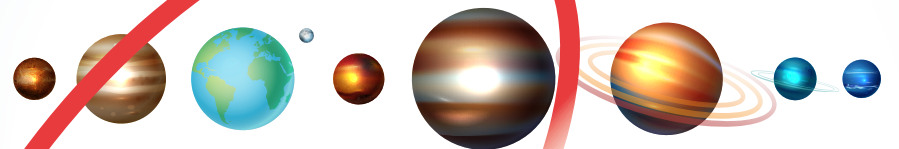
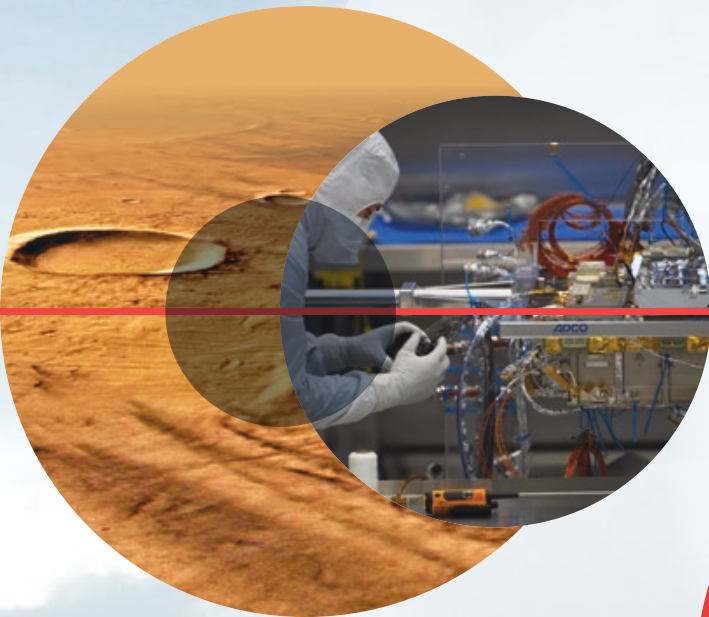


Kortlægning af



SPACE EXPLORATION

i Danmark



Kortlægning af Space Exploration i Danmark

Kortlægningen baserer sig på bidrag fra de danske Space Exploration aktører, som står bag et nyt offentligt-privat partnerskab for Space Exploration i Danmark ("Space Exploration Danmark"). Styrelsen for Forskning og Uddannelse har koordineret kortlægningen.

De indkomne forslag og beskrivelser koncentrerer sig om udforskningen af Mars, teknologiudvikling af bl.a. Cubesats og robotter samt om humanfysiologi/humanmedicin. I fremtidens kortlægninger er det forventningen at der også vil komme bidrag vedrørende Månen, Asteroider og missioner til de ydre planeter.

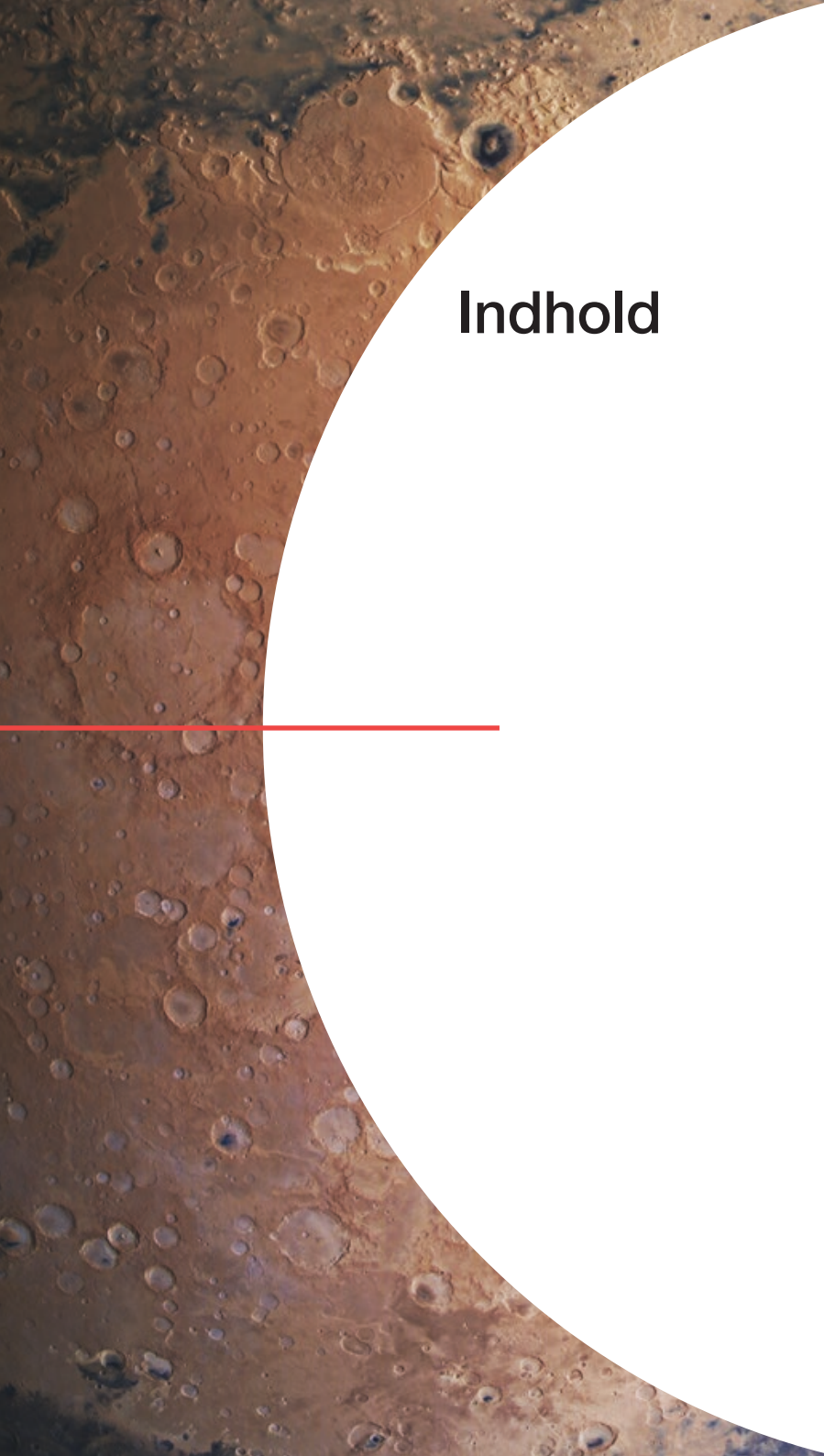
Derudover er der indkommet forslag om fokus på formidling, baseret på både danske aktiviteter og på aktiviteter, som

Danmark kan udnytte via sit internationale samarbejde.

Alle indkomne Exploration forslag har betydning for og involverer både forskning og teknologi og dermed både forskere og virksomheder – to af rumområdets væsentlige interessenter i Danmark.

I forbindelse med etableringen af det kommende partnerskab for "Space Science and Technology" er indkaldt forslag til et stort dansk videnskabeligt rumprojekt. Visse af disse forslag kan også være relevante for Exploration og er derfor afspejlet i denne kortlægnings afsnit om "potentielle aktiviteter". Forslagene er endnu ikke drøftet i partnerskabet for "Space Science and Technology", og løbende koordinering vil være nødvendig.

Foto © Ollie Taylor



Indhold

Den internationale kontekst	4
Low Earth Orbit (LEO) og Beyond Low Earth Orbit (BLEO)	6
Aktuelle aktiviteter	8
Planlagte aktiviteter	9
Potentielle aktiviteter	10
Mars	14
Aktuelle aktiviteter	16
Planlagte aktiviteter	17
Potentielle aktiviteter	18
Rumarkitektur	23
Generel innovation og teknologiudvikling	24
Aktuelle aktiviteter	25
Potentielle aktiviteter	26
Inspiration og formidling	28
Aktuelle aktiviteter	29
Planlagte aktiviteter	30
Potentielle aktiviteter	31
Konklusioner	33
Tværgående danske initiativer	33
Eksempler på initiativer og teknologier der kan udnyttes i de fire hjørnerne i E3P	34

The background of the slide is a composite image. The top left shows the Moon's surface with a small rover. The top right shows the reddish, cratered surface of Mars. The bottom left shows a Mars rover (likely Curiosity) driving across the Martian surface. The bottom right shows a view of Mars from space, with the planet's horizon and the blackness of space.

Den internationale kontekst

Hvis danske kompetencer og interesser skal udnyttes er det afgørende, at de passer ind i de internationale Exploration planer. ESA's Exploration planer, der realiseres gennem ESA's European Exploration Envelope programme (E3P), udspringer af samarbejdet med især USA, men også med Rusland, Japan og Canada, der alle er partnere i samarbejdet om den internationale rumstation. Dertil kommer et samarbejde med Kina som i disse år konkretiseres med samarbejdsaftaler mellem ESA og Kina.

"A Road map toward a common vision", illustration af ESA's Space Exploration planer. Foto © ESA/DLR/FU Berlin, CC BY-SA 3.0 IGO

E3P har fire overordnede formål, som passer godt med de traditionelle danske interesser inden for området:

Viden og Forskning
Innovation og Teknologiudvikling
Inspiration og Formidling
Science Diplomacy

ESA planlægger i samarbejde med internationale partnere at nå de fire mål gennem fire såkaldte hjørnestensmissioner i programmet:

Low Earth Orbit: Et europæiske bidrag til fortsættelse af rumstationen og de tilknyttede videnskabelige aktiviteter frem mod 2030 og formentlig længere (afhængig af, hvad amerikanerne beslutter).

Beyond Low Earth Orbit: Et europæisk bidrag til konstruktionen af en international rumstation (Lunar Gateway) i kredsløb om månen i midten af 2020'erne.

Moon: Europæiske bidrag til robotmissioner til månen sammen med bl.a. Rusland i 2020'erne.

Mars: Europæiske bidrag til en international Marsmission, der skal bringe allerede indsamlede prøver fra Mars til jorden i 2030'erne.



De danske interesser og planer for Exploration vil skulle udfoldes gennem det internationale samarbejde med ESA og internationale nøglepartnere, herunder ikke mindst NASA, som danske forskere har en lang tradition for at samarbejde med.

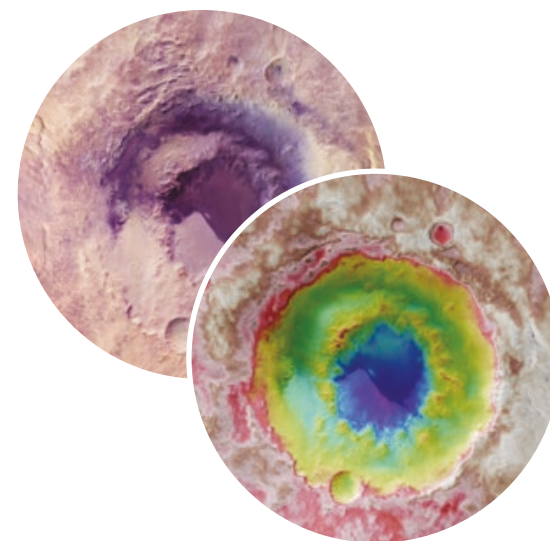
Danske aktører kan samtidig opbygge nye kompetencer gennem nationalt samarbejde, teknologiudvikling mv, som på kortere eller længere sigt kan styrke deres muligheder for at deltage i internationale Exploration missioner.

Ud over forskere og virksomheder er også myndigheder interessenter på rumområdet. Historien om Danmarks deltagelse i den internationale rumstation peger på, at netop det internationale samarbejde med USA og Rusland har

spillet en vigtig rolle for den danske stats ønske om at bruge forskning og udvikling til fremme af fredelig sameksistens mellem lande (Science Diplomacy).

Afreporteringen af kortlægningen er inddelt i fire afsnit. De to første handler om danske forsknings- og teknologi-bidrag til de fire hjørnestensmissioner i ESA. Det tredje afsnit handler om muligheder for generel innovation- og teknologiudvikling gennem Space Exploration. Det fjerde afsnit handler om de enestående muligheder, som Space Exploration giver for inspiration og formidling.

Mulige partnerskabsforslag, som går på tværs af miljøet og opfylder flere formål inden for Space Exploration, er fremhævet i kasser.



Det første billede taget fra ESA's Mars Express viser Lowell krateret på Mars. Det andet billede er et farvekodet topografisk gengivelse af samme krater. De lavere beliggende dele af overfladen bliver vist i blå og lilla nuancer, mens de højere beliggende lag fremstilles i hvide, gule og røde nuancer.

Foto © ESA/DLR/FU Berlin, CC BY-SA 3.0 IGO

Foto © ESA-G. Porter CC BY-SA 3.0 IGO



Low Earth Orbit (LEO) og Beyond Low Earth Orbit (BLEO)

For Exploration er den lave bane om jorden (LEO) i dag som regel ensbetydende med udnyttelsen af den internationale rumstation (ISS). Den var bygget helt færdig i 2010 og er teknisk set levedygtig i mindst 10 år mere. Flere af de internationale partnere har allerede erklæret sig interesserede i at blive ved med at udnytte og opretholde driften af den i en årrække endnu frem mod 2030. Dog er det nu intentionen at skabe mulighed for mere kommerciel udnyttelse af ISS. NASA har allerede aftaler med private firmaer om opsendelser, og ESA har indtil videre godkendt 7 forskellige kommercielle platforme på ISS – og flere er på vej.

*Denne 32 meter høje antenne vil snart kunne kommunikere med rumskibe i "deep space".
Foto © Nathaniel Bradford / Goonhilly Earth Station*

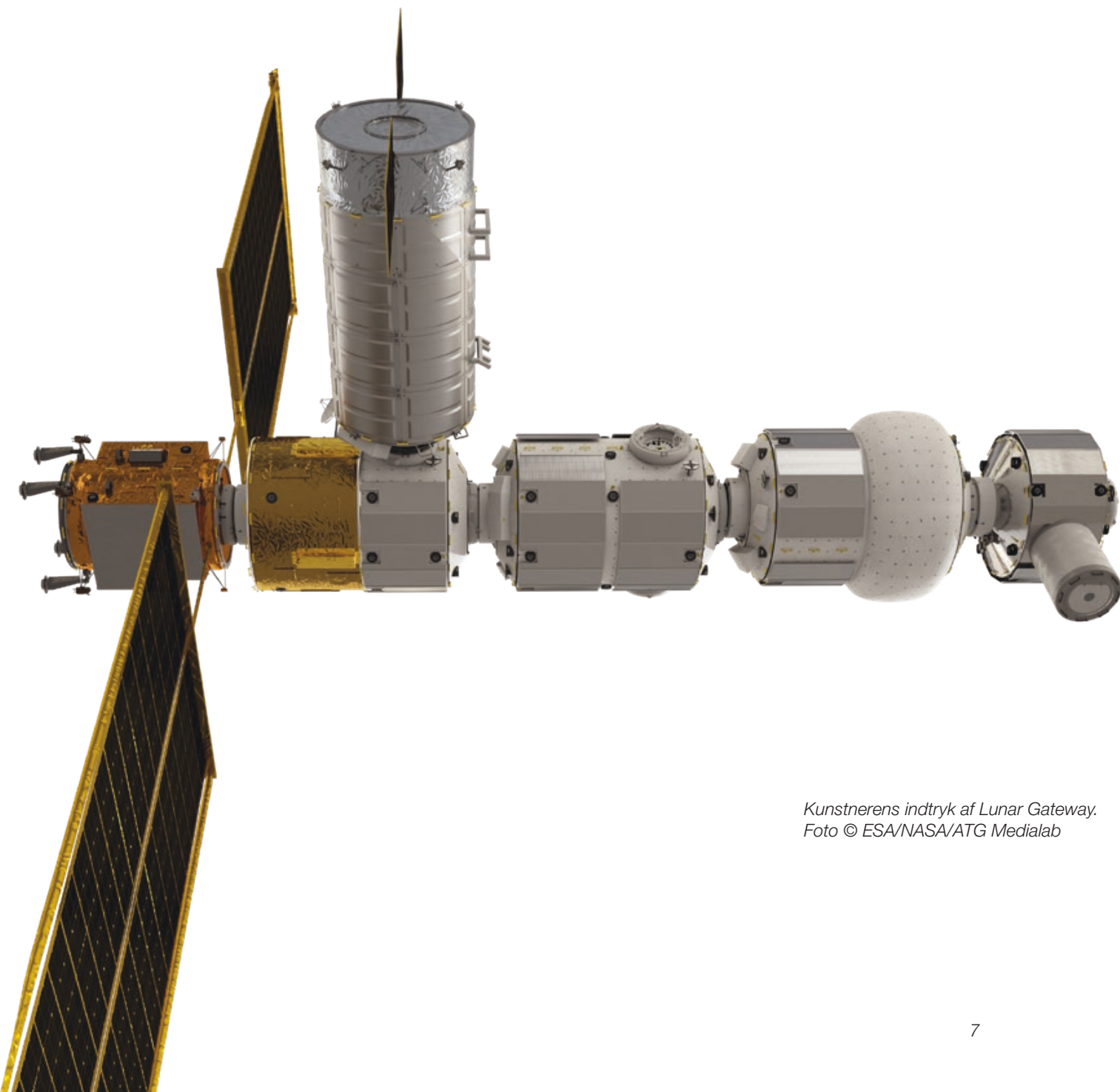
Næste skridt for Human Space Flight i Exploration bliver NASAs Lunar Gateway, der skal være en lille international rumstation i bane omkring Månen. Lunar Gateway skal være en platform for mellemlanding mellem Jorden og Månen – på længere sigt Mars. Den vil i høj grad være automatiseret og styret af robotter. Planen er, at astronauter kun er på gennemrejse, og der vil ikke blive gennemført forskning i samme omfang på Gateway som på den internationale rumstation i dag.

ESA skal bidrage til Lunar Gateway med to faciliteter: Servicemodulet "ESPRIT" (European System Providing Refuelling, Infrastructure and Telecommunications) og beboelsesmodulet "I-HAB" (International Habitation Module).

Især I-HAB synes relevant for Danmark, der har en lang tradition for humanfysiologisk forskning og teknologiudvikling, der knytter sig til astronauters ophold i rummet. Kortlægningen af danske interesser afspejler da også en fortsat interesse på området.

ESA planlægger desuden at indkalde ansøgninger til nye astronauter i 2020 eller 2021 for at flere lande kan få glæde af at have en astronaut. ESA forventer at udvælge fire astronauter.

Danske aktører, der har erfaring med at bidrage til ESA's aktiviteter i LEO, er DTU, Københavns Universitet (KU), Aarhus Universitet (AU) og virksomhederne Danish Aerospace Company (DAC), Ohmatex og Terma. De samme, men også nye aktører ville kunne deltage i aktiviteter i BLEO enten alene eller i samarbejde.



*Kunstnerens indtryk af Lunar Gateway.
Foto © ESA/NASA/ATG Medialab*

Der er samtidig gode muligheder for at inddrage kompetencer og viden fra NASA i fremtidens udviklingsarbejde, idet flere danske Exploration aktører har erfaring med at bidrage til NASA's aktiviteter uden for LEO. De tæller blandt andre DTU-Space, som har leveret navigations- og orienteringsudstyr, "star-trackers" til et meget stort antal NASA-"Deep Space" missioner, Niels Bohr Institutet, Københavns Universitet (NBI/KU), som har leveret "Deep Space Flight Hardware" til fem af NASA's landede missioner på Mars, Aarhus Universitet (AU), som har leveret "Deep Space Flight Hardware" til NASA's Phoenix Mars Lander, og Terma, som har leveret strømforsyninger og andet udstyr til en række Deep Space ESA missioner blandt andet til både Mars og Venus.

Aktuelle aktiviteter

KU har med finansiering fra Novo Nordisk Fonden udsendt Dr. Med. Lonnie Pedersen til University of California, San Diego.

Lonnie Pedersens aktuelle forskningsprojekter omfatter udvikling af metoder til at modvirke eller behandle neurologiske, cardiovascular og muskuloskeletale komplikationer under langvarig rum missioner. Foruden at være vigtigt for astronauternes helbred giver det også anledning til helt ny viden til gavn for patienter

på Jorden – for eksempel patienter med forhøjet væsketryk i kraniet, patienter med blødning eller patienter i chok.

Forskningen omfatter desuden kortlægning af skadelige virkninger af rumflyvning på rygsøjlels muskler og sygdomsprocesser i hjerte, kar og indre organer, og studier af hvordan disse negative effekter kan reduceres ved hjælp af fysisk træning.

Alle aktuelle aktiviteter er forskning, der forventes af afføde en række publikationer.

Lonnie Pedersens forskning omfatter også In-flight validering af en intelligent astronaut buks fra Ohmatex til at monitorere astronauters træning under langvarige rumflyvninger.

Det planlagte eksperiment på ISS vil give ny viden om betydningen for og nytten af astronauters træning, der ikke har samme effekt i rummet som på Jorden. Forskerne opnår samtidig indsigt i muskeludtrætning og ødemdannelser generelt. Ødemer optræder fx hos patienter som en tidlig indikation af risiko for et hjertesvigt og hos gravide som indikation for svangerskabsforgiftning. Ødemer er en tilstand med store gener for den enkelte og kan i visse tilfælde være livstruende.

Ohmatex har finansiering fra ESA's GSTP-program og planlægger desuden at introducere et kommercielt spin-off produkt.

Derudover er rummedicin en god platform for at undervise studerende på alle niveauer fra folkeskole til PhD studerende.

Foto © Ohmatex/ESA



Planlagte aktiviteter



ESA astronaut Luca Parmitano på rumvandring for at opgradere instrumenter på ISS.
Foto © NASA.

Lonnie Pedersen planlægger "bed-rest" forsøg i ESA's nye testcenter EnviHab i Køln i samarbejde mellem ESA og NASA. I "bed-tests" simuleres rummets virkninger på menneskekroppe ved i 5 – 60 dage at lægge testpersonerne med hovedet ned.

Ohmatex forhandler netop nu om afprøvning på ISS af sin intelligente buks med sensorer og elektronik beregnet til at måle muskelaktivitet på astronauter.

DAC, der gennem mere end 30 år har udviklet motionsudstyr og udstyr til helbredsovervågning til astronauter, udvikler for tiden også en prototype på en exoskeleton-robotarm med haptisk feedback til ESA¹. Robotområdet er nyt for DAC, der gerne ser en fremtidig udvikling med andre aktuelle spillere i DK. Det

1: Haptisk feedback betyder, at brugeren kan føle og mærke det, når hun bruger armen.

kunne fx være Teknologisk Institut (TI) og Syddansk Universitet (SDU).

SDU forsker i træningsteknologi, der har potentiale til at modvirke de negative konsekvenser af ophold i rummet (countermeasures). SDU's RoboTrainer-Light teknologi har allerede fundet anvendelse i samarbejde med DAC, og dermed videre til ESA & NASA.

SDU arbejder med at skabe biofeedback gennem selve kraft/bevægelses udvekslingen mellem menneske og maskine, hvilket er relevant for alle brugere, også til træning i rummet.

DAC har positioneret sig som ledende i Verden indenfor motionsudstyr til brug i rummet. DAC kondicykler har været i brug på Rumfærgerne indtil deres pension, på den russiske rumstation Mir og på ISS de sidste 18 år. Endvidere anbefaler ESA og NASAs panel for fremtidigt motionsudstyr enstemmigt DAC's E4D-ud-

styr til kommende bemandede rejser i rummet. (E4D: European Enhanced Exploration Exercise Device)

SDU deltager i evalueringen af DAC's implementering af teknologien gennem speciale/bachelorprojekter, der samtidig giver inspiration til videreudvikling af teknologien.

DAC samarbejder endvidere med Aquaporin i København via joint-venture selskabet Aquaporin Space Alliance (ASA) om at benytte den specielle Aquaporin Inside™ teknologi inden for rumfart med fokus på genanvendelse af vand fra spildevand.

Til LEO og beyond LEO har Aquaporin kørt tests af filtrering af vand på ISS med Andreas Mogensen i 2015. Formålet var at afprøve de nyudviklede membraner i microgravitet og finde ud om membran-teknologi kan erstatte eller forlænge levetiden af de nuværende rensningsteknologier om bord på ISS.

A photograph of an astronaut in a white space suit with orange and blue stripes, working inside a spacecraft module. The astronaut is wearing a helmet and is surrounded by various equipment and cables. The background shows the interior of the spacecraft with various panels and components.

Hjemturen fra ISS tager omkring tre timer. Inden de lander på Jorden igen skal astronauterne bremse fra 28800 km i timen til nul i timen.
Foto © ESA/NASA

Nyt forsknings- og videntcenter for rumfysiologi / rummedicin

Ohmatex, Lonnie Pedersen og DAC foreslår et forsknings- og videntcenter for rumfysiologi (gen)opbygget op i Danmark på baggrund af tidligere erfaring og kompetencer. Det kunne blive en platform for at udvikle avanceret udstyr til ESA's fremtidige missioner. Potentielle aktører er KU og AU, der har erfaring på området. Målet skulle være at styrke dansk human fysiologisk forskning og benytte rummet som et værktøj/laboratorium til gavn for både astronauter og patienter.

Centret foreslås oprettet på Københavns Universitet og kunne kaldes "Andreas Mogensen Institut for human rum fysiologi og robotsupport".

Rummedicin og forskning i human rumfysiologi har en væsentlig betydning i forhold til samfundsmæssige udfordringer inden for sundhed i sammenhæng med den stigende levealder hos danskerne. Robotsupport til bevægeapparatet er et uopdyrket felt med store perspektiver i forhold til ikke kun hjælp til ældre, men også præcisionsarbejde og forebyggelse af arbejds-skader.

Centret vil have en markant synergi med ESA's E3P program og motivere en ekstra mission for Andreas Mogensen.

Styrelsen for Forskning og Uddannelse peger på, at der også kan være store synergier med robotforskningen på SDU og arbejdet med stråling i rummet hos DTU Space.

Centret vil kunne styrke danske og evt. internationale forskeres mulighed for at udnytte især LEO og BLEO.

Potentielle aktiviteter

DTU Space arbejder med modeller for stråling i rummet og kan bidrage med viden, der kan gøre modeller for estimering af stråling mere nøjagtige til brug for Måne og Mars missioner. Solens stråling uden for Jordens beskyttende magnetfelt er en væsentlig barriere for bemandede rejser i rummet.

DAC vil gerne forsætte og udbygge sit samarbejde med landets ledende aktører inden for rummedicin og robotteknologi med henblik på nye initiativer og aktiviteter i rummet.

DAC planlægger allerede udvikling af medicinske nøgleteknologier til brug in-

Forberedelserne til permanente baser på Månen og Mars vil presse vores teknologi til det yderste, fordi alle materialer skal kunne genbruges. Danske BIG designer for de Forenede Arabiske Emirater en eksperimentel Mars-by i ørkenen, som skal forberede mennesket på at overleve på Mars. Foto © BIG.

den for rumfart og andre ekstreme miljøer såsom bjergbestigning, ballonfart på Jorden, dykning og motorsport.

DAC og Aquaporin videreudvikler ligeledes deres tidligere eksperiment på ISS. Målet er at fremstille et vandbehandlings-system til genanvendelse af vand fra urin og kondensat i et simpelt lille letvægts-system. Til "Moon, Mars and beyond" er det muligt at bruge samme teknologi, idet den kan skaleres. Som et separat projekt, arbejder Aquaporin sammen med NASA om at udvikle en vandindvindningssystem baseret på membranteknologi, hvor der kan ekstraheres vand fra såkaldt "greywater". "Greywater" er det spildevand, der ikke kommer fra toiletterne og som forventes at få større betydning på mulige Måne eller Mars baser.

Da ASA har eksklusive rettigheder til udnyttelsen af denne teknologi til rumfart, er ASA via DAC åben for samarbejde inden for rumfart på dette område med

andre aktører indenfor "clean water" teknologi i DK.

SDU planlægger ikke særskilte rumprojekter, men har planer om at forbedre træning ved hjælp af robotter generelt. Resultater herfra har åbenlyse anvendelser i rummet, i takt med at træningsrobotteknologien implementeres til rumbrug af DAC.

SDU's træningsforskning kan udvides med specifikke vinkler, der tilsigter anvendelser af robottræning i rummet, eller anvendelser af intelligente tekstiler, som SDU også udvikler med henblik på at optimere astronauters træning med robotter.

En anden potentiel aktivitet for SDU kan være sammenkædning af SDU's arbejde med bio-inspirerede gående robotter med udvikling af teknologi til fremtidige rumsonder til fx andre planeter og asteroider.



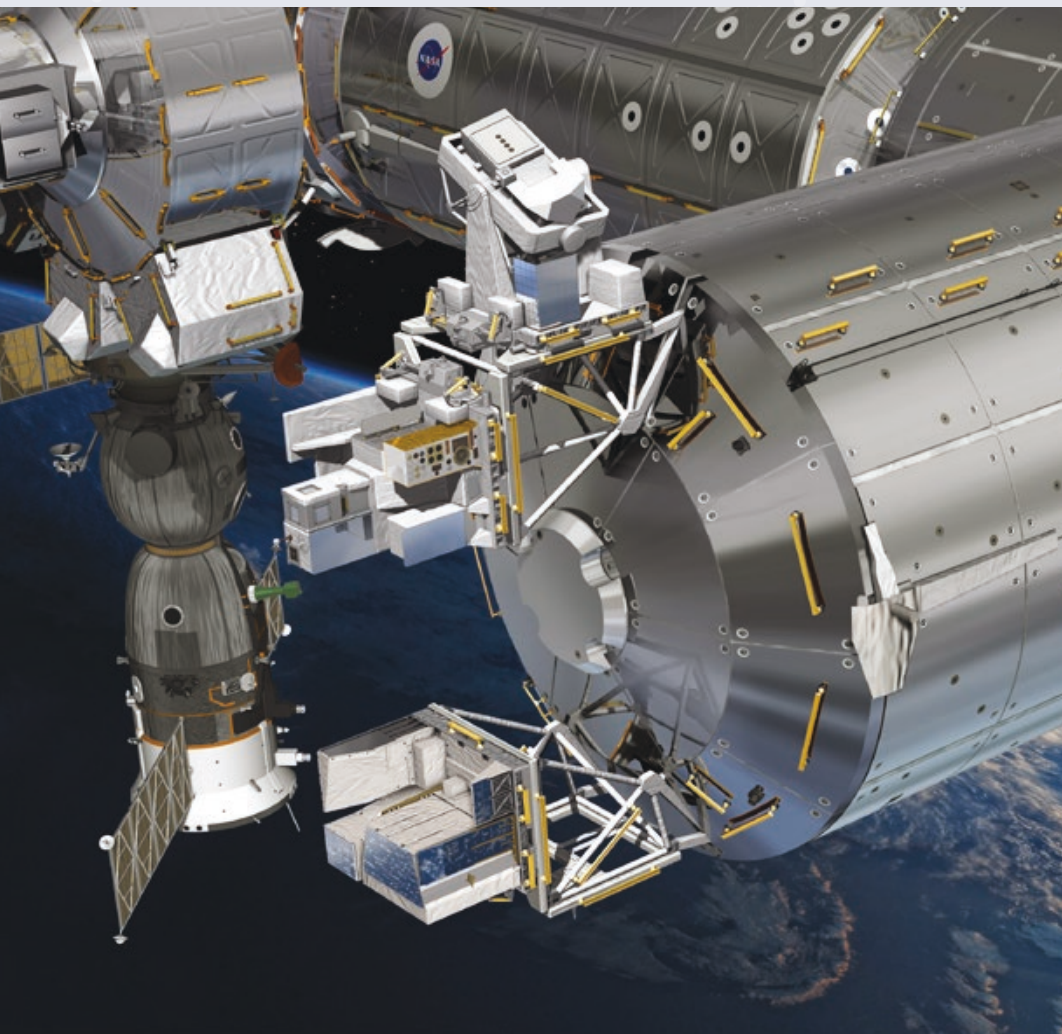
Andreas Mogensens næste mission

For at øge Danmarks udbytte af Andreas Mogensens næste rummission og for at fremme interessen for rummet i Danmark, foreslår Ohmatex og DAC mfl. et samarbejde om forberedelsen af kommende eksperimenter til missionen.

Eksperimenter skal typisk forberedes i god tid inden missionen. Dette kunne omfatte eksperimenter inden for humanfysiologi, men kan også involvere andre danske aktører inden for både bemannet rumfart og anden forskning og teknologi i rummet.

Andreas Mogensens næste mission indgår i E3P, og det er muligt at indgå aftale med ESA om nationale eksperimenter.

*ESA astronauterne Alexander Gerst og Andreas Mogensen træner rumvandring i Johnson Space Center i Houston, USA.
Foto © ESA - S. Corvaja*



Terma foreslår at kvalificere de videnskabelige data fra ASIM missionen ved at sende et ekstra ASIM kamera til ISS. Terma er som teknisk ansvarlig involveret i ASIM, der lige nu leverer ny viden om kæmpelyn. For at styrke denne forskning foreslår Terma at opsende et ekstra ASIM kamera - ASIM Limp i samarbejde med DTU. Forslaget kan evt. løftes inden for envelope programmet eller som kommerciel aktivitet på ISS.

Forslaget er at sende en kopi af ASIM's optiske instrument MMIA til ISS for montering på Columbus' eksterne platform Bartolomeo, der er et af ESA's kommercielle initiativer. Det vil tilføre ASIM det kamera som oprindeligt var foreslået

men som blev fravalgt ("descoped") pga. vægt og økonomi. Den videnskabelige relevans er ifølge Terma bekræftet af ESA. ASIM Limp vil komplementere den franske TERANIS mission og Thor projektet gennemført af Andreas Mogensen

De danske partnere vil være DTU Space og Terma. Udviklingstiden vil være ca. 3 år og prisen vurderes til ca. 7 Meuro plus opsendelse.

Det vil skulle afklares om ASIM Limp og ASIM skal være monteret på ISS samtidig for at missionen giver mening. I så fald afhænger det af en forlængelse af ASIM ud over de 1½ år den er planlagt til at sidde på ISS.

Illustration af det danske rumlaboratorium ASIM (Atmosphere Space Interactions Monitor) uden på det europæiske Columbus modul på ISS.

Foto © ESA-D. Ducros



Mars

Som den af vores naboplaneter, der er nemmest tilgængelig ses Mars som den næste store milepæl for opdagelsesrejser i solsystemet. Videnskabeligt er Mars yderst interessant for to store videnskabelige og erkendelsesmæssige spørgsmål: Opstod liv andre steder i Universet, og i så fald hvordan? Selv de ældste sten på Jorden indeholder spor af liv, så vi har ikke længere nogle spor fra tiden før liv opstod på Jorden. Mars derimod har sten på overfladen, der er næsten lige så gamle som solsystemet.

I dag er USA det eneste land som med succes er lykkedes med at udforske Mars ved hjælp af landede missioner. Tidligere forsøg på landede Mars missioner

Billedet viser et opråde på Mars der hedder Deuteronilus Mensae. Perspektivvisningen er blevet genereret ved hjælp af en digital terrænmodel og Mars Express-data.

Foto © ESA/DLR/FU Berlin, CC BY-SA 3.0 IGO

ner fra både Europa og Rusland er hidtil mislykkedes.

ESA planlægger i øjeblikket i samarbejde med Ruslands Roscosmos at lande en rover på Mars med ExoMars 2020 roveren, Rosalind Franklin, der ifølge planen sendes mod Mars i 2020. Samtidig arbejder ESA med NASA om at planlægge hjemtagningen af prøver fra Mars for første gang (Mars Sample Return). Prøverne, der skal bringes til Jorden, vil blive indsamlet af NASAs Mars 2020 rover, der ligeledes opsendes i sommeren 2020.

De videnskabelige undersøgelser af de prøver der kommer retur fra Mars, vil medlemslandene selv skulle sørge for ligesom det er tilfældet når forskere i Europa deltager i NASA-missioner. Mars prøver kommer tidligst retur til Jorden i 2028 og formentlig først i begyndelsen af 2030'erne.

ESA har aftalt med NASA at bidrage teknologisk til MSR missionen med levering af European Return Orbiter (ERO) og en Sample Fetch Rover, (SFR) med tilhørende Sample Transfer Arm (STA). Danske aktører skal derfor holde øje med ESA-udbud i den forbindelse.

Dansk Marsforskning finder sted både på KU, AU og DTU Space. Der er et vist samarbejde, som har fundet sted siden sidst i forrige århundrede, men på trods af adskillige forsøg herpå har det ikke været muligt at rejse midler til et egentligt center, og det har i nogen grad begrænset mulighederne for større fælles aktiviteter. Marsforskere på KU og AU har dog deltaget sammen i tre af NASAs landede Mars-missioner. Herudover har KU sammen med AU sammen deltaget i to samarbejder på nyttelastelementer til ESAs ExoMars-rover og dennes landingsmodul ligesom KU sammen med DTU Space har deltaget i et samarbejde om

et magnetisk observatorium til landingsmodulet. Disse tre elementer er dog alle blevet skåret væk pga. sparekrav fra ESAs side (descopes). Danske forskere

er således ikke længere aktivt involveret i ESA's ExoMars missionen, men på virksomhedssiden er Terma involveret med levering af strømforsyningsenheder.

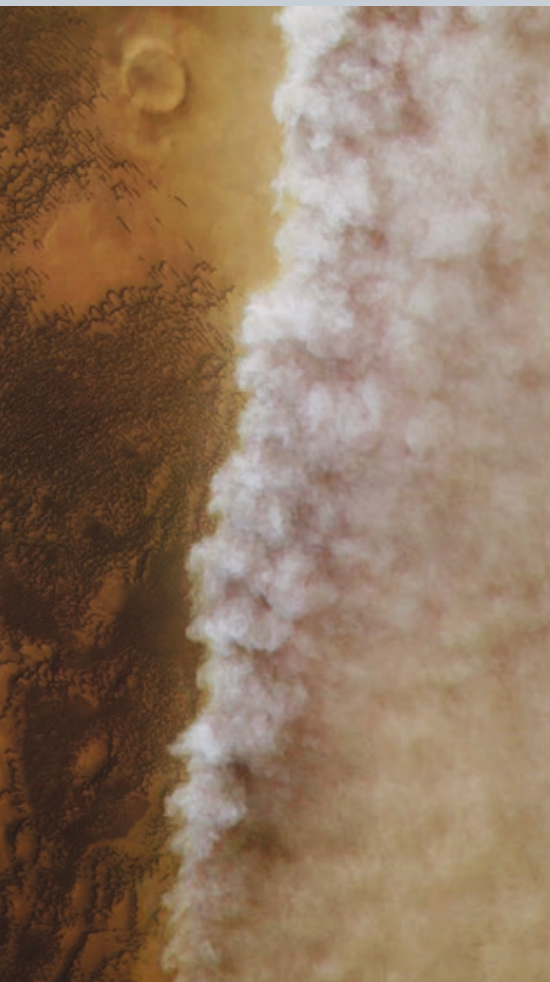
De indkomne forslag har derfor alle fokus på at deltage i Mars Sample Return (MSR) med baggrund i danske aktørers erfaring og et veletableret samarbejde med NASA gennem mere end to dekader – herunder aktuelt deltagelse i både den igangværende rover-mission (Curiosity) og NASAs Mars 2020 rover.

Styrelsen for Forskning og Uddannelse vurderer ligeledes, at der kunne være grundlag for både at undersøge muligheden for nye MSR-relaterede aktiviteter og et bredere samarbejde, som udnytter de erfaringer, som danske Mars-forskere har indhentet gennem mere end to dekaders tæt samarbejde med NASA på landede missioner på Mars.

Dette billede viser en del af iskappen, der sidder ved Mars 'nordpol, komplet med lyse skår af is, mørke vandhuller og fordybninger og tegn på stærk vind og stormfuld aktivitet. Foto © ESA/DLR/FU Berlin , CC BY-SA 3.0 IGO



Aktuelle aktiviteter



KU deltager i den igangværende NASA Mars Science Laboratory mission (MSL), der med Curiosity roveren udforsker Gale krateret på Mars. Derudover har KU gennem støtte fra Carlsbergfondet leveret kalibreringstargets til to instrumenter på den kommende NASA Mars 2020 rover og er involveret i yderligere et eksperiment, MOXIE, med knowhow. DTU Space har med finansiering fra NASA leveret et essentielt kamera og styringssoftware til 'PIXL' røntgenfluore-scens instrumentet på samme mission, og deltager i den videnskabelige udnyttelse af Mars2020. DTU Space har tillige opbygget en testfacilitet for PIXL, som studerende og forskere skal bruge til at validere observationerne fra Mars. Des-

Stereo-kameraet med høj opløsning om bord på ESA's Mars Express tog dette billede af støvskyer – synlige i højre side af billedet – tæt på is-kappen på Nordpolen af Mars i april 2018.

Foto © ESA/DLR/FU Berlin, CC BY-SA 3.0 IGO

uden er en forsker fra DTU Energy involveret i MOXIE eksperimentet, hvortil vedkommende leverer essentiel knowhow.

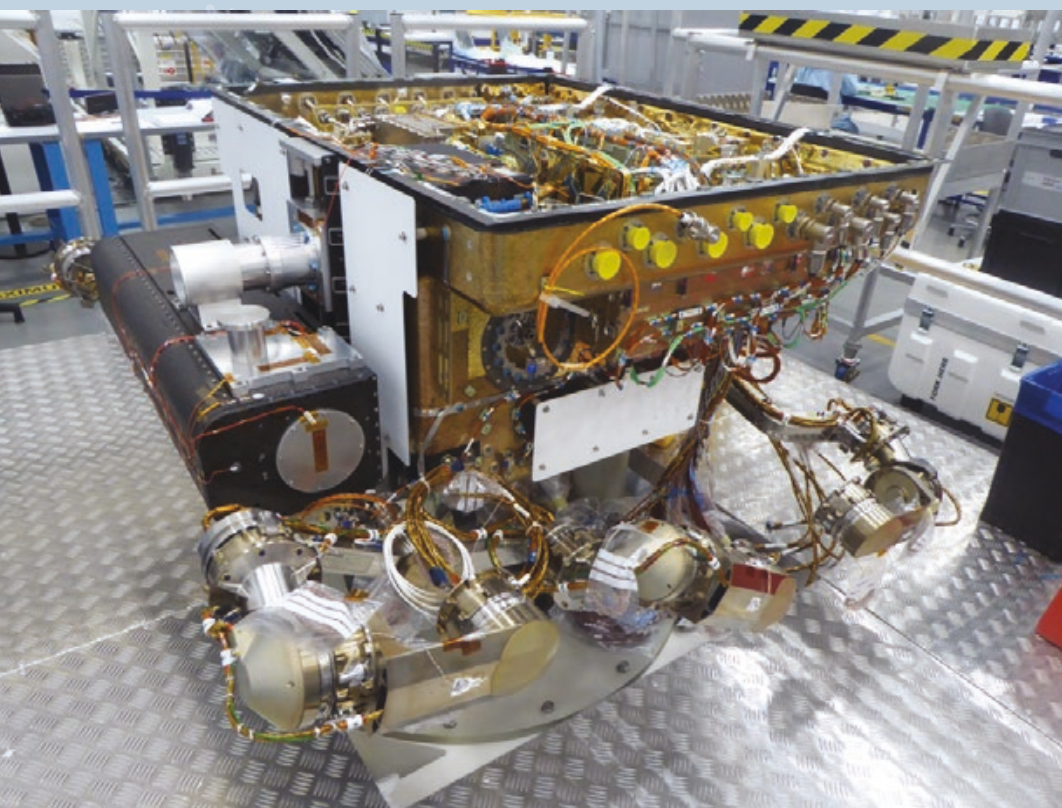
Den mangeårige danske deltagelse i NASA's Mars missioner giver en enestående platform til at deltage også i de praktiske aspekter af udforskningen af Mars, og gennem denne deltagelse har det været muligt for adskillige PhD-studerende at deltage direkte i "Surface Science Operations" på overfladen af Mars. Den mangeårige deltagelse betyder ligeledes at danske forskere har erfaring med den praktiske drift af missioner på Mars, en erfaring, som ellers næsten ikke findes i ESA-regi.

AU har siden 2000 huset en Mars simulator til test og kalibreringsaktiviteter bl.a. for instrumenter til Mars-missioner. Eksperimenter i Mars-simulatoren var vigtige ifm. fortolkningen af data fra NASA's Mars Pathfinder missionen og Mars

Exploration rover mission. Herudover har en større Mars simulator/vindtunnel været vigtig ifm. kalibrering af vindsensoren, på NASA's Mars Phoenix Lander og for forståelsen af magnet-eksperimenter på denne mission. I den større Mars simulator har der yderligere været testet instrumenter for ESA's ExoMars2020 mission. AU har også testet vindmålerne på NASAs Curiosity rover og flere komponenter til NASAs Mars 2020 rover. Dertil kommer at AU har opnået EU-støtte til en række forskningsprojekter relateret til Mars og planetologi generelt.

DTU Nutech (Center for Nukleare Teknologier) har indtil 2011 arbejdet med at udvikle instrumenter til datering af Mars sedimenter. DTU Nutech har forsøgt at fortsætte arbejdet og har i den forbindelse samarbejdet med AU og med DTU Space. Det er dog ikke lykkedes at finde finansiering til det nødvendige opfølgende arbejde.

Planlagte aktiviteter



Den strukturelle model af ExoMars roveren udviklet af ESA til den fælles ESA/Roscosmos ExoMars 2020-mission.

Foto © Airbus Defence and Space UK

NASA's Mars 2020 rover lander efter planen i Jezero krateret i februar 2021. Det er planen fra dansk side at bidrage centralt til at styre roveren og udnytte dens rekognosceringsinstrumenter på Mars og dermed helt i front deltage i de opdagelser og de deraf følgende publikationer, som vil blive resultatet af disse aktiviteter. På den måde vil danske forskere medvirke til bedst muligt at løse den opgave som Mars 2020 roveren blev sendt til Mars for: At finde og indsamle prøver der potentielt kan indeholde spor af liv på Mars.

Det vil også være oplagt for danske aktører at se på, om de kan bidrage til den robot- og navigationsteknologi, der skal udvikles til ESAs missioner til Mars.

Sideløbende med dette, vil Curiosity roveren, som allerede er på Mars, fortsætte udforskningen af Gale krateret i et område, som ser ud till at indeholde

geologiske aflejringer fra perioden hvor Mars er blevet mere tør og ugæstfri for liv. Samlet giver disse missioner en fantastisk basis for at kortlægge klimaets udvikling på Mars, og ikke mindst hvorvidt liv har eksisteret på Mars.

På Mars simulatoren på Aarhus Universitet planlægger man følgende aktiviteter:

Test/Kalibrering aktiviteter for ESA Sample Fetch Rover (med påtænkt opsendelse i 2026).

Fortsætte forskningsprojekter med EU-støtte op til 2024.

Opgradering af faciliteten for at kunne teste komponenter til ESA's månemissioner inden for Space Exploration og ESAs videnskabelige JUICE mission (med EU-støtte).

Potentielle aktiviteter



TI har ikke tidligere arbejdet med rummet, men ser en række muligheder for at opnå synergi mellem TI's robotkompetencer og rumområdet. I forhold til spin-in, vil der være muligheder for at anvende danske robotkompetencer bredt i både up-stream og down-stream. TI's pt. eneste ESA aktivitet (QuadSAT) er netop en spin-in i down-stream anvendelse af satellitdata.

TI har dog også løbende været i dialog med et par aktører i Danmark, som laver henholdsvis up-stream produkter og down-stream produkter, hvor TI's kompetencer inden for automatisering kunne være relevante ift. deres produktionsprocesser.

ESA-astronaut Luca Parmitano skabte historie inden for robotik, da han fra rummet, kontrollerede en jordbaseret rover, udstyret med en avanceret griber.

Foto © ESA-G. Porter

TI har tidligere deltaget i en ESA organiseret aktivitet på ESTEC vedrørende In-situ ressource utilization på månen, hvor robotter kan få en vigtig opgave.

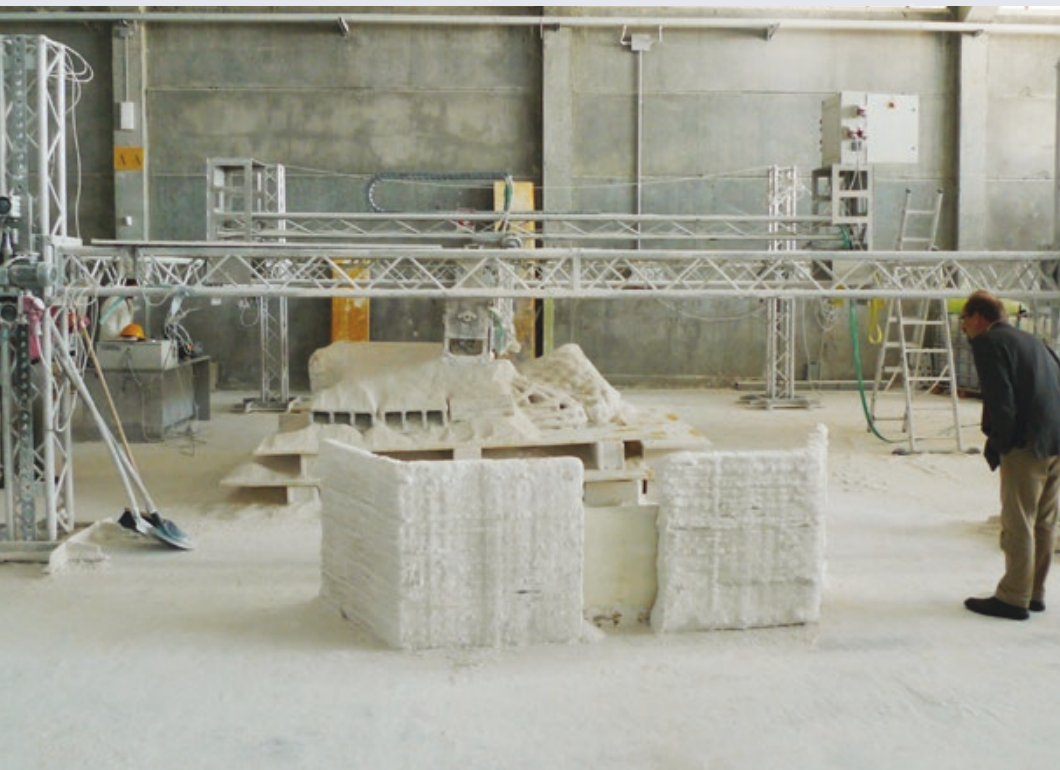
Aktiviteten med at opdyrke nye partnerskaber har til hensigt – med tiden – at placere TI i ESA og Horizon finansierede projekter inden for "up-stream space robotics". TI har bl.a. til hensigt at tilvejebringe teknologi på niveau TRL 1 – 4, dvs. meget grundlæggende robotudvikling, som senere kan modnes i andre programmer mhp. senere kommercialisering.

Emner for TI's aktiviteter er bl.a.:

- Soft robotics
- Multi-agent-systemer/samarbejdende robotter
- Kunstig intelligens
- Droner
- Avancerede sensorer

TI er i øjeblikket i gang med at undersøge om det er muligt at anvende deres kompetencer på robotområdet i forbindelse med udviklingen af den såkaldte Sample Transfer Arm til MSR.

KUs aktive deltagelse i både videnskabelige og operationelle aspekter på MSL



og NASAs Mars 2020 mission giver enestående indblik og førstehåndserfaring fra "Surface Science Operations" med potentiale for store opdagelser og essentiel baggrundsviden om de prøver, der skal indsamles.

KU håber at kombinationen af disse erfaringer og denne baggrundsviden sammen med verdensførende meteorit-forskning (herunder og ikke mindst i Mars-meteoritter), og potentielt det kommende ESS neutronspretnings-center i Lund, kan føre til at DK (og Europa) kan få adgang til de indsamlede prøver fra Mars, når disse bringes tilbage til Jorden. Disse prøver kunne indeholde det første klare bevis på at vi (Jordens liv) ikke er alene i Universet, og udgør således enormt vigtige og interessante videnskabelige prøver.

AU er på baggrund af sin astrobiologiske forskning og erfaringer fra bl.a. forsøg på ISS ligeledes interesseret i at afdække

Forsøg med 3D-printning af en del til en månebase ved hjælp af materialer, som ligner dem, som findes på månen.

Foto © Monolite

mulighederne for en eventuel dansk rolle i modtagelsen og behandlingen af prøverne fra Mars. AU har ekspertise i studier af mikrobiologisk liv, som lever under ekstreme betingelser, som er analoge til de betingelser, som potentielle ikke-Jordiske livsformer lever under.

DTU Space har flere års erfaring fra både ESA og NASA missioner med både Rendez vous and Docking (RVD) og Formation Flight sensorer. DTU Space deltager derfor i en række teknologiudviklingsprojekter sammen med NASA, og holder derfor øje med, hvilke muligheder ESA og NASA udbyder på MSR, asteroide og Måne missioner. DTU Space arbejder specifikt på at få en rolle i Mars Sample Return missionen. Der tænkes på et projekt, som kombinerer alle formål med Space Exploration. DTU foreslår derfor at udvikle et forslag til en strawman payload indenfor partnerskabet.

Styrelsen for Forskning og Uddannelse opfordrer danske aktører tilløbende at holde øje med ESA's udbud og sparre med ESA om kommende muligheder før de kommer i udbud.

Etablering af testfacilitet på ESS til Marsprøve

I begyndelsen af 2030'erne vil de første videnskabeligt udvalgte prøver fra en kendt geologisk (og potentielt biologisk) kontekst på Mars blive sendt tilbage til Jordens mest sofistikerede laboratorier som en del af Mars Sample Return (MSR) missionen. Denne mission begynder allerede i 2020 med opsendelsen af NASAs Mars 2020 rover, som skal indsamle prøverne. Senere fælles missioner mellem ESA og NASA vil hente prøverne og bringe dem sikkert tilbage til Jorden. Marsprøverne vil give muligheder for store videnskabelig opdagelser, og missionerne repræsenterer samlet set en teknologisk bedrift, som aldrig er set før, og udgør samtidig det næste trin for på lidt længere sigt at få astronauter til Mars.

Danske Marsforskere og astrobiologiske forskere ønsker at sikre dansk deltagelse i de videnskabelige følge- og styringsgrupper, som fastlægger retningslinjer for modtagelsen og behandlingen af Marsprøver i ESA og NASA. Målet er at give danske forskere tidlig adgang til prøverne på laboratorier både i Europa og USA.

Det foreslås derfor at undersøge om, Danmark kan være vært for dele af de hjembragte Marsprøver efter at materialet er blevet steriliseret i USA (materialet kan indeholde organismer, som potentielt kan være farlige for Jorden). Som en del af dette arbejde vil der blive udarbejdet en analyse af danske kompetencer og faciliteter som Danmark kan bidrage med. Det skal i den forbindelse specielt undersøges, om neutronkilden på forskningscenteret ESS i Lund er egnet til at foretage en 3D analyse af Marsprøvernes, herunder hvilke ekstra faciliteter og instrumenter, der eventuelt ville skulle udvikles specielt til Marsprøverne. Danmark ville i givet fald kunne bruge denne mulighed som et stærkt argument for at opbevare Marsprøver i København på grund af nem adgang til lufthavn og den centrale danske rolle i udviklingen af ESS. Dette vil give danske forskere, herunder verdensførende centre for meteoritforskning, tidlig adgang til de returnerede prøver, og dermed mulighed for at bidrage med den banebrydende forskning prøverne muliggør.

Testfaciliteten indgår ikke som sådan i ESAs Exploration program, men udnytter mulighederne i programmet.

*Simuleret Mars-terræn bruges til at træne robotter og astronauter i at samle sten på Mars.
Foto © ESA*

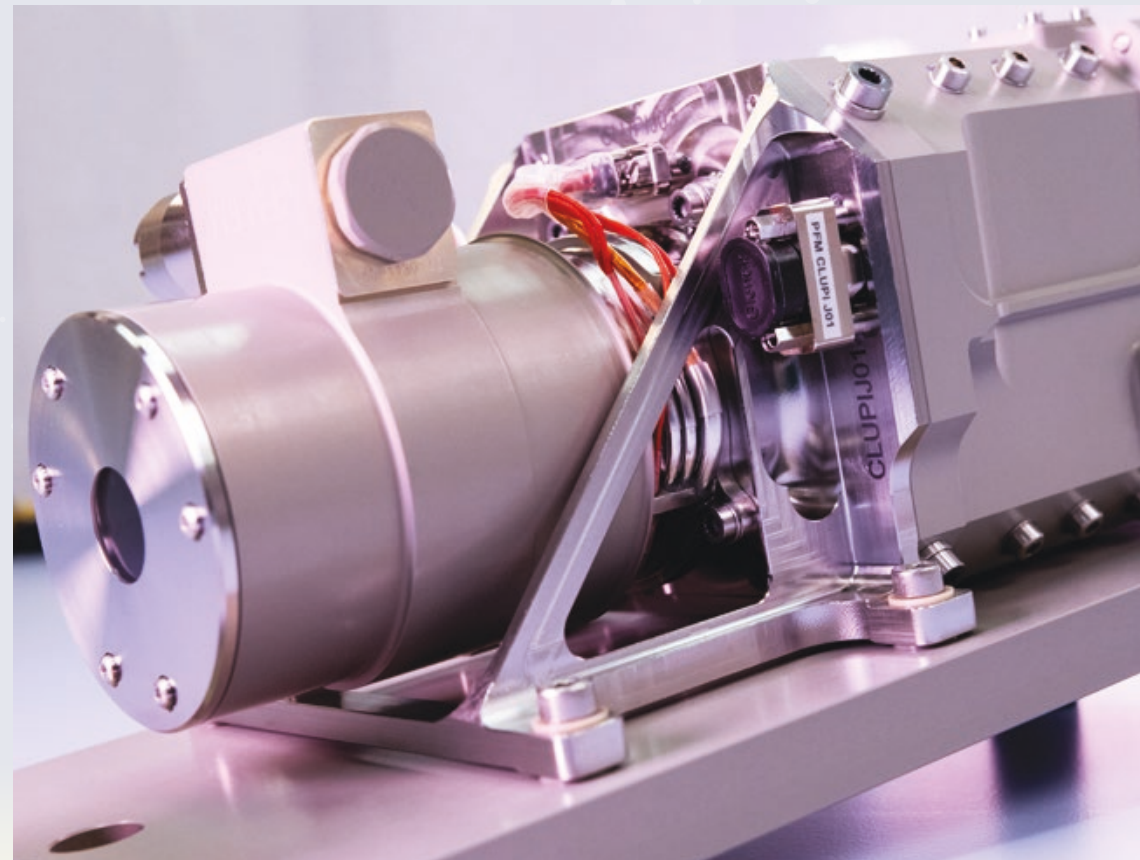
Fra forskernes side udtrykkes desuden et andet – og måske bredere – håb for deltagelse, nemlig at man fra dansk side bliver i stand til at stå for større instrumenter til fremtidige planetudforskningsmissioner (Planetary Exploration). For at opnå dette vil det kræve at man fra dansk side kan vise et TRL på mindst 5 for instrumenter (eller hele robotter) forud for udvælgelsen af instrumenter/fartøjer til fremtidige NASA/ESA/JAXA-missioner.

Der er således behov for et forum, hvor man på længere tidsskala, og på tværs af danske universiteter og firmaer, kan definere, planlægge (og søge fælles finansiering) til udvikling af teknologier, der løser problemer/udfordringer på Jorden, men samtidig har øje for den potentielle relevans for udforskning af rummet. Et oplagt dansk eksempel på dette kunne være udvikling af rovere/droner til udforskning af Arktis som kunne trække på ekspertise på tværs af alle danske universiteter og relevante firmaer. Danmark har nogle af de førende eksperter i om Arktis, og det er i høj grad Grønlands Indlandsis der danner basis for international forskning i, bl.a., klimaforandringer.

Hvis det er muligt at udvikle bedre værktøjer til denne forskning vil det betyde at vi udvikler værktøjer, som kunne være yderst attraktive for fremtidige robot-missioner til Månen, Mars – eller til is-måner som Europa.

Kameraet skal sidde på roveren og vil give nærbilleder af jorden, som roverens bor graver op.

Foto © ESA-M.Cowan





*Vindtunnelen på Aarhus Universitet er blevet specialdesignet til at simulere den støvede overflade på Mars.
Foto © Aarhus University*

Full Scale Dirty-Windy-Thermal-Vacuum Simulation Facility

Aarhus Universitet vil gerne etablere en ny test facilitet kaldet "E3P Full Scale Dirty-Windy-Thermal-Vacuum Simulation Facility", der kan bruges til både Måne og Mars missioner.

Det skal være en facilitet, hvori det er muligt at genskabe de barske miljøer, der findes på Mars eller Månen på en skala op til ca. 1000 m². Heri vil hele habitatsystemer kunne opbygges, og flere astronauter iført rumdragter vil kunne afprøve køretøjer og de mange robotsystemer, der indgår i en mission. Ideen er, at en komplet simulering kan foretages under samtidig indflydelse af de farlige faktorer, som astronauterne vil være udsat for i en fremtidig mission f.eks. ekstrem temperatur, atmosfære/vakuum, støv/sand, vind og solstråling.

Ud over træning og sikkerhed vil en sådan facilitet også for et bredere publikum kunne formidle det komplicerede spektrum af forskning og teknologisk udvikling, som er nødvendig for fremtidige missioner til Månen, asteroider og Mars.

Faciliteten vil derudover ligesom den nuværende kunne udnyttes i undervisningen af studerende fra hele landet.

Etableringen af denne facilitet indgår ikke direkte i ESA's planer.

Rumarkitektur



Danske BIG designer for de Forenede Arabiske Emirater en eksperimentel Mars-by i ørkenen
Foto © BIG

Arkitektur giver ly for det menneskelig liv på jorden. Men med en verden, der er i evig forandring og et klima, som ændrer sig hurtigere end nogensinde før, kalder det på, at vi for alvor begynder at gentænke vores boformer. En måde at gøre det, er ved at lære af fremtidens bæredygtige arkitektur på andre planeter end Jorden. Hvordan bygger man huse på månen og hvordan vil arkitektur f.eks. tilpasse sig omgivelserne på vores nabo-planet Mars?

Sidstnævnte er BIG – Bjarke Ingels Group – særligt optagede af. Rumforskning er i det hele taget en stor passion og noget der ligger BIG meget på sinde. BIG har derfor designet Mars Science City i Dubai for at udforske, hvordan vi fremtidigt kan skabe arkitektur andre steder i galaksen.

På Mars behøver man et trykreguleret rum for at kunne leve. Derfor forankres en let oppustelig konstruktion i jorden,

som danner store kupler, hvori trykket bevares på et niveau, der er gunstigt for menneskekroppen.

Minerobotter vil grave underjordiske strukturer, opsamle vand og omdanne sandet på Mars til byggematerialer, der bruges til at skabe 3D-printede bygninger. Bygningens forskellige lag – den op-pustelige kuppel efterfulgt af 3D-printede bygninger af Mars-sand og afsluttet af underjordiske rum, der får lys gennem vandboringer – vil tilsammen skabe et beskyttet og beboeligt miljø og en biosfære, der kan opretholde menneskeligt liv. Disse biosfærer kan forbindes indbyrdes for at skabe hele byer på planeten Mars.

Mars Science City i Dubai vil blive den første prototype på Marsarkitektur på jorden, hvor et udstillings- og læringscenter bliver kombineret med forskningsfaciliteter, hvor man kan studere og udvikle nye byggemetoder og selvforsynende off-grid

samfundsmodeller. Mars City i De Forenede Arabiske Stater repræsenterer starten på Marsarkitektur på jorden.

Udover Mars Science City, har BIG gang i andre rum-relaterede projekter. BIG står blandt andet bag bogen "Architects Guide to The Galaxy", der er en manual til fremtidige generationer af rum-designere. Denne manual er blandt andet noget af det, BIG ønsker at videreudvikle i samarbejde med de andre aktører i partnerskabet. At få muligheden for at indgå i direkte dialog med eksperter og samarbejdspartnere inden for rumforskning giver BIG en gylden mulighed for at erhverve den nødvendige viden og ekspertise, som der skal til for at sandsynliggøre, at vi en dag kommer til at bygge, bo og leve andre steder i galaksen. BIG ønsker at være med til at vække interessen og læringslysten for, hvordan man skaber arkitektur i rummet og er nysgerrig og åben for alle de muligheder, som Space Exploration giver.

Generel innovation og teknologiudvikling

Innovation og teknologiudvikling er som tidligere nævnt et af de fire mål med E3P i ESA. Målene skal nås på tværs af de fire hjørneste i programmet og teknologi udviklet til en mission eller med et specifikt formål kan ofte genbruges i andre missioner.

Space exploration er i sin natur i høj grad grundforskning, som er drevet af ønsket om at "opsøge og udforske hvide områder på landkortet" og "vinde nyt land" og dermed at kunne mestre opdagelsesrejser, man ikke før har været i stand til. Det kræver udvikling af ny innovativ teknologi.

I E3P sker teknologiudvikling til Space exploration gennem teknologiprogram-

Denne Cubesats hedder Juventas og er udviklet af Gomspace i Danmark og GMV i Rumænien. Juventas skal måle tyngdefelterne såvel som det indre af den mindre af de to Didymos asteroider.

Foto © ESA – Science Office

met ExPert, men også gennem ESA's generelle teknologiudviklingsprogrammer som GSTP, Prodex og DPTD program (Discovery, Preparation and Technology Development).

De indkomne forslag om teknologiudvikling koncentrerer sig om videreudvikling af cubesats, som Danmark har særlige forudsætninger for at stå for. Aalborg Universitet har uddannet cubesat-kvalificerede kandidater gennem en årrække og dermed givet grobund for nye virksomheder.

Aktuelle aktiviteter

Gomspace er p.t. ikke involveret i Exploration aktiviteter. Gomspace bidrager p.t. til den videnskabelige HERA mission (en cubesat vil blive sendt med en satellit ud for at foretage den første radarundersøgelse af en asteroide i rummet) med et designstudie. Selve missionen er ikke en del af E3P men af et nyt Space Safety Program, der blev godkendt på ESA's ministermøde i november 2019.

Space Inventor har endnu ikke aktiviteter i Eksploration området, men har aktiviteter omkring konstruktion og opsendelse af mindre satellitter til GEO kredsløb med det formål at levere kommunikationsservice og life extension af større GEO satellitter

Space Inventor's og Gomspaces cubesat teknologi kan også udnyttes i Space Exploration I 2019 udbød ESA en mission, der skal bruge en cubesat til at teste den avancerede "rendez-vous tek-

nologi", som skal bruges til at detektere, lokalisere og fange containeren med Marsprøver efter den er sendt op i kredsløb omkring Mars. Flere danske aktører er interesserede i opgaven.

AAU er ligeledes p.t. heller ikke involveret i Exploration aktiviteter, men har laboratorier (Satlab), der understøtter cubesat aktiviteter (renrum og integrationsfacilitet) samt en jordstation med tilhørende antenne. AAU arbejder på at udvide sin laboratorieunderstøttelse af området NewSpace.

Aalborg Universitet har desuden mange års erfaring med satellitkommunikation og deltog i udviklingen af Ørsted satellitten, som blev opsendt i 1999. Et program for studerende har ført til opsendelsen af en række cubesats og ført til etableringen af virksomheder som GomSpace A/S, Reseiwe A/S, Satlab ApS, og Space Inventor ApS.

AAU har kompetencer inden for en lang række områder som radioteknologi (forskellige rumfrekvensbånd fra UHF til Ka-bånd), satellit- og drone-kommunikation og navigation. Kompetencer i kommunikation og antenner er vigtige for Exploration missioner.



Potentielle aktiviteter



GomSpace og AAU foreslår generelt at styrke Danmarks position og mulighed for at komme til at spille en væsentlig rolle i fremtidige innovative ESA-missioner inden for udforskning og videnskab, som er baseret på nanosatellit teknologi. Denne teknologiudvikling vil kunne udnyttes både til Exploration og Science missioner i fremtiden, samt Space Safety.

AAU arbejder lige nu på bl.a. MARS 2-projektet, der fokuserer på avanceret radioteknologier til rumapplikationer, der opererer inden for UHF til Ka-band-frekvens rækkevidde. Resultatet af projektet forventes at styrke væksten i den danske rumindustri. Dertil kommer SOFT - et forskningsprojekt i samarbejde med

En UHF og L-bånd kombineret "patch-array" antenne testes i ESA's Hertz laboratorium. Foto © ESA-G. Porter CC BY-SA 3.0 IGO

GomSpace og Reseiwe - der fokuserer på at anvende software-defineret radio-kommunikationlinks til nanosatellitter.

Space Inventor arbejder ligeledes med kommunikationsløsninger inden for det optiske område. Et optisk kommunikationssystem er under udvikling i samarbejde med ESA for at kunne tilbyde højhastigheds satellit til jord kommunikation.

Aktiviteterne kan samtidig bidrage til at skabe en væsentlig interesse blandt den brede befolkning for rumaktiviteter gennem formidling. Som AAU formulerer det: "Måske ESA's første nanosatellit mission til Mars kan blive danskløbet?!"

Terma har stillet forslag om et ASIM Limp modul (se under LEO) og holder løbende øje med om ESA's udbud på Måne og Mars missioner kunne være relevante.

The background of the slide features two nanosatellites in space. One satellite is on the left, and another is on the right, both with solar panels deployed. They are positioned against the backdrop of Earth's blue and white clouds from space.

Nanosatellit test-mission

Gomspace og AAU foreslår en nanosatellit test-mission som national koordineret satsning, med minimum 4 danske upstream virksomheder, 2 instrument bidrag og direkte involvering af mindst to forskergrupper (brugere til instrumentdata). Fx AAU, AU, DTU, KU, Terma, Space Inventor, Satlab, Gomspace.

Test missionen vil kunne bidrage med

Yderligere udvikling af nanosatellit teknologien med fokus på behov for "planetary exploration missions". Bl.a. inden for kommunikation, autonomi og pålidelighed.

Udvikling af innovative instrument koncepter og prototyper baseret på danske styrkepositioner og erfaringer.

Udvikling af science cases der kan implementeres vha. nanosatellit teknologi, de foreslåede instrumenter er relevante i forhold til ESA's vision.

Understøtte og engagere studerende i undervisningen på flere universiteter.

En sådan test mission indgår ikke i ESA's E3P planer, men kan bidrage til at styrke de danske kompetencer til at deltage i planlagte eller fremtidige Exploration missioner.

Disse tvillinge-cubesats er på størrelse med små kufferter og vil flyve rundt om hinanden før de gennemfører en automatisk "docking" manøvre i rummet. Projektet hedder RACE, som står for "Rendezvous Autonomous Cubesats Experiment" og er ESAs seneste demonstrationsprojekt i rummet for Cubesats.

Foto © GomSpace

Inspiration og formidling

Inspiration og formidling er et af de fire formål med Exploration, der skal nås på tværs af de fire hjørner i programmet. Det har nemlig vist sig, at Exploration, der rummer både robotmissioner, astronauter og rejser til både Månen og Mars, har en unik tiltrækning og skaber fascination hos unge såvel som ældre.

Formidling heraf kan derfor være brændstof i undervisningsaktiviteter og bidrage til en dagsorden om at fremme STEM og dermed være interessant for uddannelses og undervisningssektoren.

ESA har en række egne kommunikations og uddannelsesaktiviteter, som Danmark allerede deltager i. Andre danske aktiviteter skal langt hen ad vejen finansieres af private midler.

Billedet fokuserer på en lagdelt høj i Juventae Chasma lige nord for den ikoniske Valles Marineris på Mars.

Foto © ESA/Roscosmos/CaSSIS



*Den vigtigste ingrediens til at opdage universet er nysgerrighed – en egenskab, som både astronauter og børn besidder i stor stil.
Foto © Max Alexander/Asteroid Day*

Aktuelle aktiviteter

Andreas Mogensen rejser rundt i Danmark, hvor han holder foredrag og deltag i uddannelsesmæssige aktiviteter og disse aktiviteter udgør et højdepunkt i formidlingen af rumaktiviteter både med udgangspunkt i Danmark og internationalt.

Som en udløber af KU's Mars aktiviteter bidrager KU-forskere betragteligt til formidlingsaktiviteter for både at informere og inspirere ikke-forskere; herunder børn og unge.

Dansk Selskab for Rumfartsforskning (DSR) er en frivillig forening, der arrangerer foredrag og aktiviteter og driver hjemmesiden www.rumfart.dk samt www.spacedays.dk.

DSR gennemførte i 2019 - i samarbejde med over 40 samarbejdspartnere - Space Days 2019 med fokus på Månen, både historisk og i fremtiden med udgangspunkt i 50 året for den første

bemandede landing på Månen. Hovedaktiviteten var udstillingen i Rundetaarn "Rundt om Månen", der blev set af mere end 30.000 besøgende fra over 45 for-

skellige lande. I 2020 fortsætter dele af udstillingen som vandreudstilling på andre lokationer i Danmark, og første stop er Brorfelde Observatorium.



*ESA astronaut Paolo Nespoli og ESA's børnemaskot Paxi beundrer sammen en solopgang fra Cupola modulet på den internationale rumstation (ISS).
Foto © ESA/NASA*

Planlagte aktiviteter

DSR formåede gennem den årlige Space Days at vække interesse og læringslyst inden for STEM hos børn og unge, at stimulere offentlighedens interesse for naturvidenskab og rumfart og at styrke og etablere samarbejde mellem frivillige og professionelle organisationer inden for naturvidenskabsformidling, undervisning og rumfartsområdet

Space Days er optaget i Teknologipagten og har bidraget til at styrke danskeres STEM-kompetencer.

Space Days kan ud over at vække interessen og læringslysten inden for STEM hos børn og unge generelt også specifikt inspirere piger til at interessere sig

for videnskab og teknologi bl.a. gennem fokus på tværfaglighed og samarbejde. Space Days har været afholdt rundt om i landet.

Planen er at Space Days med bidrag fra skiftende aktører også i fremtiden vil være med til at opbygge en "space kultur" i Danmark.

Potentielle aktiviteter

Etablering af Space Days planlægges som en årlig begivenhed med et nyt inspirerende tema hvert år - med Space Exploration som drivende kraft.

Dansk Industri (DI) foreslår at gentage succesen med en dansk astronaut-kampagne for at forberede kandidater til ESA's næste optagelsesrunde og foreslår at fokusere på at få en kvindelig dansk astronaut.

Etablering af fælles sekretariat for rumformidling

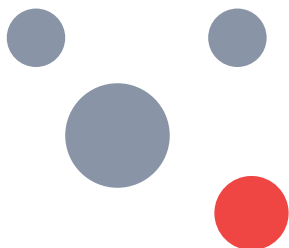
DSR foreslår et samarbejde om etablering af et fælles sekretariat for naturvidenskabelige frivillige foreninger i tilknytning til universitetsmiljøet. Formålet er at danne et miljø for naturvidenskabelige foreninger med fælles ressourcer til gensidig inspiration og sparring, at deles om ressourcer og at stå stærkere i en større sammenhæng og medvirke til at øge offentlighedens forståelse for naturvidenskab, herunder at give indblik i rumfart og exploration.

Et fælles sekretariat for rumformidling indgår ikke i ESA's E3P planer, men kan udnytte programmets missioner.



Konklusioner

De indkomne forslag strækker sig bredt over både forskning, teknologiudvikling og formidling. Disse interesser kan med fordel kombineres, men har også relevans hver for sig. Dertil kommer spin off aktiviteter, der kan bruges uden for rumområdet.



Tværgående danske initiativer

En række forslag tager sigte på aktiviteter, der yderligere vil opbygge kompetencer i Danmark og dermed forbedre mulighederne for at deltage i missioner i fremtiden. Det er aktiviteter, som for manges vedkommende forudsætter et tæt samarbejde mellem offentlige og private partnere for at kunne blive realiseret.

1. Nyt videntcenter for rumfysiologi/ rummedicin.

2. Udvalgelse og forberedelse af eksperimenter til Andreas Mogensens næste mission.

3. Mars testfacilitet på ESS i et fortsat samarbejde med NASA.

4. Full Scale Dirty-Windy-Thermal-Vacuum Simulation Facility til måne- og Marsmission.

5. Nanosatellit test mission

6. Etablering af fælles sekretariat for rumformidling.

Forslagene viser samtidig, at der i Danmark eksisterer kompetencer, inden for alle fire hjørneste i ESA's program for Space Exploration (E3P). For at bringe kompetencerne i spil skal danske aktører holde øje med udbud og udforske mulighederne for samarbejde med aktører i andre europæiske lande.

Eksempler på initiativer og teknologier der kan udnyttes i de fire hjørnerne i E3P

LEO (ISS)

Vandrensning (clean tech), træningsudstyr, robotter
ASIM Limp
Astronaut sundhed (viden om humanfysiologi, stråling, intelligente tekstiler)
Motions- og helbredsovervågningsudstyr

BLEO (Gateway)

I HAB
Vandrensning, træningsudstyr, robotter, intelligente tekstiler
Brændselsceller
Motions- og helbredsovervågningsudstyr

Månen

Full Scale Dirty-Windy-Thermal-Vacuum Simulation Facility
Brændselsceller
Motions- og helbredsovervågningsudstyr
Cislunar navigationsteknologi
Detection, Rendezvous og Docking sensorer
TRN teknologi
Præcisionslandingsteknologi

Mars Sample Return

Full Scale Dirty-Windy-Thermal-Vacuum Simulation Facility

European Return Orbiter

Strømforsyning, software, kamera, Rendez vous og Docking, Formation flying mm.,
Testfaciliteter til Marsprøver

Sample Transfer arm

Robotkompetencer

