhæver her de muligheder som nogle amerikanske universiteter kan tilbyde sammenlignet med danske universiteter.

Eksempelvis kan der på nogle amerikanske universiteter i højere grad arbejder kommercielt med forskningsprojekter, mod at ejerskabet for fx et patent, tilhører universitetet. Her savner hun at danske universiteter er lige så progressive i måderne at indhente finansiering på, ligesom hun fremhæver at der er behov for mere sikker finansiering til den rummedicinske forskning i Danmark for at vi kan opretholde vores position på området. Lonnie Petersen forlod i 2016 Danmark for at arbejde ved det amerikanske University of California i San Diego.

## 2 Aarhus Universitet, Institut for Biomedicin

Institut for Biomedicin forsker i menneskets biologi og sygdomme. Derudover rådgiver Instituttet myndighederne omkring lægemidler. Instituttet blev dannet i 2011 ved en fusion af seks biomedicinske institutter: Anatomisk Institut, Institut for Medicinsk Biokemi, Institut for Fysiologi og Biofysik, Institut for Human Genetik, Institut for Medicinsk Mikrobiologi og Immunologi samt Institut for Farmakologi. Forskere ved Institut for Biomedicin ved Aarhus Universitet udgav i 2015 knap 10.000 videnskabelige publikationer i form af bøger, bidrag til bøger, forskningsartikler, kronikker mv.

### 2.1 Aktiviteter

På Institut for Biomedicin forskes der i cellulære og molekulære teknikker, eksempelvis cellebiologi, biomembrantransport, celletransport, epitelial transport, stereologi, cellulær genetik, human genetiske og epigenetisk teknikker, proteomics og massespektrometri - alle med relevans for en lang række studier inden for cellefysiologi og celle patologi. Forskningen dækker over grundforskning, transnational forskning og tværdisciplinær forskning. Resultaterne bruges til forbedret diagnostik, rådgivning og patientbehandling.

Forskningen organiseres bl.a. i en række forskningsgrupper, heriblandt en gruppe som ledes af professor Daniela Grimm og som forsker i rummedicin og betydningen af vægtløshed for menneskeceller. Forskergruppens arbejdet er i høj grad internationale og forskningen sker i tæt samarbejde med forskere fra blandt andet Tyskland, Kina og USA.

*“Jeg kunne ikke forske i rummedicin uden at arbejde internationalt. Dels kan vi kun få adgang til rumflyvninger fra udlandet, og dels er det utrolig vigtigt at deltage i de internationale konferencer, hvor vi møder eksperter og finder nye samarbejdspartnere. Det er afgørende for forskningen, at vi finder hinanden og udveksler viden” - Daniela Grimm, Institut for Biomedicin på Aarhus Universitet.<sup>19</sup>*

Det internationale element i forskningen understreges også af, at finansieringen finansieres af udenlandske aktører, herunder fx af den tyske rumorganisation DLR, og at forskningen ofte foregår i samarbejde med ESA eller NASA.

Forskningen omfatter bl.a. forsøg med menneskeceller i simuleret vægtløshed på Jorden, men også forsøg med menneskeceller i vægtløshed på ISS. Fra forskningen i menneskeceller i simuleret vægtløshed på Jorden ved forskerne, at celler kan vokse tredimensionelt, ligesom de gør i kroppen. Men, forskerne har indtil nu ikke tilstrækkelig viden til at afklare, hvordan menneskeceller vokser under rigtig vægtløshed. Derfor har instituttet bl.a. medvirket til opsendelsen af menneskeceller til den internationale rumstation.

Forskerne har i dag klarhed over at, der langvarige rumflyvninger kan medføre sundhedsmæssige problemer som knogletab, muskelsvind, immunologiske problemer, hjerte-kar-problemer og problemer med sårheling. Forskerne har dog ikke fuld klarhed over hvorfor dette er tilfældet og derfor deltager forskergruppen på Institut for Biomedicin i et internationalt team, der udfører PRODEX-projektet "Sårheling og suturer under vægtløshed" (ESA). Projektet skal bl.a. skabe større klarhed over virkningen af reduceret tyngdekraft for sårheling.

---

<sup>19</sup> Aarhus Universitet, 2014: "Profilbrochure 2013/2014"



Masseultralydsscanning af Andreas Mogensen på ISS (rettigheder: Danish Aerospace Company)

Et andet vigtigt forskningsområde er kræftforskning i rummet. Eksperimenter med kræftceller udført i vægtløshed er i øjeblikket et varmt emne - bl.a. fordi det har vist sig, at vægtløshed ændrer biologiske nøgleprocesser, såsom celledød og celledeling. Rumflyvningeksperimenter har leveret de første data, der viser, at skjoldbruskkæftceller taber evnen til at dele sig i vægtløshed. Institut for Biomedicin planlægger at undersøge brystkræftceller på en ISS-mission i 2022 og også efter ISS-æraen.

Langvarige rumflyvninger kan medføre knogletab, muskelsvind, immunologiske problemer, hjerte-kar-problemer og problemer med sårheling. Vi har i dag ikke nok viden om, hvorfor dette er tilfældet. Derfor er en forskergruppe fra Aarhus Universitet involveret i et projekt, der skal skabe større klarhed over virkningen af reduceret tyngdekraft. Et andet vigtigt forskningsområde er kræftforskning i rummet. Det har vist sig, at vægtløshed ændrer biologiske nøgleprocesser, såsom celledød og celledeling. De første data peger fx på, at skjoldbruskkæftceller taber evnen til at dele sig i vægtløshed.

## 2.2 Resultater

Forskningen rummer store potentialer, ikke mindst i forhold til at kunne bidrage til en kur mod kræft, men også i forhold til at kunne fremstille kunstige blodkar og væv:

*“Hvis vi kan blive klogere på, hvordan cellerne vokser tredimensionelt, er det vores håb, at vi på sigt kan lave forløbere til kunstige blodkar. Når man i dag skal bruge væv ved operationer, er man nødt til at tage det et andet sted på patientens krop. Det giver helt nye muligheder, hvis vi kan fremstille det kunstigt” - Daniela Grimm, Institut for Biomedicin på Aarhus Universitet.<sup>20</sup>*

Forskerne i forskergruppen har siden 2008 været medforfatter til mere end 85 videnskabelige publikationer, herunder artikler i internationalt anerkendte tidsskrifter.

<sup>20</sup> <https://www.fyens.dk/indland/Danske-menneskeceller-i-rummet-til-forsog/artikel/2973806>

### 3 Ohmatex

Ohmatex blev grundlagt i 2004 og er en mindre virksomhed med 13 medarbejdere med kompetencer inden for bl.a. elektronik, software, tekstil, sundhedsteknologi, mekanik og industrielt design

#### 3.1 Aktiviteter

Når tyngdekraften forsvinder, påvirker det astronauternes muskelmasse negativt og skaber ubalance i kroppens blod- og væskefordeling. Det kræver minimum 2 timers effektiv daglig træning. I 2009 fik Ohmatex kontrakt med ESA om at udvikle en intelligent strømpe, der kan monitorere muskelaktivitet og væskeforskydning under træning. Udstyret holder øje med, hvor effektiv træningen er og hvilke øvelser, der virker.

Dialogen med ESA omkring 2009-kontrakten kom i stand som følge af virksomhedens deltagelse i et netværksarrangement i Danmark, hvor virksomheden for første gang hørte om mulighederne i relation til ESA og herunder om ESAs særlige program for små- og mellemstore virksomheder vedr. nye teknologier - det såkaldte "Leading-Edge Technology Programme for Small and Medium Enterprises (LET-SME)".

Projektet har medført yderligere aftaler med ESA om forskning i måling af muskelaktivitet. Mens 2009-kontrakten havde en kontraktsum på 300.000 €, indgik Ohmatex en ny kontrakt med ESA i 2012 til en samlet værdi på 500.000 €. 2012-kontrakten har fokus på at videreudvikle teknologien og målingerne af astronauternes træningsaktiviteter og betydningen af vægtløsheden for kroppen.

Som en del af arbejdet, har Ohmatex samarbejdet med forskere, herunder personer med høje erfaringer i at måle muskelaktivitet hos elitesportsudøvere og forskere fra Institut for Biomedicin på Københavns Universitet. Teknologien integreres her i en buks, som astronauter benytter under træningen.

#### 3.2 Resultater

Samarbejdet med ESA har på nuværende tidspunkt således ledt frem til en samlet omsætning på ca. 800.000 €. Samarbejdet åbner herudover op for en række potentielle markeder. Sensor-teknologierne kan bruges til at analysere og optimere træningen hos elitesportsudøvere, men kan også bidrage med ny viden om væskebevægelser, hvilket giver ny viden om hjerte- og nyresvigt og kan give et spin-off i forhold til telemedicin ved hjælp af intelligente tekstiler.

Samarbejdet med ESA har haft direkte indvirkning på Ohmatex' aktiviteter og omsætning, ligesom samarbejdet har skabt grundlaget for at videreudvikle sensor-teknologien og for at skabe nye markedsmuligheder. Dette omfatter bl.a. elitesportsudøvere og ældreplejeområdet i form af teknologier, der kan understøtte telemedicin og overvågning.

#### 3.3 Perspektiver og muligheder

Udviklingen af teknologien er som nævnt sket i et tæt samarbejde med forskere, herunder forskere fra Institut for Biomedicin på Københavns Universitet. Virksomheden ser det fremadrettet som en stor udfordring for både virksomheden selv og andre virksomheder, at det danske humanfysiologiske forskningsmiljø ser ud til at være forsvindende.

*"Det er et problem at vi snart ikke har nogen forskere tilbage i Danmark. Forskerne skaber grundlaget for at vi i industrien kan levere teknologien til ESA, og ESA efterspørger hele pakken - både nye eksperimenter og nye løsninger. Forskerne er industriens gatekeeper til ESA" – Interview med Christian Dalsgaard, Ohmatex.*

En konsekvens kan derfor være, at Ohmatex i stedet må orientere sig mod de steder, hvor der findes et stærkt forskningsmiljø, hvilket i øjeblikket synes at være USA. Virksomheden har dog aktuelt ikke kapaciteten til at kunne investere i en evt. lokation på det amerikanske marked, hvilket er nødvendigt for at kunne komme i betragtning til mulighederne på dette marked.

## 4 Danish Aerospace Company

Danish Aerospace Company er et rumteknologisk firma inden for avanceret medicinsk udstyr og andre tekniske områder.

### 4.1 Aktiviteter

Danish Aerospace Company har i løbet af de sidste 25 år bygget og sendt mere end 3 tons medicinsk videnskabeligt udstyr til den internationale rumstation. Udstyret omfatter respiratorisk udstyr, motionsudstyr, bærbar teknologi til overvågning af medicinske nøgleparametre og vandrensningsteknologi. Virksomheden har hovedsæde i Odense og etablerede i november 2017 et datterselskab på det amerikanske marked.

*“Etableringen på det amerikanske marked er et initiativ, vi har forberedt og set frem til i løbet af det sidste halve år. Med datterselskabet satser vi på at komme til at spille en endnu mere aktiv rolle i både NASAs bemandede rumprogrammer og i de mange private rumaktiviteter, som er i gang i USA. Målet er at kunne bidrage med udstyr til en bred vifte af rumflyvninger indenfor overvågning af astronauter og rumturisters sundhed” - Thomas A. E. Andersen, adm. direktør, Danish Aerospace Company.<sup>21</sup>*

### 4.2 Resultater

Danish Aerospace Company udgør en central dansk aktør ift. ESA og virksomhedens aktiviteter udgør en væsentlig andel af den samlede værdi for danske ESA-kontrakter. For perioden fra 2006 til 2015 udgør den samlede værdi af ESA-kontrakterne hos Danish Aerospace Company ca. 135 mio. kr., svarende til ca. 9% af den samlede værdi for danske ESA-kontrakter.<sup>22</sup>

Siden 1988 har firmaet udviklet fem generationer af respirationsfysiologisk måleudstyr til undersøgelse af astronauternes lunger og kredsløb. Udover det lungefysiologiske udstyr er virksomheden også leverandør af kondicykler til brug i rummet. Siden 1993 er der regelmæssigt blevet fløjet kondicykler på alle bemandede opsendelser hos russerne og amerikanerne. Rumkondi- cyklerne har fløjet på den

russiske rumstation Mir samt på alle rumfærger siden 1993 og en af dem er øjeblikket i brug på ISS.

Danish Aerospace Company er endvidere udpeget af ESA til at være et af i alt syv teknisk/videnskabelige kontrolcentre for ESAs videnskabelige udstyr på rumstationen. Et hold af firmaets teknikere bemander kontrolcenteret, når virksomhedens udstyr benyttes eller når der gennemføres videnskabelige eksperimenter som Danish Aerospace Company er ansvarligt for.

Danish Aerospace Company er en central dansk aktør ift. ESA og har i løbet af de sidste 25 år bygget og sendt mere end 3 tons medicinsk videnskabeligt udstyr til den internationale rumstation. Udstyret omfatter bl.a. respiratorisk udstyr, motionsudstyr og vandrensningsteknologi.

### 4.3 Perspektiver og muligheder

Virksomheden ser en række interessante perspektiver fremadrettet. Det gælder i forhold til tankerne omkring en Måne-rumstation eller en månebase på selve månen. Det gælder dog også i forhold til, at kommercielle aktører synes at indtage en større og større rolle i udforskningen af rummet. Dermed åbnes dels op for at virksomhedens kundegrundlag suppleres med større kommercielle aktører, ligesom der åbnes op for at kommercielle aktører i større og større grad kommer til at fungere som drivere for udviklingen af instrumenter og nye teknologiske løsninger.

Fremadrettet ser virksomheden dog også det danske ESA-medlemskab og ESA-bidrag som et hovedelement for såvel virksomhedens som danske aktiviteter knyttet til udforskning af rummet. Medlemskabet og bidraget fungerer som en central kilde til virksomhedens fortsatte forsknings- og udviklingsaktiviteter og udgør en vigtig del af fundamentet for virksomhedens fortsatte udvikling.

<sup>21</sup> [https://www.idag.dk/article/view/564899/danish\\_aerospace\\_company\\_abner\\_nyt\\_datterselskab](https://www.idag.dk/article/view/564899/danish_aerospace_company_abner_nyt_datterselskab)

<sup>22</sup> Seismonaut på basis af data fra ESA vedr. danske ESA-kontrakter i perioden 2006-2015. Kontraktsummen er beregnet på basis af ikke-vægtede kontrakter.