

Dansk Rumfart

Nr. 78
2021



**ESA søger nye astronauter
Ophold på Sydpolen
Lunark projektet i Grønland
Hvordan styrer man en rover på Mars?
Dansk testpilot fortæller
Augmented Gravity Træning
Rejsen til Mars**

Den danske astronaut
Andreas Mogensen under
træning i Florida.
NASA NEEMO 19 mission
i FIU Aquarius habitatet i
Key Largo, Florida,
september 2014.

Billede: ESA/NASA/GCTC





Dansk Selskab for Rumfartsforskning

Redaktionelt

Udgiver: Dansk Selskab for Rumfartsforskning
Dansk Rumfart nr. 78, 2021
ISSN 0905-2410

Redaktionen:

Lykke Pedersen (ansvarshavende redaktør)
Finn Willadsen

Kontakt redaktionen

info@rumfart.dk

Tryk: Jannerup

Oplag: 5.000

Layout: Cristina Benescu

Forsidebillede: Analog astronaut fra SAGA under træning i Grønland.

Billede: SAGA Space Architects

Bagsidebillede: "Nine years of ESA's class of 2009 astronauts".

Biillede: ESA

Dansk Selskab for Rumfartsforskning blev grundlagt i 1949. Selskabets hovedformål er at udbrede kendskabet til rumfart i almindelighed og danske rumfartsaktiviteter i særdeleshed. Det gør vi ved at afholde foredrag, udgive bladet Dansk Rumfart med artikler om rumfart og - især danske - rumfartsprojekter, og drive hjemmesiden rumfart.dk, hvor du kan læse om selskabets aktuelle arrangementer og finde masser af baggrundsinformation på vores faktasider om rumfart.

Bliv medlem:

Du vil få tilsendt bladet Dansk Rumfart og det norske blad Romfart, der udkommer fire gange årligt. Desuden udsender vi e-mails med oplysninger om arrangementer og aktuelle nyheder. Som medlem kan man også få rabat på deltagelse i konferencer, der arrangeres af IAF (International Astronautical Federation), bl.a. den store rumkongres, IAC (International Astronautical Congress), der finder sted en gang om året.

Årskontingenter: Ordinært medlem: 300 kr, studerende: 175 kr, unge under 18 år: 90 kr.

Firmaer kan også blive medlem af selskabet.

Indmeldelse foretages via menupunktet "Bliv medlem" på selskabets hjemmeside www.rumfart.dk.

Dette særnummer af Dansk Rumfart er udgivet med støtte fra Thomas B. Thriges Fond.

En stor tak til fonden for dette.

Thomas B. Thriges Fond

Dansk Rumfart nr. 78 udsendes i samarbejde med Space Exploration Danmark og Thomas B. Thriges Fond til gymnasier i hele Danmark samt Grønland og Færøerne.

Space Exploration Danmark er et fælles offentligt-privat partnerskab, der er gået for sammen at udnytte det store danske potentiale for Space Exploration. Partnerskabet arbejder bl.a. på at øge og forbedre den danske deltagelse i internationale rumfartsmissioner, inspirere børn og unge til at slå ind på en naturvidenskabelig kurs, samt samle og profilere det danske Space Exploration miljø.



Indhold til Dansk Rumfart:

Artikler og indlæg i bladet er udtryk for forfatterens personlige meninger og kan ikke nødvendigvis opfattes som redaktionens holdning og opfattelse. Bruges artikler fra bladet som kildemateriale skal der refereres til Dansk Rumfart med henvisning til bladets nummer, årstal, udgivet af Dansk Selskab for Rumfartsforskning samt artiklens navn og forfatter.



s.06

Rejsen til Mars - vejen til begyndelsen
Benny Elmann-Larsen



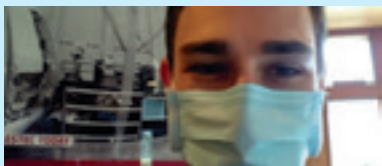
s.14

Dansk testpilot:
Enhver rumflyvning er en testflyvning
Thorbjørn Forsberg



s.18

ESA søger astronauter



s.20

At være Young Graduate Trainee hos ESA
Hasse Hansen, Stefan Graham og Anders Kjær



s.22

Hvide Mars
Nadja Albertsen



s.26

LUNARK habitatet
Sebastian Aristoteles



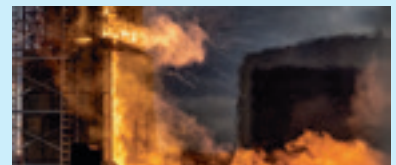
s.30

Udforskning med robotter på Mars
Jens Frydenvang



s.34

Artemis Akkorderne: Ny vej mod fælles regler i rummet eller uretmæssig amerikansk enegang?
Hjalte Osborn Frandsen



s.36

Copenhagen Suborbital - Danmarks folkerumfartsprojekt
Mads Stenfatt



s.40

Augmented Gravity Training-Robotteknologi til livsvigtig træning med kunstig tyngdekraft
Anders Stengaard Sørensen



s.43

Materiale prøver fra rummet
Finn Willadsen



s.46

Forskelligt

Kære læser!

Det er en glæde at præsentere Dansk Rumfart nr. 78. Tak til alle, der har bidraget med indhold til bladet.

I artiklen " Rejsen til Mars" kan du få et indblik i fremtidens rumfart med fokus på mennesket og de største risici, der er forbundet med bemanded rumfart.

Du kan også læse den spændende beretning om en dansk testpilot i USA.

Sebastian og Karl-Johan er hjemme igen efter tre måneder i Grønland og de fortæller om, hvordan det er gået med LUNARK projektet og du kan se

de forskningsprojekter, som de har været med til.

Du kan få et indblik i, hvordan man kan styre en rover på Mars og du kan læse om missioner, der skal hente materiale prøver ned til Jorden fra forskellige steder i rummet.

Vi kommer omkring nogle af de job muligheder, der findes i ESA, som astronaut, som ESA læge (Research Medic) på Sydpolen, og som Young Graduate Trainee eller senior scientist.

Copenhagen Suborbitals og DanSTAR fortæller om status og mål for deres arbejde med at udvikle raketter.

Og på SDU udvikles der "Augmented Gravity" træning. Det er en robotteknologi, der skaber en illusion om "ændret tyngdekraft", som både kan bruges til træning af astronauter, og til genoptræning af patienter på Jorden. Endelig kan du også danne dig et overblik over principperne i Artemis Akkorderne.

God fornøjelse med læsningen!

Lykke Pedersen, cand. scient.,
formand for Dansk Selskab for
Rumfartsforskning, redaktør på
Dansk Rumfart.

Kometen Neowise. Billede: Jakob Arthur Andersen



Kometen Neowise lagde vejen forbi vores indre solsystem i sommeren 2020. Billedet er taget gennem kikkert fra Falster. Kometen er igen på vej ud af vores solsystem, og har en ekstrem lang omløbsbane, dvs. at den først nærmer sig Jorden igen om ca. 7.000 år. Derfor var det afgørende at jeg fik taget billedet af den i slutningen af juni måned, hvor den var tættest på Jorden. Selve billedet er et resultat af sammenlagt en times eksponering, hvor de enkelte eksponeringer var på 30 sekunder. Da kometer flytter sig væsentligt hurtigere end stjernerne, er redigeringen ekstra svær, da man skal have to forskellige sæt billeder til at passe hen over hinanden. Tekst: Jakob Arthur Andersen

Rejsen til Mars - vejen til begyndelsen

TEKST: BENNY ELMANN-LARSEN, Cand.Scient., tidligere ESA Senior Scientist.

“Moon missions are risky. NASA's Apollo 1 ended with the deaths of three astronauts. Apollo 13 nearly marooned the crew in space. For Artemis astronaut and spaceflight vet Anne McClain, the risk is always top of mind.”

Introduktion.

Vejen til Mars er lang, både bogstaveligt talt, varighedsmæssigt og med hensyn til at blive klar til at kunne sende mennesker derud. Alle disse tre aspekter repræsenterer en virkelighed vi ikke tidligere har haft. Hvad vi ved, kender, har gjort og har erfaring med giver os en kvalificeret start, men der er en række helt afgørende begrænsninger som på samme tid er 'nyt land' og hvor vi meget vel kan indsamle teknisk erfaring for at optimere vores kunnen, samt sikkerhed for mandskabet, men hvor vi vil være nødt til at acceptere en virkelighed som i afgørende grad overlader mandskabet til en anden og mere autonom virkelighed end vi har kendt. I det følgende gives et billede af hvad forfatteren på basis af mange års erfaring med alle aspekter af bemanded rumfart kunne forstille sig ville være den virkelighed og dens udfordringer.

Mennesket i rummet – det er ikke problemet.

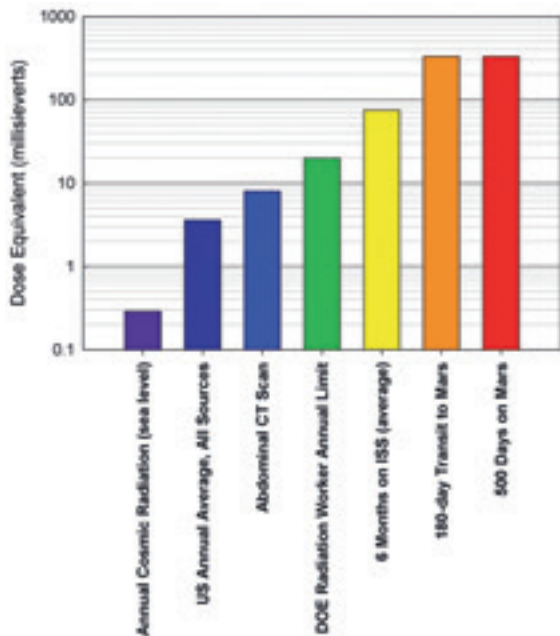
I over et halvt århundrede har vi sendt mennesker i kredsløb omkring Jorden i det man kalder Low Earth Orbit (LEO), den model vi til stadighed anvender i forhold til den internationale rumstation (ISS)

Om forfatteren

Benny Elmann-Larsen (BE-L) arbejdede ved European Space Agency (ESA-ESTEC) i årene mellem 1985 og 2012, som Project Scientist for ESAs første store undersøgelse af den menneskelige organismes funktion i, og tilpasning til længere tids vægtløshed. Anthrorack hed dette Spacelab projekt, som var en del af Spacelab D-2 missionen der blev opsendt i 1993, og varede i 16 dage. Men arbejdet startede allerede med Spacelab D1, som fandt sted lige efter tiltrædelsen i 1985. Efter disse Space Shuttle missioner arbejde BE-L som Mission Scientist på to ESA-russiske missioner til den russiske rumstation MIR fra 1993. Disse banede vejen for det store internationale samarbejde mellem ESA og de russiske, amerikanske og japanske rumagenturer, Energia (nu Roskosmos), NASA og NASDA (senere JAXA) på den senere internationale rumstation, ISS. BE-L har forestået koordinat af både eksperiment-udvalg, og forberedelse til godkendelse af de eksperimenter som astronauter gennemfører med mandskabet som forsøgspersoner. Han har været en vigtig faktor mht. definering af den humanvidenskabelige profil som ESA har fulgt fra den tidlige færd, specielt indenfor humanfysiologi. Han har været central i det pionérarbejde som ESA gennemførte i de år, hvor det meste var nyt territorium, parallelt med, at man lærte at forstå menneskets muligheder og begrænsninger i rummet. BE-L har derudover haft afgørende indflydelse på design og konstruktion af apparatur til fysiologi-forskning i rummet, og han repræsenterer unik erfaring med hensyn til hele processen fra ide-koncept til astronauternes sikre tilbagekomst på Jorden efter missionen. Han definerede begrebet Baseline Data Collection: udbredte kontrolforsøg før og efter missionerne. Det var nyt den gang. Mange vanskelige og krævende ting blev gjort for første gang, og nogle blev aldrig senere gentaget.

og tidligere rumstationer, nemlig i en bane ca. 400 km over Jordens overflade i ubegrænset tid. Vi har vist, at vi kan styre den model til perfektion under normale omstændigheder. Det måske

ligeså interessante i forhold til en bemanded Mars mission ligger dog næsten 50 år tilbage, nemlig de bemandede månelandinger man gennemførte i 1960'erne og -70'erne.



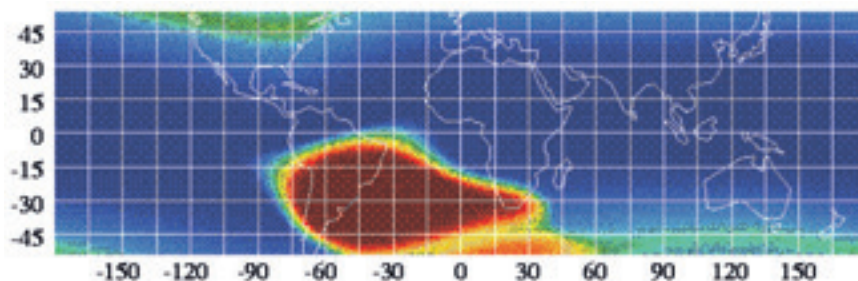
Målte og beregnede strålingsmængder. Søjle længst til venstre: Den baggrundstråling vi alle modtager på Jorden. Strålingsarbejder: Grøn søjle. Seks måneder på ISS: Gul søjle. Bemærk at det er ca. 50% mere modtagen stråling end den grønne søjle. For ubeskyttet rejse til og fra Mars skal den orange søjle tælles med to gange.

Søjlen helt til højre er beregnet for 500 dages ophold på Mars, ubeskyttet. Data i figuren er fra MSL Radiation Assessment Detector (RAD) på NASA's Curiosity Mars rover på vej til Mars.

På platforme i kredsløb har vi haft mandskaber af mange forskellige sammensætninger ombord, og har gennemført enkelte missioner hvor meget få astronauter har været ombord en rumstation i mere end et år, af dem faktisk vores egen Euromir 94 (Poliakov). Vi kender den positive og negative helbredsmæssige effekt, og vi ved at vi kan styre specielt den negative indflydelse som vægtløshed har på organismen, via forskellige trænings- og ernæringsprogrammer. Vi ved således at vi kan regne med at mennesket kan vedligeholde en nær normal funktionalitet på en

så lang rejse i rummet, og stadig have den fornødne kapacitet til både at arbejde på Mars, samt til at komme helskindet tilbage. Mars's tyngdefelt som er lidt mere end 1/3 af Jordens vil i den sammenhæng ikke være en uoverstigelig forhindring. Men ... vi ved også, at vi ved at bevæge os udenfor Jordens magnetfelt, som beskytter os og Jorden mod stråling fra verdensrummet, udsætter os for denne, kun beskyttet at det fartøj vi befinder os i, og dette aspekt repræsenterer det første alvorlige problem der skal løses, før vi sikkert kan sende bemanning den vej.

South Atlantic Anomaly, SAA. Anomalien målt i en højde på ca. 560 kilometer. Mål i 1990'erne af ROSAT. Kilde: Snowden, S. L.; Arida, Michael. "South Atlantic Anomaly". ROSAT Guest Observer Facility. Oktober 16, 2007.

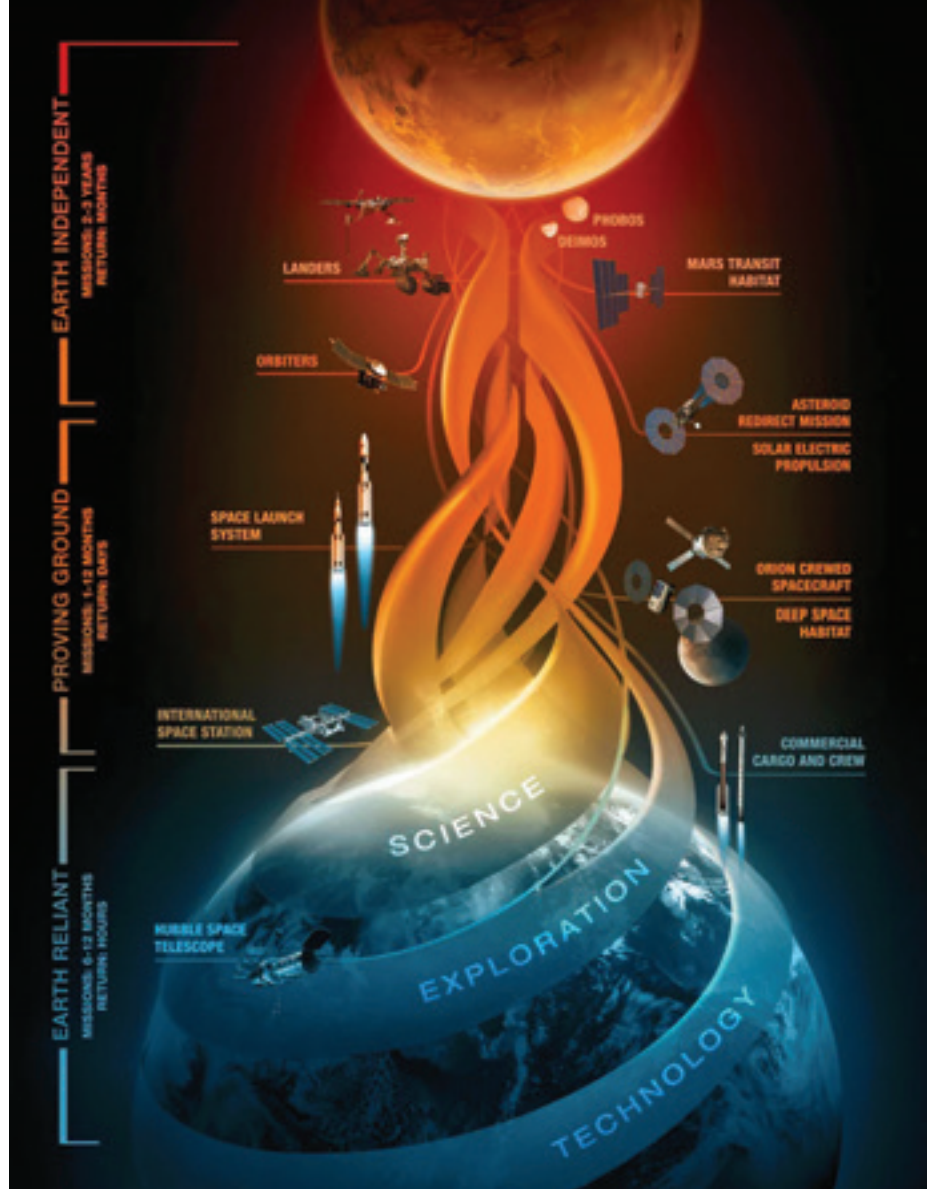


Rejsen derud – virkeligheden vi ikke kan ændre

Rejsen til Månen i 1969 var en del af våbenkapløbet i forbindelse med den kolde krig. Det faktum er vigtigt i sammenhængen, fordi man på den baggrund var villig til at tage risici, som man ikke kan forestille sig i dag. Månelandingerne var således at betragte som det absolut maksimale man kunne gennemføre med den teknologi man havde på den tid, og satsningen var stor. Resultatet var samtidig voldsomt imponerende, når man betænker at det var betydeligt før man havde nogen nævneværdig computer kapacitet, set med vore dages øjne. Risikoberegningen var derfor i et helt andet spektrum end vi i dag kræver for at sende mennesker i rummet. Vores muligheder for effektiv styring er i dag et helt andet sted, så den faktor har vi masser af kraft i, og den kraft skal vi bruge til at sætte os selv og mandskabet i en situation, hvor vi kan føle os sikre på, at de kommer sikkert ud og sikkert tilbage. Vores elektroniske kapacitet skal bruges til at minimere risici og optimere styring.

Astronauter og risici

Allerede i forbindelse med ophold på ISS i LEO i dage og uger, har man fra begyndelsen anlagt en strålingsrisikoberegning som starter ved 'strålingsarbejdere', dvs. mennesker som arbejder i strålingsomgivelser hver dag året rundt. Sådanne bærer til stadighed dosimetre og disse

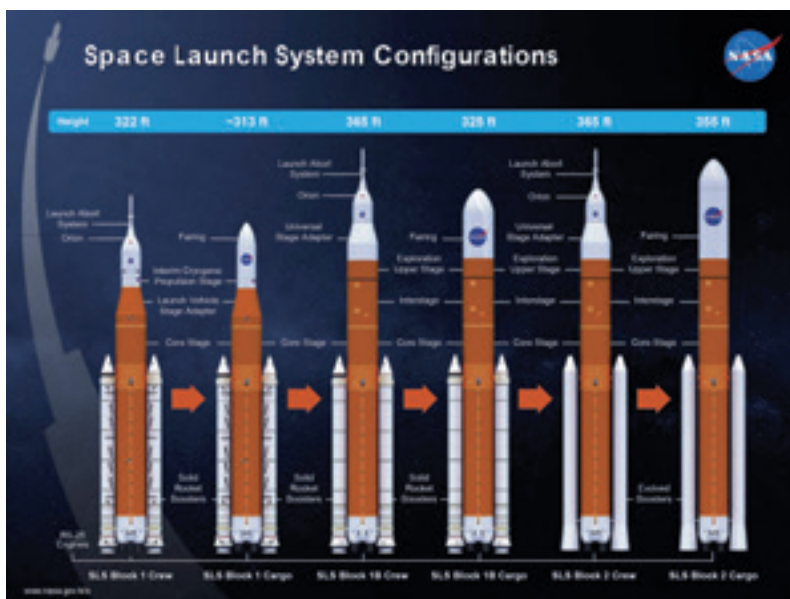


Figuren illustrerer den opdelte udvikling som beskrives i artiklen "*Mars mission: 5 things humans need to do before the trip.*" Kilde NASA.

aflæses jævnlige for at sikre at man ikke modtager en for stor stråledosis. (Astronauter ligestilles med 'strålingsarbejdere' som en norm for hvor meget stråling man kan udsættes for på et år med daglig eksponering i otte timer.) Ioniserende stråling gennemtrænger kroppens væv og fører til beskadigelse af vores arvemasse, men hvor vi også ved at 'småreparationer' bliver foretaget i cellerne per biologisk automatik. Dog er den helt store bekymring påvirkningen af synet – så der kan ikke skaltes og valtes med strålingsbeskyttelse. Astronauter i LEO er udsat for

gennemsnitlig 50 mrad pr. dag, men når ISS passerer gennem det sted i beskyttelseslaget man kalder den Sydatlantiske Anomali (SAA), som er stedet hvor van Allen strålingsbæltets ene ende så at sige rammer Jorden, og hvor man derfor over en højde på ca. 200 km over Jorden passerer 'udenpå' strålingsbeskyttelsen, er belastningen op til 1.000 gange større. Dette indikerer samtidig niveauet man kommer ud for på vejen til Mars. Endelig repræsenterer 'solar flares' en relativt uforudsigelig risiko. Der er tidspunkter hvor stråling fra Solen i princippet kan være dødbringende.

En yderligere helt afgørende faktor for bemandede missioner til Mars vil være, at man er nødt til at undgå risici, som man ville være villige til at acceptere i forbindelse med ubemandede missioner. Et godt eksempel er såkaldte 'single-point failures', dvs. hændelser, der kun har to mulige udfald, nemlig at de enten lykkes som ønsket, eller ikke. Disse forsøger man naturligvis altid at undgå, men man vil skulle arbejde med en model, hvor den statistiske sandsynlighed for sådanne situationer er absolut minimal, når astronauter er i spil, og hvor man derfor indbygger mange lag af alternative muligheder, eller simpelthen går efter en meget mere sikker løsning fra begyndelsen. Og dette vil være den store udfordring. Det er fristende for fritænkeren at tro på at man f.eks. lykkes med at sammenkoble en bemandede kapsel med en 'optankningsstation' et eller andet sted på vejen. Det er praktisk, smart, ressource-effektivt, men samtidig en umiddelbar risiko fra øverste hylde. Hvad nu hvis det ikke lykkes? Under visse forudsætninger kunne dette meget vel lykkes, og i sådanne overvejelser vil man typisk indregne de kræfter – specielt dér hvor gravitationsfelter udøver en så entydig effekt som muligt - som på meget sikker facon kan anvendes til at styre.



Space Launch System, SLS har fra nu af den opgave som Saturn V raketten havde i 1970'erne. Den tilpasses opgaven. I nederste segment identificeres de enkelte komponenter. Kilde: NASA SLS Lift Capabilities and Configurations.

Strålebelastning af mandskab og materiel

Strålebelastning har altid været en show-stopper for rejser til Mars, og vil vedblivende være en begrænsning af friheden. Uden et magnetfelt på Mars som Jorden har, er der heller ingen strålebeskyttelse dér, hvorfor løsning af denne kæde af relaterede situationer, hvor stråling begrænser vores muligheder og udsletter liv er helt afgørende. Det er nødvendigt at have et rumfartøj som har tilstrækkelig beskyttelse, samt beskyttelse i alle sammenhænge på Mars, dvs. på opholdssteder, i køretøjer, og i dragter som mandskabet må bære udenfor til enhver tid. Det nyeste i denne sammenhæng er det nye nanofiber materiale, betegnet BNNT eller Borium Nitride Nanotubes. Det har uhørt styrke, er meget let og fremfor alt optimalt for opfangning af ioniserende stråling. Det synes for tiden at være det vidundermateriale, som kunne komme til at spille en afgørende rolle for

mulighederne af at sende mennesker stråle-sikkert til Mars.

Ekspertsystemer

Modsat missioner til Månen, som vi vel i nutiden betragter som værende ganske mulige og overskuelige, vil man på grund af den helt anderledes rejse-model – one-way til Mars princippet – have et behov for en meget højere kapacitet for autonomi ombord. Specielt i tilfælde af uforudsete helbredsproblemer, vil der fra mandskabets side være krav til at man kan overleve godt, på trods af eventuelle uforudsete akutte legemlige problemer. Det kan derfor med høj sandsynlighed forudses, at der som minimum vil være to højt kvalificerede læger ombord, således at der i bedste fald altid vil være en af disse til at løse sådanne problemer. Derudover kan man forudse, at den lægelige klinik man vil have ombord vil omfatte et tilstrækkeligt antal af de mest moderne behandlingsfaciliteter, udstyret med en maksimal

repræsentation af kunstig intelligens. Udviklingen på Jorden i nutiden går stærkt, således at man kan forvente, at man om 10-15 år vil være et godt stykke længere, og måske så langt at komplicerede operationer langt overvejende kan udføres af robotter, med kvalificeret lægelig over-kontrol. Sådanne faciliteter skal man forvente at have ombord som minimumskrav.

Forberedelse via Månen

Månen repræsenterer en umiddelbar test-case, hvor vi kan eksperimentere på basis af den nuværende teknologi og teste rejse, kommunikation, landing og returnering til Jorden fra Månens overflade. Tilbage i tiden til de første månelandinger, havde man en serie med først en orbiter, så lander, og endelig 'man on Moon'. Et lignende sæt vil som minimum blive modellen for Mars, men derudover kan man forudse et meget større antal test-missioner, da der er så mange flere begrænsninger man skal have prøvet af. Ikke mindst vil 'launch-window'- dvs. en begrænset tid til rettidig opsendelse for at nå Mars, og med mere end to år mellem at dette optimale tidspunkt kommer tilbage - blive en af de helt store begrænsninger, så man vil være nødt til at sende et større antal missioner afsted indenfor samme launch-window, eller i tiden deromkring, sådan at mange missioner vil være på vej til planeten på samme tid for at få tingene gjort indenfor en overskuelig tidshorisont – medmindre man finder en



De fem hovedtemaer, som udgør de største hindringer ud fra et generelt synspunkt, temaer som behandles i teksten.

alternativ og meget mere kraftfuld fremdriftsmodel. Denne antagelse stemmer i princippet overens med Wernher von Brauns ideer fra slutningen af 1950'erne. (I sin sidste version regnede han med at skulle bruge 400 opsendelser ...!)

Måne eksperiment-fasen er en fase, som er helt afgørende for konsolidering af stort set alle løsnings-dele, som basis for definition af primært transport-systemet til Mars, men ligeså meget for at sikre, at vi kan styre systemet med den sikkerhed, der er nødvendig for at have mennesker ombord. Ikke mindst ligger det lige for at anvende Månen som test-sted for nye materialer, med betydeligt fokus på strålebeskyttelse. Det vil være helt afgørende for de successive faser, at man her finder løsningen på dette altoverskyggende problem. Derudover synes ideer, der foreslår at 'parkere' rumfartøjsdele i diverse Lagrange punkter, dvs. punkter i Jord-Måne og Mars-Sol systemet, hvor de to legemers massetiltrækning opløser

hinanden, at være interessante derved, at man så kan anvende en trinvis opsendelse af segmenter, og derved sandsynligvis kan anvende samme 'arbejdsraket' til flere formål. Dette ses bl.a. også af den Launch Vehicle Stage Adaptor som det nye SLS system er udstyret med, som basis for Artemis programmet.

Opsendelse, rejse og landing

Missionen til Mars vil i forhold til en Måne-mission på samme tid imidlertid repræsentere en helt anden virkelighed: Varigheden derud er med den nuværende teknologi og en Hohmann transfer model i størrelsesordenen seks-ni måneder. Det svarer meget vel til et opholds varighed på ISS, så på det punkt har vi prøvet det før. Men som nævnt skal strålebeskyttelsen klares. Derudover er der set generelt en mindre gene deri, at man med afstand fra Jorden vil skulle vente længere og længere på modtagelse og svar på signaler til og fra Jorden, og det betyder at man i nærheden af Mars kan have helt op til 20 minutters

forsinkelse på radiokommunikation. På vejen derud kan man måske i langt de fleste tilfælde 'leve med det', men det aftvinger en meget høj grad af autonomi ombord, da intet i den fase kan håndteres i real-time fra Jorden. Mandskabet vil derfor selv skulle tage beslutninger, almindelige eller kritiske, og i forbindelse med selve landingen på Mars må man forestille sig at denne dog er indprogrammeret, men at de eneste der kan intervenere manuelt, hvis det er nødvendigt, er mandskabet ombord.

Ophold og hjemrejse

Overordnet ligner en Mars mission en gigantisk logistik-øvelse: Det er fint nok at antage at man kan fremstille materialer på stedet, ved at bruge Mars ressourcer, men for at opstarte en base skal der udsendes, landes (helst nøjagtigt) og opbygges opholdsfaciliteter, hvor man kan opholde sig beskyttet. Man vil sikkert ende op med første mission med meget beskedne ambitioner, da selve dette at få hele menneske-logistikkæden

til at fungere 100% i sig selv vil være en præstation i en dimension, som vi ikke tidligere har udført.

Da hele rejsen med nutidens øjne vil være i størrelsesordenen 30 måneder vil alle forsyningsaspekter være i centrum, og helt centralt hvordan man klarer at forsyne mandskabet med tilstrækkelige fornødenheder til livets opretholdelse. Igen er der interessante tanker fremme og mange gennemførte forsøg de sidste mange år, der sigter på produktion af fødevarer på Mars, men det vil være helt usandsynligt at man vil lade dette være grundlaget på de første mange missioner: Mandskabet vil skulle have forsyningsikkerhed helt uden udefrakommende kilder. Men lad os da lige tage et kig på et af de mere spændende projekter, som er ombord på NASAs rover Perseverance, der landede på Mars den 18. februar 2021. MOXIE hedder den iltgenerator som skal splitte noget af de 95% CO₂ som udgør Mars's atmosfære. Har man den fornødne energi til rådighed kan det lade sig gøre, og denne teknik må helt afgørende blive central i fremtidige missions-sammenhænge, og er i øvrigt centralt funderet på Niels Bohr instituttet i København. Den endelige afslutning på Mars mission no.1 vil naturligvis være returneringen fra Mars overflade, og dette er et teknologikapitel for sig selv. Igen med fokus på materiel og ressourcer (brændstof etc.) samt evt. sammenkobling med et retur fartøj, med tilstrækkelige ressourcer til de ni måneder hjem.



ALTEA-SHIELD: Strålingsmonitorering i på ISS, i 'US lab'. Udstyret var ombord på ISS i 2011-12 for at kortlægge strålings-karakteristika inden i ISS modulerne. Forberedelse af strålebeskyttelse på Mars missioner. Billede: ESA

Parkering af moderskib – dynamisk eller geostationært

Man kan se denne løsning som en 'ISS i kredsløb omkring Mars', analogien her anvendt til at anskueliggøre at blot denne ene detalje, som vi bruger enorme ressourcer på mht. ISS, altså er en af de mange byggesten, der skal fungere i forbindelse med en bemanded Marsmission. Men det definerer den mest sandsynlige strategi: At have landeren koblet til moderskibet hele vejen, hvor sidstnævnte forbliver i kredsløb omkring Mars indtil missionen slutter og mandskabet forlader Mars for igen at koble til det og rejse hjem. Eller man parkerer den i en geostationær position (sparer brandstof og kunne fungere som relæstation).

Mht. placering af moderskibet: Da Mars har en ulige fordeling af masse, med en koncentration på siden med monster-vulkanen Olympus Mons, har man ikke frit spil mht. en eventuel geostationær placering af Mars orbiteren. Der vil være udvalgte positioner

hvor brændstof udgiften vil være minimal for at fastholde denne over tid, mens andre ikke stabile positioner ikke er realistiske. Højden over overfladen vil være omkring 13.600 km. Vi har en tendens til at undervurdere disse 'byggesten' men eksemplet med ISS illustrerer for dem med lidt indsigt meget godt, hvilke udfordringer vi er oppe imod på vejen til Mars med mennesket.

Derudover kan man forestille sig et scenario, hvor man vil opsende diverse back-up enheder, for at give alternative løsninger i tilfælde af at den primære skulle fejle. Og dette fænomen må nødvendigvis blive karakteristisk for en bemanded Mars mission: At man placerer alternative redningspunkter på strategiske steder for så vidt det er realistisk, i lyset af, at der ikke vil være real-time muligheder for at komme et nødstedt mandskab til hjælp. Sådanne enheder, 'tankstationer' kan man meget vel placere på



SOLAR var et ESA 'science observatory'. SOLAR blev opsendt med STS-122 Space Shuttle Columbia i februar 2008. Placeret som en af komponenterne på den eksterne platform EuTEF, European Technology Exposure Facility havde SOLAR med sine tre måleinstrumenter SOVIM, SOLSPEC and SOLACES til opgave at kortlægge Solens strålingspektrum, også med henblik på forberedelse af strålebeskyttelse på Mars missioner. Billede: NASA

strategiske steder på vejen, f.eks. i Sol-Mars Lagrange punkter, eller andre Lagrange punkter. Et problem her er imidlertid, at der er lidt meget trafik på de steder. Man har i mange år anvendt disse steder til forskellige menneskeskabte observationsplatforme, som man efter endt 'liv' har flyttet væk. Men også asteroider har i løbet af astronomisk tid samlet sig her, hvor de bliver liggende mere eller mindre stabilt.

Efterskrift

Vi undervurderer den tid det tager at blive klar til menneskets næste logiske skridt i rummet. Vi har råd til at apparatur og nye raketter har ulykker igennem udviklingen, og selv i den afsluttende fase, men så snart mennesket skal med, må vi operere med et helt andet niveau af sikkerhed, og typisk skal alle tekniske dele være klare, funktionelle og perfekt fungerende, inden astronauter stiger ombord. Vi må definere systemer som har et absolut minimum af risici - der er ikke råd til fejl eller satsning, og vi tvinges derfor ind i en retning, hvor vi er nødt til at

forkaste fristende men for usikre løsninger. Et godt eksempel til illustration er "The Spacelab Handbook" (SPAH), biblen for hvad man kunne og ikke kunne mht. materialer etc.. En meget stor del af denne beskæftigede sig med at definere betingelser for hvordan astronauter i alle tænkelige situationer kunne leve og overleve i det lukkede økologiske system som et bemanded rumfartøj er: Materialer, der ville udvikle giftige gasser ved brand, er forbudt. De basale livsbetingelser, ilt og drikkevand og konstant regenerering og strikt kontrol af en ufarlig atmosfære ombord, samt basal infrastruktur og apparatur til opretholdelse af godt helbred undervejs, var de drivende kræfter for de endelige løsninger. En Mars mission vil bygge på disse erfaringer, men vil udfordre os på så mange flere fronter, at vi nok skal regne med at det varer længere end vi umiddelbart tror nu, at nå frem til opsendelse af den første bemandede Mars mission.

Året 2033, som NASA synes at angive for den første bemandede mission til Mars – uden landing – er valgt, fordi det er det tidspunkt efter 2018, hvor Jorden og Mars er tættest på hinanden. Der vil være muligheder omkring det år også, men 2039 for den første landing synes mere problematisk, da planeterne er på vej væk fra hinanden, for at opnå den største distance i 2042. Men rejsehastigheden er konstant under revision i lyset af mulige alternative fremdriftsmodeller.

Hvorom alting er, så vil intet menneske komme til at sidde på toppen af SLS på vej til Mars, før vi får styr på strålebeskyttelsen. Det synes at være den altovervejende sandhed.

"Perseverance Gets Ready to Touch Down"

NASAs Perseverance rover landede på Mars den 18. februar 2021. Dette billede blev taget kort før touch down. Missionen skal bl.a. søge efter spor efter mikrobielt liv, karakterisere planetens geologi og tidligere klima og bane vejen for menneskelig udforskning af Mars. Det er også planen, at der skal indsamles materiale prøver, der senere skal returneres til Jorden.

Billede: NASA/JPL-Caltech



DANSK TESTPILOT: "Enhver rumflyvning er en testflyvning"

TEKST: THORBJØRN FORSBERG, journalist, Forsvarskommandoen.

De amerikanske rumprogrammer bygger på det fundament, som testpilotverdenen har lagt, og forbindelsen er stadig stærk. Det fortæller den danske testpilot PEL, som i otte år var med til at udvikle kampflyet F-35 i USA. Han har været i praktik hos NASA, mødt astronauterne Buzz Aldrin og Jim Lovell, og han vurderer, at testpiloter vil spille en stor rolle på fremtidens bemandede ture til Månen og Mars.

"Når vi gennemførte testflyvninger med F-35, og man tog et kig ind i kontrolrummet, kunne det godt til forveksling ligne en rumflyvning. Det var som en scene taget ud af film som Apollo 13, hvor en masse ingeniører sidder ved en masse skærme og overvåger hver deres specifikke ansvarsområde. Den lighed er jo ikke tilfældig."

Det fortæller den danske testpilot Casper Børge Nielsen med pilotnavnet PEL, som fra 2008-2017 var involveret i verdens hidtil største testprogram, udviklingen af kampflyet F-35 Joint Strike Fighter. Han har fløjet F-16 Fighting Falcon i Flyvevåbnet siden 1992 og blev færdig som testpilot i 2001.

Arbejdet med F-35 foregik på den amerikanske Edwards AFB (Air Force Base) i Mojave, Californien. Som nabo lå National Test Pilot School, hvorfra PEL bestod nogle år forinden som sit holds bedste elev. Nu var opgaven at flyve et dansk F-16-fly som følgefly til et hav af testflyvninger med F-35. Fra et følgefly observerer piloten det fartøj, der testes. Det var også muligt at have en



Testprogrammet for F-35 Joint Strike Fighter var verdens største nogensinde og større end Apollo-programmet. Her står PEL foran dét, der nu er verdens mest avancerede kampfly. Privatfoto.

ingeniør eller en fotograf med på bagsædet. Mens PEL deltog i et hav af førstegangsmånøvrer for det nye kampfly (såkaldte 'firsts', månøvrer, som aldrig har været prøvet før), var det

næsten umuligt ikke at mærke historiens vingesus. Luftrummet ved Edwards har nemlig været scene for en række store gennembrud i flyvningens og rumfartens historie.

Casper Børge Nielsen (PEL):

- Oberstløjtnant i Flyvevåbnet. Pt. chef for Fastvingede Fly ved Forsvarsministeriets Materiel- og Indkøbsstyrelse.
- Født i Esbjerg i 1968.
- Første flycertifikat som 18-årig.
- Begyndte i Flyvevåbnet i 1988. Omskolet til F-16 i 1992.
- "Experimental Test Pilot" fra National Test Pilot School, USA, 1999-2001.
- Deltog i udviklingen af F-35 Joint Strike Fighter fra 2008-2017 på Edwards Air Force Base, USA, som den eneste ikke-amerikanske testpilot og den eneste pilot, der var med i testprogrammet fra start til slut.



PEL på vej tilbage til Edwards efter en firetimers test med F-35, som ses i baggrunden. Bemærk den særlige bemaling på F-16-flyets halefinne. Flyet med stelnummer ET-210 opnåede nærmest kult-status i testprogrammet, fordi det var så pålideligt.

Foto: Lockheed Martin

Fra Bell X-1 til rumfærgeprogrammet

Mest kendt er måske testpiloten Chuck Yeagers flyvning i 1947, hvor han som det første menneske brød lydmuren i eksperimentalflyet Bell X-1. I samme serie af overlydsfly satte man frem til 1968 rekorder på striben. Det kulminerede i hastigheder på seks gange lydens hastighed, og i at otte af de tolv piloter på Bell X-15 nåede en højde, som betød, at de efter det amerikanske flyvevåbens standard reelt fløj i rummet, altså højere end 264.000 fod (små 80,5 km). De otte blev senere tildelt den officielle astronautvinge for denne bedrift.

En del af de erfaringer, man gjorde sig med X-15-programmet, blev senere brugt direkte i rumprogrammet. For eksempel var data omkring landinger meget vigtige, da man skulle planlægge rumfærgens første

flyvning tilbage til Jorden. Den var nemlig ikke afprøvet ubemandet. Alligevel kunne astronauterne John Young og Bob Crippen i 1981 lande rumfærgen sikkert, endda på Edwards AFB. Siden landede rumfærgen hele 18 gange på Edwards mellem 1982 og 2009, idet basen huser NASAs Dryden Flight Research Center (fra 2014: Neil A. Armstrong Flight Research Center) og fungerede som backup landingsbane.

NACA og NASA

Overlydsflyprojektet hørte i begyndelsen til under National Advisory Committee for Aeronautics (NACA), som i 1958 blev til NASA (National Aeronautics and Space Administration). Det var en glidende overgang fra flyvning til rumfart, og det første hold amerikanske astronauter, The Mercury Seven, havde alle en baggrund som militære

testpiloter. Det har de fleste amerikanske astronauter gennem tiden, og blot én af de tolv månevandrere havde ikke en testpilotbaggrund, geologen Harrison Schmitt på Apollo 17 i 1972.

”Rumprogrammet blev født ud af testpilotverdenen. Det var ikke bare, at man tog en flok testpiloter og omskolede dem til astronauter. Det var hele setup’et og organisationen, der blev overflyttet nærmest én til én. Den tilsatte man så raketforskere og den slags. Men principperne og procedurerne for testflyvninger, indretningen af kontrolrummet, hele den metodiske tilgang til flyvning ud i rummet var – og er – nærmest identisk med en testflyvning inden for Jordens atmosfære. Man kan godt sige, at enhver rumflyvning er en testflyvning i hele den måde,



PEL på vej op i en F-18 Hornet for at være følgefly under en test af mini-rumfærgen, X-38. Det foregik på det, der dengang blev kaldt NASA Dryden på Edwards Air Force Base.
Foto: NASA



Klar til take-off med NASAs F-18 Hornet under PELs praktikperiode ved NASA Dryden på Edwards Air Force Base. (Foto: NASA)

man går til den på,” forklarer PEL.

Et stærkt bånd

Historisk set er der altså et tæt bånd mellem testpilotverdenen og rumfarten. Det samme gælder i nutiden. Da SpaceX Crew Dragon Demo-2, det første kommercielle amerikanske rumskib med astronauter om bord, fløj retur fra Den Internationale Rumstation i maj 2020, var det med to testpiloter ved roret, Bob Behnken og Doug Hurley.

Testpiloter og astronauter mødes også normalt mindst én gang årligt, når der er konference i The Society of Experimental Testpilots. Det lyder eksklusivt og er det også. Man kan nemlig kun blive medlem, hvis man enten har været i rummet eller som testpilot har foretaget mindst ti såkaldte *'envelope expanding flights'*, altså testflyvninger, som ingen har lavet før.

PEL er medlem og formand for den danske underafdeling. Han forklarer, at en gruppe testpiloter dannede foreningen med det formål at dele erfaringer for at forsøge at undgå fatale ulykker.

Det er nemlig ikke normalt i den ellers meget risiko-betonede branche, at de store, konkurrerende producenter deler ret mange oplysninger med hinanden.

Han understreger, at piloterne naturligvis ikke deler forretningshemmeligheder. I The Society of Experimental Testpilots kan man også møde nogle af sine forbilleder. PEL har talt en hel aften med Neil Armstrongs månelandingsmakker, Buzz Aldrin, som han

Et foto af mini-rumfærgen, X-38, taget fra F-18 Hornet-følgeflyet. Testflyet er netop frigjort fra vingen af et B-52-bombefly under en test ved NASA Dryden på Edwards Air Force Base. Foto: NASA



faldt i snak med ved buffeten. Og han har spist frokost med Jim Lovell, kaptajn på Apollo 13-missionen, der er mest kendt for de berømte ord: *"Houston, we've had a problem."*

Praktik hos NASA

PEL havde selv et praktikophold hos NASA under sin uddannelse til testpilot. Her fløj han en F-18 Hornet som følgefly under test af en lille rumfærge, som var benævnt X-38. Grundidéen var, at den skulle være redningskapsel for Den Internationale Rumstation. Den skulle derfor kunne lande på Jorden af sig selv uden en pilot. Projektet blev dog skrinlagt i 2002. Han og en række andre testpiloter var også med til at afprøve konceptet til rumfartøjet Rotary Rocket, dog kun i en simulator. Testresultaterne blev senere en del af baggrunden for udviklingen af Virgin Galactics SpaceShipOne og SpaceShipTwo.



Rotary Rocket, som PEL var med til at teste i simulator. Privatfoto.

Testpiloter til Månen – og måske Mars?

Fremtidsplanerne for amerikansk rumfart er ambitiøse: Artemis-programmet har som målsætning, at man i 2024 vil lande på Månen med både en mand og en kvinde. NASA arbejder også på at bringe mennesker til en asteroide i 2025 - og til Mars i 2030'erne.

I hele processen vil testpiloter spille en vigtig rolle, vurderer PEL, hvis gode ven, testpiloten Raja Chari, er en af de udvalgte Artemis-astronauter. Chari var chef for PEL og hele

F-35-testprogrammet på Edwards.

"Jeg vurderer, at han er det måske stærkeste kort til at komme til Månen," siger PEL.

Ånden fra Edwards

For PEL er testpiloter et naturligt valg, når en del af opgaven går på at afprøve og flyve nye fartøjer på farlige missioner.

"Man har brug for folk, der kan håndtere vanskelige og uforudsete situationer, mens de holder hovedet koldt. Det kan testpiloter. Testpiloter har også en stor faglig viden om alle

aspekter vedrørende flyvning, og de kan være med til at løse de store udfordringer, som det amerikanske rumprogram støder på i de kommende år," anfører PEL. Han tilføjer:

"Imens man i de senere år har brugt meget energi på at forske i aspekter omkring ophold i rummet på Den Internationale Rumstation, så er nye månelandinger og en tur til Mars anderledes. De kræver udvikling af helt nye rumskibe og teknologier, og dét kræver, at man i langt højere grad end ved ophold på ISS skal kunne flyve og styre fartøjerne."

"Det var i dén pionérand, de første overlydsflyvninger blev foretaget på Edwards. Og det er en lignende pionérand, der skal drive arbejdet frem mod en opfyldelse af de amerikanske rumfartsambitioner," fastslår PEL.



ANBEFALINGER - LÆS, LYT OG SE MERE

LÆS:

- Casper Børge Nielsen (PEL)'s bog "Testpilot – Et liv på grænsen" (2019), skrevet i samarbejde med Espen Uldal. Findes også som lydbog og e-bog.
- Tom Wolfes bog "The Right Stuff" (1979) om testpiloter på Edwards Air Force Base og udvælgelsen af astronauter til Mercury Seven.

LYT:

- "Forsvarets Podcast" - herunder to udsendelser om PEL. Find dem i din podcast-afspiller eller på <https://forsvaret.buzzsprout.com>. (Fra 2019, genudgivet i 2021).
- NASAs podcast "Houston, we have a podcast," særligt afsnittet "Test pilot to astronaut" (2017) med Scott Tingle: <https://www.nasa.gov/johnson/HWHAP/test-pilot-to-astronaut>

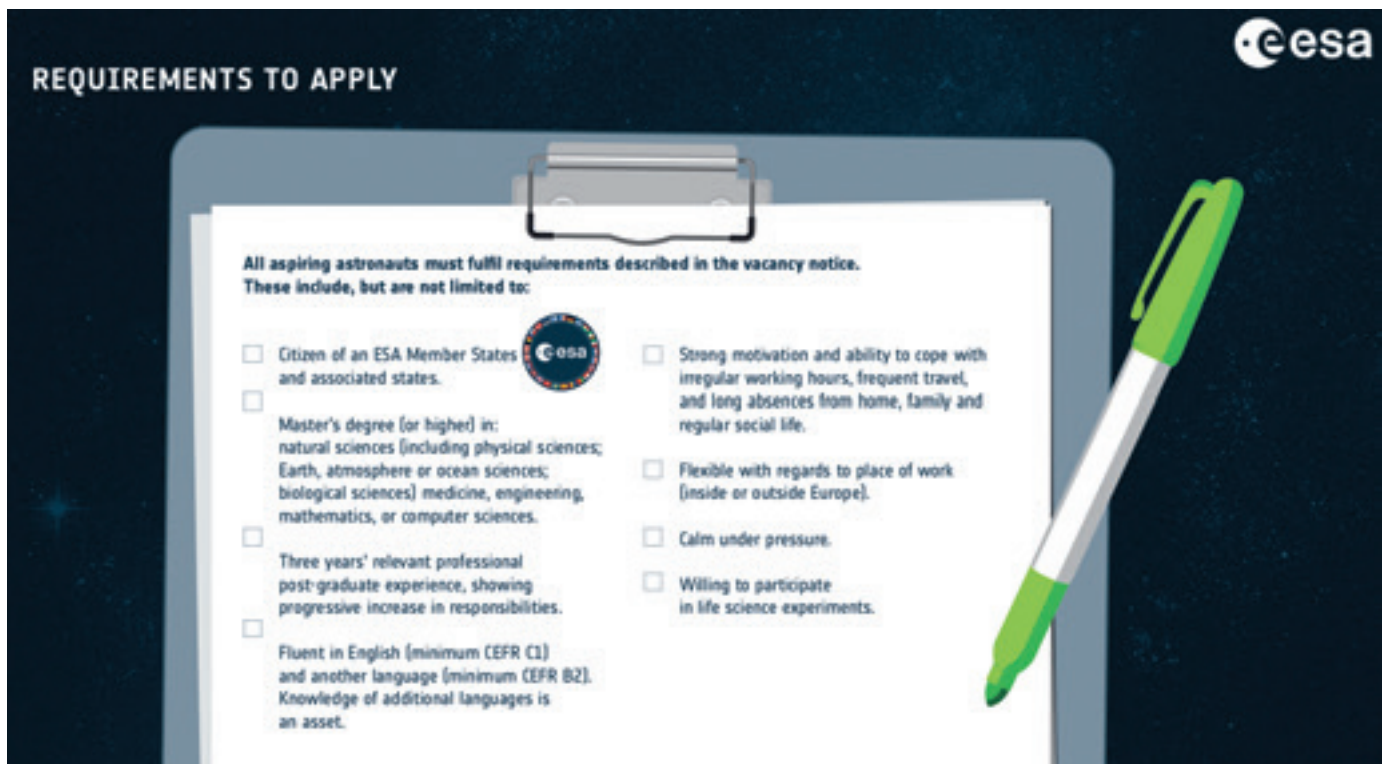
SE:

- Filmen "The Right Stuff" / "Mænd af rette støbning" (1983), baseret på Tom Wolfes bog.
- Filmen "First Man" (2018) om Neil Armstrongs tur til Månen.

ESA søger astronauter

BILLEDER: ESA

ESA søger nye astronauter og har fokus på mangfoldighed ("*diversity*") i en ny rekrutteringskampagne. Ansøgninger er velkommen fra alle kvalificerede kandidater, uanset køn, etnicitet, tro og andre karakteristika. Der vil blive valgt 4-6 nye astronauter og der vil være mulighed for at søge igen om 6, 12 og 18 år. ESA har også planer om at finde en para-astronaut (en astronaut med et fysisk handicap) og arbejder på at afklare mulighederne. Derudover vil ESA de næste ti år slå 100 nye stillinger op hvert år indenfor mange forskellige områder. Man kan høre mere om disse jobs på en virtuel job messe den 22. april.



Ansøgningskrav til at blive astronaut. Fra 31. marts til 28. maj 2021 kan der sendes ansøgning ind om at blive astronaut hos ESA. Der kræves bl.a. en kandidatuddannelse (indenfor naturvidenskab, medicin, ingeniør, matematik eller computer science) og tre års praktisk erhvervserfaring efter endt uddannelse.

Hvor kan man læse mere og søge job i ESA?

Se ESAs jobside: https://www.esa.int/About_Us/Careers_at_ESA

Vigtige datoer

31. marts - 28. maj 2021: Der kan indsendes ansøgning om at blive astronaut.

Følg med her: esa.int/YourWayToSpace

22. april 2021: Virtuel job messe om andre jobs i ESA.

Hvad sker der i Danmark i tilknytning til ESAs astronaut kampagne?

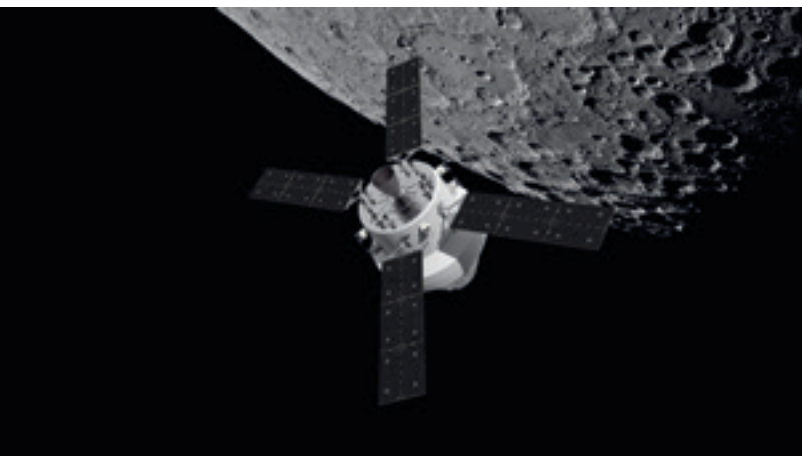
Læs mere på hjemmesiden: blivastronaut.dk



Astronauter fra rumagenturer fra hele verden deltager i ESAs CAVES træningskursus (*Cooperative Adventure for Valuing and Exercising human behaviour and performance Skills*). Under kurset opholder astronauterne sig i en hule som "cavenauter".



ESA astronauten Matthias Maurer træner i Neutral Buoyancy Lab, NASA Johnson Space Center, Houston, USA. Den gigantiske pool er over 12 meter dyb og rummer en fuld skala mock-up af den internationale rumstation, ISS. Poolen bruges til at træne astronauterne i at lave reparationer og installere nyt udstyr.



Kunstners fremstilling af Orion over Månen. Orion er NASA's næste rumfartøj til at sende mennesker længere ud i rummet end nogensinde før.



ESA astronauten, Luca Parmitano, i Sokol dragt under træning i Gagarin Cosmonaut Training Center, nær ved Moskva, Rusland.



Pangaea-X er en test kampagne, der bringer geologi, high tech udstyr og rumforskning sammen. Her trænes der på Lanzarote.



ESA astronauten, Luca Parmitano, på sin tredje rumvandring for at servicere Alpha Magnetic Spectrometer AMS-02.

At være Young Graduate Trainee hos ESA

TEKST: HASSE HANSEN, STEFAN GRAHAM OG ANDERS KJÆR, ESA Young Graduate Trainees

Stillingen som Young Graduate Trainee (YGT) hos ESA gives til personer som for nyligt er blevet færdig med deres kandidat. Her tilbyder ESA en 1-årig stilling, hvor unge mennesker oplæres i et job hos en stor rumfarts institution og dermed får en smag på hvordan det er at arbejde inden for stillingens felt. Nogle YGT stillinger er som ingeniør og laboratorier arbejder, mens andre er indenfor rumlov og nye teknologier. Anders, Stefan og Hasse er 3 nuværende YGT'er som startede i efteråret 2020.

Anders' oplevelse og arbejde

Hvordan har din oplevelse været med at få stillingen som YGT og arbejde for ESA?

Jeg havde faktisk ikke rigtig regnet med, at jeg ville komme i betragtning til stillingen, da jeg gennem studietiden ikke har beskæftiget mig med rumfart. Min chef mente heldigvis, at jeg havde en interessant profil, og de teknologier jeg har arbejdet med på mit speciale, er også nogle ESA er interesseret i at benytte i fremtiden. Mekanisme sektionen bliver involveret i et projekt, når en satellit eller raket har bevægelige dele. Vi hjælper med design og udvikling af nye mekanismer til rumforskning, men supporterer også gamle missioner, så vi er ofte involveret fra en mission designes, og indtil den afsluttes.

Ved ESA har jeg hjulpet med at teste reaktionshjulenes tilstand på INTEGRAL-satellitten, i forbindelse med forlængelse af missionen. Jeg arbejder også på den nye ADRIOS-mission, hvor jeg hjælper med designet

af de fire fangarme, som skal indfange et stykke rumskrot, der derefter skal fjernes fra kredsløb og brændes op i atmosfæren.

Stefans oplevelse og arbejde

Hvordan har din oplevelse været med at få stillingen som YGT og arbejde for ESA?

Hos ESA er jeg kommet på et fantastisk team, som står for udvikling af de to nyeste additioner til Sentinel-1 satellit konstellationen. Sentinel-1 er en jordobservations satellit, der bruger et radar instrument til at tage billeder af Jorden dag og nat og i alt slags vejr. Data fra Sentinel-1 anvendes blandt andet til miljøovervågning, præcisionslandbrug og til katastrofehjælp efter oversvømmelser og jordskælv.

Stefan Graham, 25 år, uddannet cand.polyt. i geofysik og rumteknologi fra DTU Space, Danmarks Tekniske Universitet. Arbejder med udvikling af en skibs detektions algoritme til anvendelse på Sentinel-1 satellitten.



Anders Kjær, 30 år, uddannet cand.polyt, i elektro-mekanisk systemdesign fra Aalborg Universitet. Arbejder som YGT mekanisme ingeniør, i direktoratet for mekanisk ingeniørvidenskab.



Min specifikke arbejdsopgave handler om at undersøge algoritmer til processering af dataen fra satellittens maritime radio modtager (AIS modtager). I løbet af min dagligdag bruger jeg meget tid på at læse artikler, programmere og deltager i møder med eksperterne inden for feltet. Det er enormt spændende at følge satellittens udvikling; fra design af de enkelte komponenter til integrationen og testning af hele systemet!

Hasses oplevelse og arbejde

Hvordan har din oplevelse været med at få stillingen som YGT og arbejde for ESA?

Min baggrund er lidt atypisk for den stilling jeg fik - jeg er uddannet astronom, men jeg fik en stilling som systemingeniør. Min supervisor fortalte mig, at det var pga. min baggrund, at de tænkte jeg ville passe godt ind - jeg har været en del af Delphini-1 missionen fra

Aarhus Universitet i 2.5 år samt været operatør på missionen i 1.5 år. Så jeg havde en god forståelse for, hvordan en mission er opbygget og hvordan man skal operere en satellit.

Mit arbejde består i at hjælpe deltagerne i ESA's "Fly Your Satellite!" (FYS) program med deres mission – de er alle universitetsstuderende som vil sende en CubeSat i rummet. Som systemingeniør holder jeg et overblik over missionen og hjælper dem igennem de forskellige faser af at designe, bygge og teste deres satellit. Jeg er i dag medansvarlig for to missioner i FYS anden runde som startede i 2017, som snart skal sende deres satellitter i rummet.



ESTEC i Holland, hvor Hasse, Stefan og Anders er YGT.
Billede: ESA

Hasse Hansen, 26 år, uddannet cand.scient. i astronomi fra Aarhus Universitet. Arbejder som YGT system ingeniør i ESA's "Fly Your Satellite!" program.



VIGTIGT AT VIDE om Young Graduate Trainee stillingerne

- Young Graduate Trainee er jobmulighed for nyuddannede kandidater fra alle ESA's medlemslande, hvor man får lov til at arbejde indenfor rumfart i en 1-årig stilling.
- Det er kun muligt at søge én YGT stilling. Ved flere ansøgninger, slettes alle ansøgninger.
- Der findes YGT stillinger flere steder rundt i Europa, som fx. ESTEC (Holland), ESEC (Belgien) og ESOC (Tyskland).
- Man får hjælp fra ESA til at finde lejlighed og komme på plads.
- Sygesikring er dækket gennem ESA.

Tidslinjen for 2021 YGT:

Februar/Marts 2021: Opslag og ansøgning om mulige YGT stillinger.

Marts/Maj 2021: Interviews af kandidater.

Juni 2021: Resultater af interviews og valg af nye YGT'er.

September/Oktober 2021: Opstart af nye YGT'er.

Har du lyst til at vide mere om arbejdet som YGT og måske selv søge en YGT stilling?

Læs mere her:

https://www.esa.int/About_Us/Careers_at_ESA/Graduates_Young_Graduate_Trainees

Hvide Mars

TEKST: NADJA ALBERTSEN, læge, Ph.d.-studerende, MSA-studerende.

Antarktis' plateau tager bogstaveligt talt tager pusten fra én fra det øjeblik, man lander. Ikke blot er luften tynd i de iskolde højder, men den ekstreme isørken er fantastisk storslået i al sin blåhvide skønhed og mangel på liv.

Den antarktiske sommer 2018

Kulden river i mine næsebor og mine øjne begynder straks at løbe i vand, da jeg forlader Basler-flyet. Flyet er landet for enden af en landingsbane bestående af sne og små røde flag, og selvom min exit ikke er elegant, føles den anderledes sikker, end da jeg en uges tid tidligere ankom ved den italienske kystbase Mario Zuchelli, hvor flyene lander og letter fra det dybfrosne hav. Mine første skridt på sneen er en smule klodsede. Jeg har endnu ikke har vænnet mig til polardragtens tykke beskyttelse og endnu mindre til de store, tunge støvler, der er nødvendige for at bevæge sig rundt inde på Antarktis' plateau. Hvor jeg ved kystbasen kunne bevæge mig rundt i kondisko i ca. 0 grader, er temperaturen ved Concordia, 1.000 km fra kysten og 3.200 meter over

Den fantastiske udsigt fra basens indgang i starten af vinteren.

Foto: Nadja Albertsen ESA/IPEV



havet, helt anderledes. På trods af at solen skinner højt og skarpt fra en skyfri himmel, er temperaturen ikke over minus 30 grader.

Jeg får hurtigt trukket de mørke skibriller på plads - det ville være dumt at starte opholdet med at blive sneblind. De andre 4 passagerer fra flyet, alle italienere og alle mænd som tidligere har været på basen i sommerperioden og som skal tilbringe nogle enkelte måneder på basen, får sig bakset ud af flyet. Vi er landet langt fra Concordias to letgenkendelige

metaltårne - på grund af en utæt motor, viser det sig - men modtagelsen er ikke desto mindre varm. To fra DC14-holdet, dét hold på 12 personer som nu har tilbragt et år på basen og som snart overgiver deres arbejde til os fra DC15, er ankommet med snescooter og anhænger.

Snakken går hurtigt. Der er vindstille, og luften er fyldt med små iskrystaller med det smukke og sigende navn "Diamond Dust". Stedets mangel på naturlige lyde kan fornemmes over larmen fra snescooterens tomgang og lyden af glade stemmer og gensyn.

Det er overvældende at være ankommet efter næsten et års forberedelse. Halvåret inden min ankomst i Antarktis har bl.a. budt på rejser rundt i Europa for at besøge de forskningshold, hvis projekter jeg skal hjælpe med at realisere, redningsøvelser med franske læger på bjergene ved

Fakta om Concordia:

Fransk-italiensk forskningsstation åbnet i 2005 i området hvor iskerneboringerne i EPICA-projektet blev foretaget. Placeret 1600 km fra den geografiske sydpol, 1000 km fra kysten og 600 km fra nærmeste nabo-base (russiske Vostok). ESA har siden 2005 haft en Research Medic fra ét af dets medlemslande stationeret på basen i 12 måneder ad gangen. ESA har dertil sponsoreret et vandrensningsanlæg, som muliggør genbrug af ca. 80% af det brugte vand. ESA-lægen varetager vandanalyser. Concordia huser, foruden ESA-projekterne, glaciologisk, meteorologisk, astronomisk, geologisk og seismologisk forskning.

Chamonix og besøg på astronautcenteret i Köln. Min tid som Research Medic er allerede fyldt med overvældende oplevelser, og Antarktis-delen venter stadig forude - hvis jeg kunne komme til for den tykke dragt, ville jeg knibe mig i armen. I stedet sætter jeg mig til rette på snescooterens anhænger og lærer min første lektie om livet i Antarktis: man skal sidde med ryggen til kørselsretningen, hvis man ikke har maske på. Da vi ankommer til basen få minutter senere har jeg fået et frostbid på næsetippen.

Den antarktiske vinter 2019

Jeg sorterer cryotuber i -80 grader. Min pandelampe guider mine hænder i det ellers totale mørke i containeren, hvor jeg sorterer og opbevarer mine prøver med Antarktis som selve dybfryseren. Jeg har elektrisk opvarmede fingerhandsker på (min nok bedste investering), og må alligevel jævnligt lune fingrene i de dunluffer, jeg har fastgjort i bæltet. Min maske fryser efterhånden til af fugten fra min egen udåndingsluft og til sidst kan jeg heller ikke længere se ordentligt ud af de ligeledes overfrosne skibriller.

Concordia-basen. Foto: Nadja Albertsen ESA/IPEV



Jeg stiller de sidste omhyggeligt markerede prøver på en hylde og må genoptage arbejdet senere. 20 minutters udendørs arbejde var alt det kunne blive til.

Udenfor kan man kun høre generatorernes brummen og lyden af italiensk popmusik fra køkkenet. Over mig strækker mælkevejen sig og milliarder af stjerner er tydelige. Jeg slukker pandelampen og drejer hovedet, så jeg kan betragte himmelen ud af ét af de stadig klare områder på brillerne. Jeg nyder øjeblikket, inden jeg tager de få skridt ind til basen og melder min ankomst over radioen.

"Copiato," lyder svaret. Det sidste fly er for længst lettet og vi er 13 mennesker tilbage på basen. Sommeren har været hektisk med op til 100 mennesker i basen ad gangen og vi har nu egne værelser og

ingen toiletvær.


Gennemsnitstemperaturen ligger om vinteren på -65 grader, hvorfor fly kan ikke lande og lette fra februar til november. Vi er to læger (og et ikke-fungerende system til telemedicin) til at klare eventuelle nødstilfælde og vi har redningsøvelser (mit ansvar) og brand- og evakueringsøvelser (teknikernes ansvar) hver måned. Der er frostvarer, tørmad og konserves nok til to år og et telt med soveposer og tøj – "bare i tilfælde af". Vores gensidige afhængighed er tydelig for alle, men italesættes aldrig.

Jeg tager blodprøver, modtager hårprøver, rengør urindunke og fryser afføringsprøver og spytprøver. Jeg laver knoglescanninger, kropsscanninger, balancetest og motoriske tests og ser på, mens holdet lander (nogle gange smadrer) Soyuz i en simulator konstrueret af et bilsæde og sort stof. Der udfyldes massive mængder af spørgeskemaer, over 400 per deltager i løbet af 12 måneder, og holdets vilje og interesse i de forskellige forskningsprojekter er motiverende i sig selv.

En overiset ESA-læge, selvom det er taget på en "lun" vinterdag, hvor brillerne kunne skubbes op.

Foto: Nadja Albertsen ESA/IPEV





Aurora Australis (sydlyset) var sjældent synlig ved basen. Vi klagede dog ikke over udsigten af dén grund. Foto: Nadja Albertsen ESA/IPEV



Selv da solen var længst væk, bød middagstiden på et fantastisk lys. Foto: Nadja Albertsen ESA/IPEV

Jeg elsker det. Det ekstreme miljø på det antarktiske plateau muliggør Concordia som rumanalog. Ganske vist er tyngdekraften ganske normal, og atmosfæren beskytter os, som andre steder på Jorden, mod den kraftige stråling som findes i Rummet. Men den ekstreme isolation i den antarktiske vinter begrænser muligheden for fysisk aktivitet, ligesom de bakterier og vira vi normalt bombarderes med, er ikke-eksisterende. Den manglende sol i den lange vinter og den tynde luft laver rod i døgnrytmer og søvnmønstre,

og savnet af venner og familie, stimuli og farver (og saltlakrids) kan virke frustrerende og stressende. Ofte føles det næsten som at være på en anden planet.

Den antarktiske sommer 2019

Da det igen bliver sommer, har holdet sammenlagt tabt sig 43 kilo på trods af langt hår og, for mændenes vedkommende, store skæg. Vi har lært, at vi i Concordia er væsentligt dårligere til at styre Soyuz end kontrolgrupperne i hhv. Halley-basen på Antarktis' kyst og i Stuttgart, hvilket tilskrives den tynde luft. Jeg har pakket fem

kasser med prøve-materiale som indtil afrejse opbevares i en hule under sneen, hvor temperaturen kan holdes konstant, mens 15 andre kasser er pakket med udstyr, som skal retur til Europa. Jeg går en sidste tur rundt på basen med min hollandske afløser. Vi sludrer, jeg peger og fortæller, og bliver urimeligt begejstret, da vi i astronomi-bygningen finder en pakke mariekiks. Jeg vågner næste dag med en sviende fornemmelse på næsen og konstaterer, at jeg har fået et frostbid på næsetippen. Jeg er klar til at tage hjem.

ESA-projekter DC15

BoneHealth: Undersøger ændringer i kropskomposition (muskler, knogler, fedt), muskelstyrke, balance, knogleopbygning og kalkstofskifte grundet isolationens effekt på mængden af fysisk aktivitet, stress og mangel på sollys (D-vitamin).

ICELAND: Undersøger ændringer i mikrobiomet i tarmen grundet holdmedlemmernes indtagelse af samme kost samt mangel på bakterier og vira udefra. Undersøger dertil mikrobiomets effekt på immunsystem og mentale status.

SIMSKILL: Undersøger isolationen og den tynde lufts effekt på piloteringsevner vha. en Soyuz-simulator. Undersøger dertil søvn og mental status' effekt på finmotorik, hukommelse og koordination.

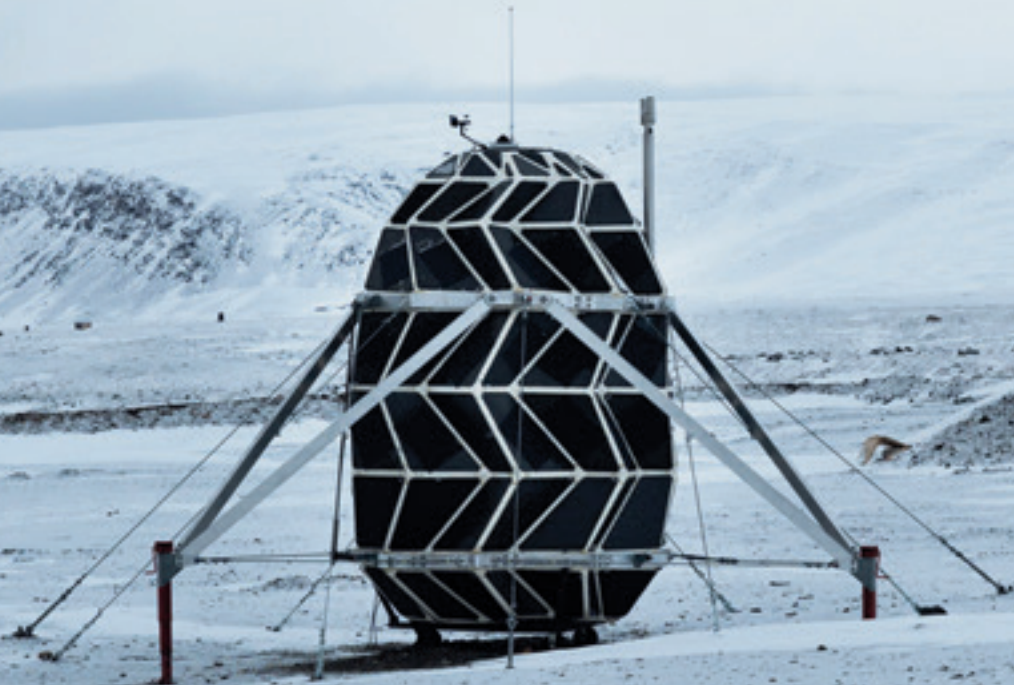
EFIA: Undersøger de akutte og længerevarende kropslige tilpasningsreaktioner på ophold i tynd luft.

Dertil kørte en række mindre projekter omhandlende bl.a. psykologisk respons på isolation. Projekterne kører typisk over 3-5 år for at sikre nok deltagere.

LUNARK HABITATET

TEKST: SEBASTIAN ARISTOTELES, rumarkitekt og grundlægger af SAGA Space Architects.

Udvikling af et prototype månehabitat testet på en 90 dage lang simuleret månemission i Nordgrønland. Habitatet blev udviklet af SAGA Space Architects, en tegnestue som de to rumarkitekter Sebastian og Karl-Johan stiftede i 2018. Siden har de vundet flere priser for deres kreative arbejde i SAGA.



LUNARK habitatet. Billede: SAGA

“Hvad skal der til for at bo på Månen?”

Projektet undersøgte netop dette spørgsmål ved at designe og bygge et prototype månehabitat. I september 2020 drog de to rumarkitekter Karl-Johan Sørensen og Sebastian Aristotelis 5.500 km op til

Nordgrønland for at leve i isolation i 90 dage inde i deres ufoldelige rumhabitat. Habitatet indvendige areal var blot 4,3 kvadratmeter.

Isoleret fra omverdenen, i et af klodens mest barske klimaer, udholdte de temperaturer ned til 30 minusgrader, isvinde af

orkanstyrke og ekstrem monoton.

Det ultimative mål var at udvikle et habitat med nye ideer til fremtidens månemissioner. Et habitat, der er tilpasset Månen, som en organisme er tilpasset sine naturlige omgivelser.



Der var ikke meget plads i habitatet. Billede: SAGA

Habitatet var både designet og bygget i SAGAs værksted i sydhavnen af København, i samarbejde med forskere, ingeniører og polareksperter. Blandt eksperterne var DTU Space, der gennem hele udviklingen deltog i design reviews.

"LUNARK er et fantastisk ambitiøst projekt, en forfriskende teknologidemonstration i hvordan fremtidens månehabitat kan se ud. Projektet fremmer vigtig innovation og forskning i dansk

LUNARK habitatet. Billede: SAGA

rumfart" sagde Kristian Pedersen, direktør for DTU Space.

"Snart drager mennesker mod Månen igen. Denne gang er det ikke for blot at plante et flag, men for at bosætte sig. Hvis mennesker skal bo på Månen eller andre planeter, er det vigtigt, at vi er omhyggelige med, hvordan vi designer hjemmene til disse pionerer. I rummet udgør dit habitat hele din verden.

Der eksisterer ikke nogen natur, ingen ændring i omgivelserne eller nogen form



Et kig ud gennem habitatets eneste vindue. Billede: SAGA

for variation." forklarer Sebastian. Han fortsætter: "Der er kun dig og din kapsel. Hvis vi fortsætter med at designe sterile overlevelsesmaskiner, vil de fremtidige astronauter visne af mangel på natur og sensorisk stimuli.

Forskningen viser, at isolation, indespærring og mangel på stimuli bliver store udfordringer i fremtidens langtids-rumrejser."





Foto indefra LUNARK habitatet under en af de mere intense kunstige solnedgange skabt af de store circadiske lys paneler. Billede: SAGA

“Vi tog afsted, fordi vi ville forstå på vores egen krop, hvad det præcist er, der er vigtigt, når man lever i isolation under disse ekstreme forhold. Som arkitekter føler vi et ansvar for fremtidige bosætteres sundhed og trivsel. Derfor har vi påtaget os den opgave at fordybe os totalt i problemstillingen.”

Forklarer Karl-Johan. Han tilføjer “Og det må man sige vi lærte. Der var mange overraskelser på ekspeditionen, men den største konklusion må være, at habitatet fungerede udover al forventning. Vi har ingen træning i arktisk overlevelse og vi har ingen

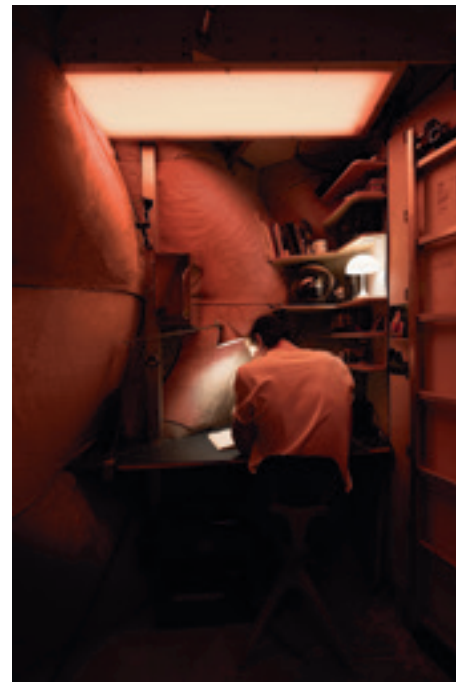
Der blev eksperimenteret med forskellige belysninger. Til venstre dagslys. Til højre solnedgang. Billede: SAGA



militær baggrund, så det var virkelig en test om habitatet kunne opretholde en sund og funktionel livsstil for to civile - og det virkede.”

De nuværende analoge missioner, som bliver udført af rumindustrien, har ofte den store begrænsning, at de ikke indeholder ægte fare. Klimaet er behageligt, hjælpen er lige om hjørnet og missionerne er korte.

Psykologiske studier er desuden begrænset af stramme etiske forholdsregler. Missionerne kan ikke udsætte deltagerne for større fare eller større mentalt stress, end hvad



de er vant til i deres dagligdag. Dette gør studierne for komfortable.

Månen er mere barsk end noget andet sted på Jorden. Der er vakuum, kosmisk stråling, ingen naturlige ressourcer og ekstreme temperatursvingninger. Så for ordentligt at forstå, hvordan kroppen og sindet påvirkes af at leve på Månen, havde vi behov for at føle kampen for at overleve i det ekstreme miljø nord for den arktiske grænse.

Hvorfor Grønland?

Det var vigtigt, at projektet fandt sted i et miljø, som ligner og opfører sig som Månens overflade. Nordgrønland har nogle unikke egenskaber, som gør det til et ideelt sted at teste koncepter til Månen.

• *Ligheder*

I et ekstremt klima, så langt væk fra civilisation, begynder lighederne med Månen at dukke op. Landskabet er øde og livløst, solen følger ikke en normal døgnrytme og i stedet for en rumdragt, havde vi en tyk polardragt på, for at overleve kulden.

• *The Peak of Eternal Light.*

Den planlagte destination, for de første bosættelser på Månen, er på Månens sydpol - også kendt som the Peak of Eternal Light. Ligesom i Nordgrønland, er der dagslys i flere måneder ad gangen.

• *Det vidtstrakte, hvide landskab.*

På Grønland vil vi møde det samme farveløse og monotone landskab som på Månen.

• *Ekstreme temperaturer.*
Med temperaturer, der nåede under -30°C gennem missionen, var der ingen plads til fejltagelser, og vi måtte have den rigtige beklædning på for at overleve.

• *Afsides beliggenhed.*
I Grønland behøvede vi ikke at lade som om, vi var total afskåret fra resten af verden. Transport- og kommunikationsmulighederne var næsten mere begrænset end på Månen.

Vi havde undersøgt den 400 år gamle japanske origami tradition. Origami er en japansk foldeteknik af papir. Origami har tidligere været fundamentet i vores konkurrencevindende projekt, Circadian Lunar Home, hvor vi for første gang

undersøgte den teoretiske mulighed ved at benytte kevlarforstærkede paneler.

Teknikken er tidligere blevet brugt til udfoldende solpaneler, men udfordringen lå i at omsætte origami fra tynde til tykke paneler, som kunne isoleres og stadig folde. Habitatet blev designet til at passe ind i en standard container - parallelt skal et månehabitat passe ind i en raket. Habitatet udvider sig 750% procent, hvilket er mere end vi havde håbet på, da vi startede projektet.

Forskning

Udover vores egen forskning havde vi en åben invitation til forskning for at give universiteter, virksomheder og

forskergrupper mulighed for at udføre deres eksperimenter i det arktiske miljø i løbet af missionen. Nedenfor ses et udvalg af de mange studier, der blev gennemført på ekspeditionen.

Hvad sker der nu?

SAGA Space Architects arbejder nu på at modne deres tegnestue og kvalificere sig til en kontrakt hos et af verdens rumagenturer. Derudover er fokus nu på at analysere alt den data der er blevet samlet på ekspeditionen. Til vinter vil habitatet blive udstillet ved DAC (Dansk Arkitektur Center), hvor der vil være mulighed for at se det. Derudover vil man senere i året kunne se hele projektet i en DR2+ dokumentarserie.

Forskning under opholdet på Grønland

Study Title	Researchers Names	University	Estimated Date for Publishing
Investigating social isolation in Moon-like environments	Dr Patrice Rusconi, Dr Paolo Riva, Konstantin Chtereve	University of Surrey & University of Milano-Bicocca	2021/2022
Team adaptation dynamics in a Moon Analog habitat	Dr. Pedro Marques Quinteiro	William James Center for Research, ISPA, Instituto Universitário	2021/2022
A Mixed Methods Study of Space Asthenia in a High-Fidelity Moon Habitat Analogue Mission	Dr. Aubrey Florom-Smith	University of Miami/Minerva Nursing Science	2021/2022
Psychological Test battery + Conflict management	Dr. Anders Kjærgaard, Dr. Gloria Leon, Konstantin Chtereve	Danish Military, University of Minnesota, University of Surrey	2021/2022
“NATURE” – New Approaches to Utilise Responsive Environments	Konstantin Chtereve	University of Surrey	2021/2022
VR Mental Health Project	Per Lundahl Thomsen	Technical University Denmark (DTU)	2021/2022

Udforskning med robotter på Mars

TEKST: JENS FRYDENVANG, planetforsker, Københavns Universitet
– deltager i Curiosity og Perseverance missionerne.

NASA har igen to aktive kørende robotter, eller rovere, på Mars: Curiosity roveren, der har udforsket Gale krateret siden 2012 og Perseverance roveren, der landede i Jezero-krateret den 18. februar i år. De to NASA rovere ligner i store træk hinanden, men trods det fælles ophav vil der være betragtelige forskelle i 'operations' – hvordan vi som forskere og ingeniører styrer roveren.

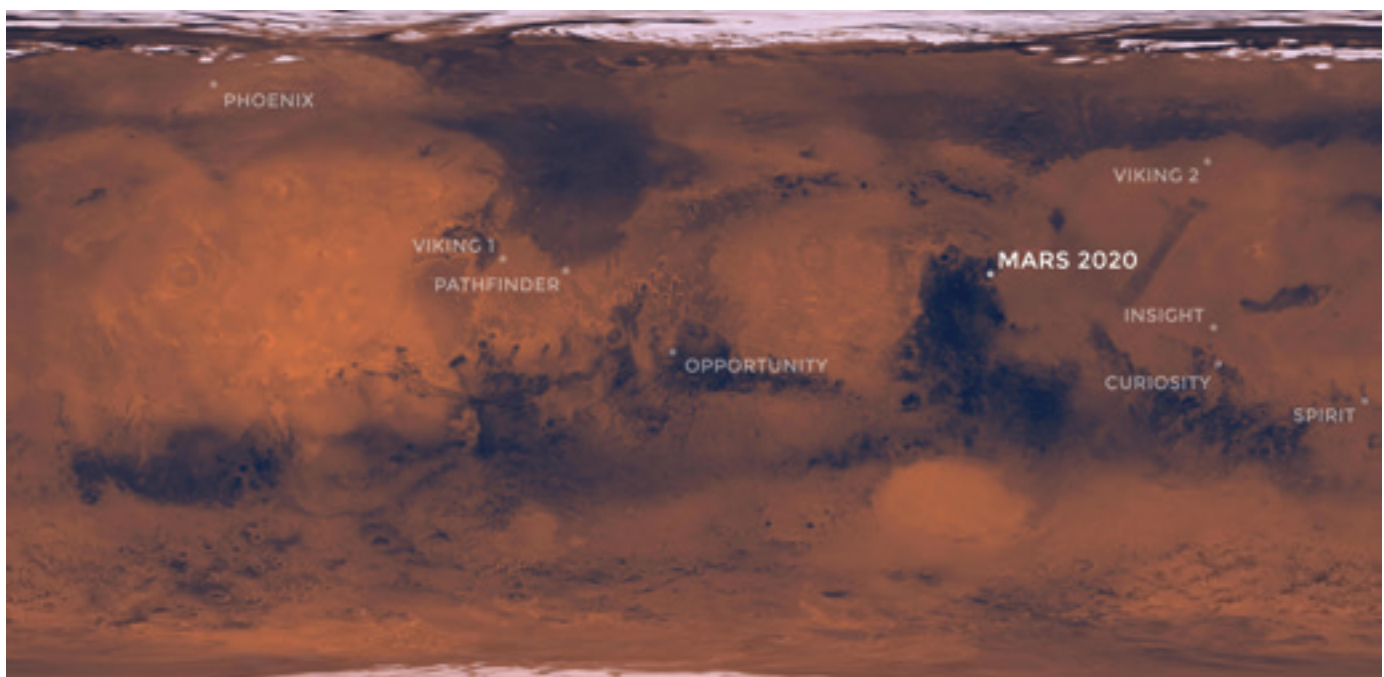
Grundpræmisser

Mars er mellem ca. 50 og 400 mio. km fra Jorden, hvilket betyder at signaler sendt fra Jorden er mellem ca. 3 og 22 minutter om at nå til Mars. Dette er en grundlæggende præmis for, hvordan vi kan styre rovere på Mars, og er grunden til at der ikke findes noget 'joystick' til at styre dem. Hvis man forsøgte at 'live'-styre roverne ville enhver forhindring vi så på kameraerne under en kørsel være ~15 minutter gamle, når vi fik billederne til Jorden, og der ville gå yderligere ~15 minutter, før en kurskorrektion kom tilbage til

Mars. For landingen af Perseverance roveren betød afstanden til Mars ligeledes, at roveren allerede var på overfladen af Mars, da vi på Jorden modtog signal om, at landingssekvensen var gået i gang – og i de efterfølgende '7 minutes of terror', som landingen også kaldes, kunne vi blot følge med i hvilken tilstand roveren havde nået overfladen i. På grund af afstanden til Mars sker al styring af roverne i form af kommandoer, som sendes op til roveren, og som roveren derefter udfører.

Næste problem er at få signaler til og fra Mars' overflade. Til dette benyttes NASA Deep Space Network der grundlæggende består af tre antennestationer placeret med 120 længdegraders afstand rundt om Jorden – i USA, Spanien og Australien – så der kan modtages signaler fra alle retninger om Jorden. Deep Space Network er ryggraden i NASA's kommunikation med alle aktive missioner fra Voyager-sonderne udenfor Solsystemet til Perseverance roveren på vej til Mars. For rovere på Mars har vi yderligere fordel af, at der er

Kort af Mars med landingssteder for alle NASA's succesfulde missioner. Perseverance roveren (en del af Mars 2020 missionen) landede i Jezero krateret den 18. februar 2021. Billede: NASA/JPL-Caltech





Deep Space Network antennestationen i Canberra, Australien. Sammen med stationer i USA og Spanien sikrer de kontakt til alle NASA's missioner. Billede: NASA/Canberra Deep Space Communication Complex

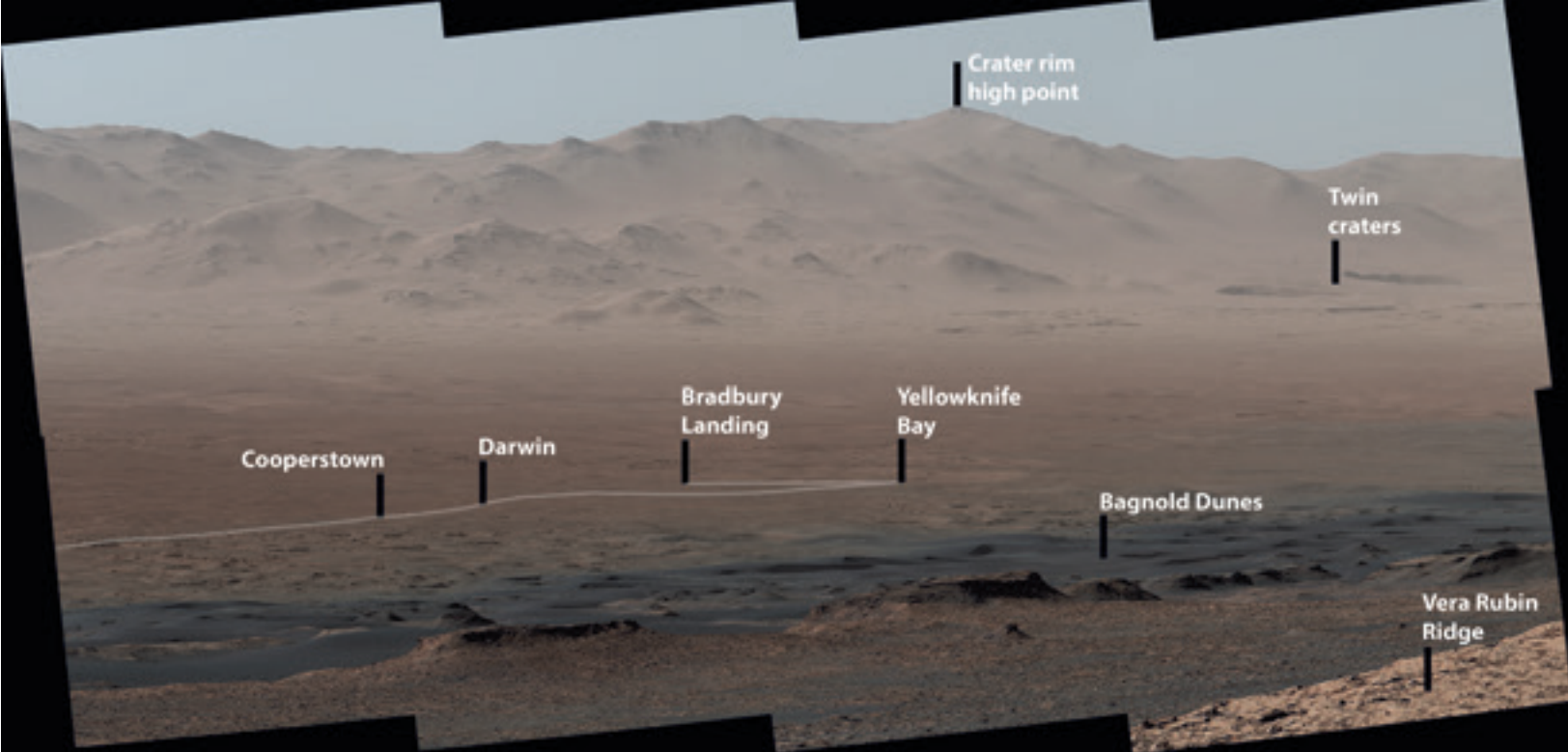
flere satellitter i kredsløb om planeten, der kan agere effektive mellemstationer for at få data fra Mars' overflade og ned til Jorden. Curiosity og Perseverance roverne kan kommunikere direkte med Jorden, men båndbredden for denne kommunikation er begrænset og bruges primært til at sende kommandoer fra Jorden til roverne. For at få billeder og data tilbage til Jorden sendes data først til satellitterne, når disse overflyver roveren, hvorefter satellitterne sender data tilbage til Jorden. Normalt fungerer dette imponerende stabilt, men sjældne gange har, eksempelvis, ekstremt vejr eller naturbrande ved antennestationerne forhindret uplink eller downlink.

En dag i Curiosity roverens liv

På en typisk dag starter operations for Curiosity kl 8:15 lokal tid ved Jet Propulsion Laboratory (JPL) lidt udenfor Los Angeles. Curiosity og Perseverance roverne blev bygget på JPL, og det er det primære kontrolcenter for begge missioner. For mig betyder det, at en vagt starter kl 17:15, hvor jeg skal være klar ved min computer og være logget ind i JPL's systemer. Til denne tid skal vi have de sidste nye billeder fra roverens aktuelle placering og andet kritisk data nede for at kunne planlægge aktiviteter for den følgende sol (dag på Mars).

Efter et kort kickoff-møde hvor evt. anomaliteter diskuteres og den overordnede plan gennemgås, deles videnskabs-

holdet i to grupper, en større 'geo'-gruppe med fokus på vores undersøgelser af klipperne i krateret og en mindre 'env'-gruppe der løbende monitorerer de atmosfæriske forhold omkring roveren. I geo-gruppen, som jeg er tilknyttet, sidder bl.a. repræsentanter for alle instrumenter (undtagen vejr/klima måleinstrumenterne) og repræsentanter fra JPL, der sikrer kontakt til ingeniørerne ved JPL, der styrer roverens arm og planlægger ruter. Mødet ledes af en 'ordstyrer', eller Science Theme Group Lead, der har ansvaret for at gruppen sammensætter den bedst mulige plan og ikke mindst overholder tidsplanen. Udover de faste roller deltager typisk også flere forskere med særlig interesse for roverens lokalitet, så der typisk er 15-20 personer



Mosaik af billeder fra Mastcam instrumentet taget i 2018 fra Vera Rubin ridge, en skulder på siden af bjerget Mount Sharp i midten af Gale krateret. Billedet er taget ud over kraterdalen i retning mod Bradbury, hvor Curiosity roveren landede i 2012. I baggrunden ses kraterkanten. Den hvide streg angiver roverens rute. Billede: NASA/JPL-Caltech/MSSS

tilknyttet denne første del af den operationelle tidslinje.

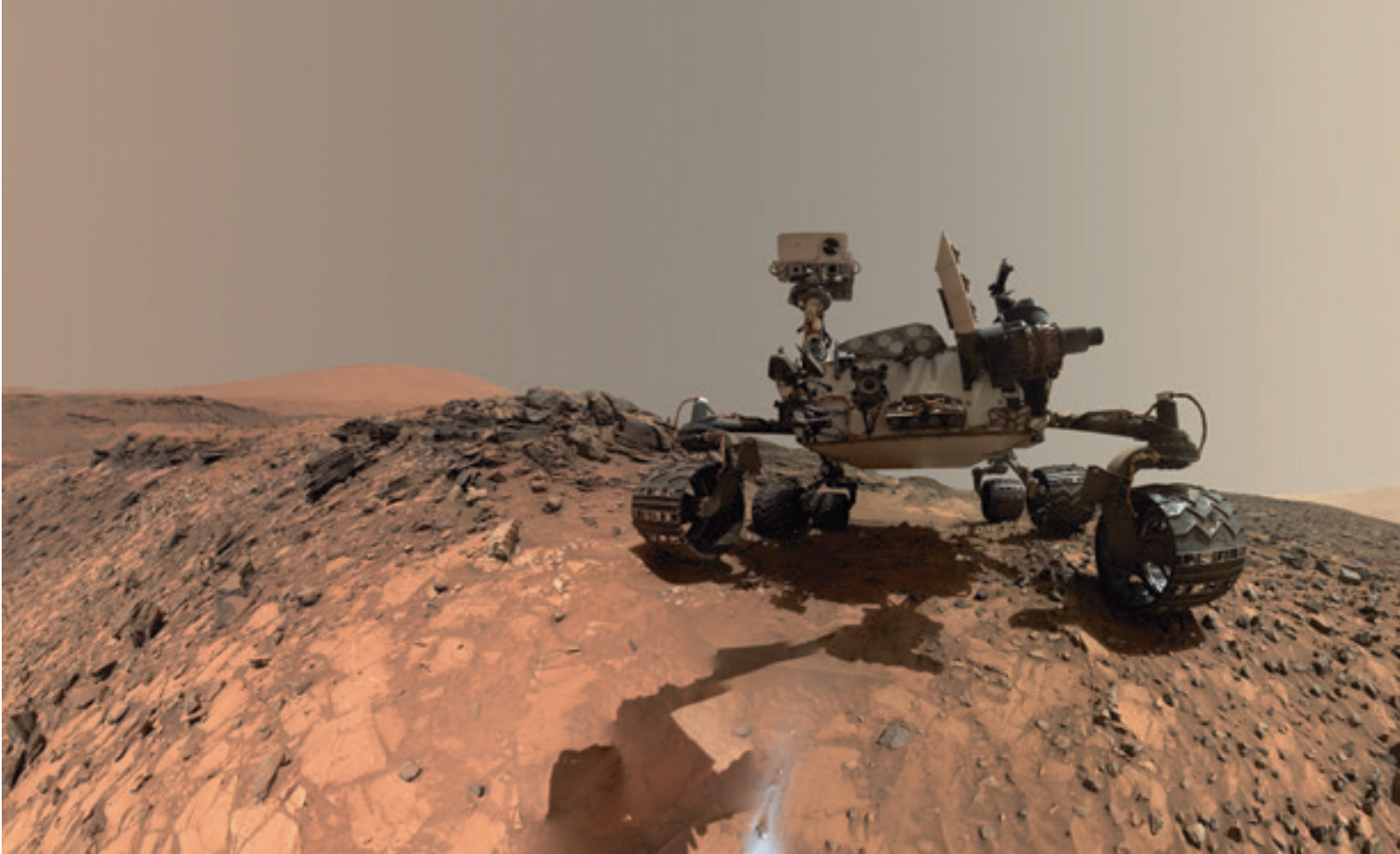
Typisk vil vi have en skelet-plan lavet af det foregående hold, som indeholder de grundlæggende elementer, der kan passes ind i denne sol med den energi og tid vi har til rådighed – f.eks. 70 minutter til at bruge instrumenterne på armen, 1 times 'science block' til observationer, som bruger instrumenter på roverens mast og derefter 40 m kørsel til et nyt område. I dette eksempel vil geo-gruppen indledningsvist give input til ingeniørerne ved JPL om, hvor og hvordan vi vil måle med arm-instrumenterne, og ikke mindst hvor den næste kørsel skal gå hen. Efterfølgende vil geo-gruppen definere hvilke observationer, der skal inkluderes i den 'science block' tid, der er til rådighed. I takt med at ingeniørerne ved JPL forfiner deres plan for arm-observationer og kørsel, vil vi typisk skulle

justere vores plan, idet der kan være mere eller mindre tid til andre observationer – alternativt kan vi argumentere for at forkorte den planlagte kørsel for at få tid til alle vores observationer.

Efter 90 minutter skal både geo- og env-grupperne aflevere en endelig plan, der kan behandles i det efterfølgende Science Operations Working Group (SOWG) møde. Dette møde ledes af en SOWG-chair der er den højest rangerende forsker for denne plan. I SOWG mødet sammensættes planerne fra geo, env og ingeniørerne ved JPL til én samlet plan, og under ledelse af SOWG-chair'en afklares eventuelle konflikter, hvis planerne samlet set bruger for meget energi eller der ikke er tid til alt. Geo-gruppen kan således risikere at miste alle planlagte observationer under SOWG mødet, men normalt afklares uoverensstemmelser inden, da

SOWG-chair'en løbende følger med i arbejdet i både geo- og env-grupperne.

Efter SOWG mødet kan der ikke tilføjes mere til dagens plan, og processen for ingeniører og forskere splittes op. Ingeniørerne fortsætter arbejdet med planen for denne sol og sikrer, at alle observationer er sikre for både instrumenter og roveren, og med at omsætte aktiviteterne til kommandoer der kan sendes op til roveren. Forskerne derimod går i gang med at lave en skelet-plan for den næste sol med opdaterede vurderinger af hvilke ressourcer de vil have til rådighed. Det er ligeledes i denne periode at vi gennemgår det nyeste data fra Mars for at afklare, om der noget i vores overordnede prioriteter for missionen der skal tilpasses. Hvis ikke der opstår problemer og forsinkelser, er jeg typisk færdig



Selfie af Curiosity roveren ved området Marias Pass. Billedet består af en mosaik af billeder taget med MAHLI kameraet på roverens arm. I baggrunden ses det 5 km høje Mt. Sharp i midten af Gale krateret. Billede: NASA/JPL-Caltech/MSSS

med min vagt og dertilhørende rapporter omkring midnat.

Operations for Perseverance roveren

Med Perseverance roveren vil der være markante forskelle mellem operations på de to rovere. I de første 90 dage vil vi arbejde på Mars-tid, forstået på den måde at vagt-terne planlægges, så vi kan planlægge én sol, mens det er nat på Mars og være klar til at sende planen til roveren inden solopgang i Jezero krateret. Da en sol på Mars er 40 minutter længere end et døgn på Jorden, betyder dette at vagterne løbende forskydes og at operations vil starte på alle tider af døgnet. Normalt samles alle på JPL til denne første tid, men grundet Corona restriktioner kan man for første

gang ikke gøre dette denne gang. På tværs af USA og Europa vil der således sidde forskere og ingeniører, som skal tilpasse deres hverdag til at køre på Marstid nogle dage og Jordtid andre dage – ikke mindst når man som jeg stadig skal køre operations for Curiosity også.

Efter de første 90 dage vil vi igen begynde at køre operations

centreret som lokal tid ved JPL, og i takt med at hele holdet løbende bliver bedre trænet vil vi begynde at forkorte den overordnede tidslinje for, hvor lang tid vi har brug for at få en plan sammensat, kontrolleret og sendt op til roveren. For Curiosity roveren kan vi nu klare det på syv timer, men på sigt er det planen at vi for Perseverance roveren skal ned på kun fem timer.

Følg med

Curiosity roveren: Der kommer næsten dagligt opdateringer fra operations på missionens hjemmeside:

<https://mars.nasa.gov/msl/mission-updates/>. Hvis du er interesseret i de fantastiske billeder fra missionen, kan jeg anbefale facebook siden:

<https://www.facebook.com/marscuriosityimages>.

Perseverance roveren: Se missionens hjemmeside: <https://mars.nasa.gov/mars2020/>.

Artemis Akkorderne: Ny vej mod fælles regler i rummet eller uretmæssig amerikansk enegang?

TEKST: HJALTE OSBORN FRANDSEN, Ph.d.-studerende og forsker i rumlov ved Københavns Universitet.

Den hastigt voksende aktivitet i rummet, drevet frem af innovative private aktører og et hævet ambitionsniveau for statslige rum programmer, har igen aktualiseret behovet for internationalt samarbejde om regler og fælles forståelse af retstilstanden i rummet. USA har med Artemis Akkorderne, som NASA præsenterede sidste år, markeret at USA ikke længere anser FNs UNCOPOUS som det rette forum til at aftale reguleringen af rummet.

Hvad er Artemis Akkorderne?

Artemis er navnet på USAs igangværende program for udforskning af Månen, med det centrale mål at få mennesker tilbage til Månen inden udgangen af 2024. I den græske mytologi var Artemis tvillingsøster til Apollo. Navnet markerer således, at Artemis programmet er i tæt familie med Apollo-missionerne, der bragte de første mennesker til Månen i 1969. Målet er denne gang at etablere en længevarende tilstedeværelse på vores måne, samt at den første kvinde skal betræde Månen. I forbindelse med Artemis programmet har det amerikanske rumagentur NASA publiceret Artemis Akkorderne, der er en slags forståelsespapir, som andre nationer opfordres til at underskrive. Artemis Akkorderne består af en række grundlæggende principper for udforskning og udnyttelse af det ydre rum. Overordnet er amerikanernes formål med aftalerne at skabe international opbakning til deres tolkning af de regler der gælder i det ydre rum, herunder især Ydre-Rum-Traktaten fra 1969.

Principperne udfoldet i akkorderne omhandler alt fra deling af forskningsdata til udvinding af ressourcer i rummet. Se tekstboks på modsat side med oversigt over principperne, frit oversat. Den fulde tekst er tilgængelig på NASAs hjemmeside.

Ikke alle vil lege med

Der er bred international enighed om, at der er brug for mere og bedre koordinering af rumaktiviteter og Artemis aftalerne skal ses på den baggrund. Generelt er Artemis Akkorderne blevet godt modtaget og anses som et positivt forsøg på at skabe mere klarhed omkring reglerne i rummet. Det betyder dog ikke, at alle lande tager imod initiativet med åbne arme. Nogle lande er kritiske overfor, at USA går enegang med principperne og indgår billaterale aftaler om noget, der angår hele menneskeheden. De vil mene, at de emner som Artemis Akkorderne omhandler, såsom retten til at udvinde ressourcer i rummet, bør aftales i de gængse internationale fora som FNs UNCOPOUS. Omvendt kan USA argumentere for at der på



Artemis logo og de otte første underskrivere af akkorderne. Billede: NASA

trods af talrige diskussioner ikke er opnået bred enighed om nogen aftaler på rumområdet i årtier, og at det derfor er nødvendigt at gå enegang.

Kan man eje rummet og/eller dets naturressourcer?

En anden kritik angår selve indholdet og den tolkning af Ydre-Rum-Traktaten, der præsenteres i akkorderne. De fleste af principperne, såsom rumudforskningens fredelige formål og at videnskabelige data bør deles, reflekterer international konsensus og er derfor ukontroversielle. Der, hvor nogen hæver øjenbrynene, er når akkorderne slår fast, at ressourceudvinding på Månen, Mars og asteroider er tilladt under Ydre-Rum-Traktaten, hvilket ikke er den gængse tolkning. Artikel 2 i

Ydre-Rum-Traktaten forbyder enhver national tilegnelse af det ydre rum, herunder eksplicit Månen og andre himmellegemer. Samme indvending imod appropriering af rummet gør kritikerne gældende mod akkordernes indførelse af "sikkerhedszoner" der skal modvirke konflikter - indforstået at man kommer i konflikt med amerikanerne, hvis man bevæger sig ind på specifikke områder på Månen eller andre steder som de eller amerikanske virksomheder har erklæret som deres "sikkerhedszoner". Det kan med rette indvendes at det lyder lidt hen af en suverænitetserklæring, hvilket er eksplicit forbudt i Ydre-Rum-Traktaten. Omvendt kan der argumenteres for at både "sikkerhedszoner" og retten til at udvinde ressourcer er nødvendige for at motivere aktører i den private rumindustri til at foretage de store investeringer, som rumforskning kræver.

Fredning i rummet

En ny og mindre kontroversiel tilføjelse til den internationale samtale om reglerne i rummet er indførelsen af beskyttelse af bevaringsværdige områder og objekter med historisk betydning i rummet. Nu må man altså ikke tage en souvenir med, når man besøger Neil Armstrongs fodspor ved Apollo 11s landingssted. På sin vis er det en milepæl for vores civilisation, at vi nu har været rumfarende så længe, at vi har historiske og bevaringsværdige steder uden for vores hjemplanet!

Hvilken betydning får det?

Det er for tidligt at sige, hvilken betydning udspillet vil have. Fra dansk side er der endnu ikke udmeldt en officiel holdning til Artemis Akkorderne. Indtil videre har kun ni nationer valgt at underskrive akkorderne, herunder hverken Rusland, Indien eller Kina. Fra EU er det kun Luxembourg, der indtil videre har valgt at støtte op om akkorderne. USA har altså ikke formået at skabe opbakning fra de store rumnationer eller fra det internationale samfund generelt, på trods af udmeldingen om, at accept af akkorderne er en forudsætning for deltagelse i det

prestigefyldte Artemis Program. Selv uden bred international opbakning kan Artemis Akkorderne vise sig at være et stærkt diplomatisk træk, der vil bidrage til at underbygge den amerikanske vision om en fremtid i rummet domineret af privat industri, der investerer med profit for øje. Det bliver spændende at følge, om Akkorderne opnår bredere opbakning og viser vejen ud af den relative stilstand, der har karakteriseret international rumlov siden de første traktater blev indgået under den kolde krig.

Principperne i Artemis Akkorderne

Principperne er kondenseret og oversat af forfatteren. Den fulde tekst kan findes på NASAs hjemmeside: <https://www.nasa.gov/artemis-accords/>

- Fredelig udforskning: Alle aktiviteter udført under Artemis-programmet skal være med fredelige formål.
- Gennemsigtighed: Underskrivere af Artemis Akkorderne vil sikre gennemsigtighed i deres aktiviteter for at forebygge forvirring og konflikter.
- Interoperabilitet: Nationer, der deltager i Artemis-programmet vil stræbe efter at understøtte kompatibilitet mellem systemer for at styrke sikkerhed og bæredygtighed.
- Assistance i nødsituationer: Underskriverne forpligter sig til at hjælpe personer i nød i rummet.
- Registrering af rumobjekter: Alle deltagere i Artemis-programmet skal have tiltrådt Registreringskonventionen eller være villig til at tilslutte sig.
- Frigivelse af videnskabelige data: Underskriverne forpligter sig til at offentliggøre videnskabelige data.
- Beskyttelse af arv: Underskriverne forpligter sig til at beskytte bevarelsesværdig arv i det ydre rum, såsom landingsområder fra missioner med historisk betydning.
- Naturressourcer i rummet: Udvinning og brug af naturressourcer i rummet er nøglen til sikker og bæredygtig udforskning af rummet. Underskrivere af Artemis Akkorderne bekræfter, at disse aktiviteter bør ske i overensstemmelse med Ydre-Rum-Traktaten.
- Undgå konflikter: Underskrivere af Artemis Akkorderne forpligter sig til undgå skadelig indblanding og følge principperne for samarbejde og hensyntagen til andres interesser som krævet under Ydre-Rum-Traktaten.
- Rumskrald: Underskriverne forpligter sig til at lægge planer for sikker håndtering af rumskrald og til at begrænse skabelsen af ny, længerevarende forurening med skadeligt rumskrald i forbindelse med drift.

Copenhagen Suborbital - Danmarks folkerumfartsprojekt

TEKST: MADS STENFATT, HD(A), faldskærmsspringer, har været medlem af Copenhagen Suborbitals siden 2011 og er ansvarlig for udviklingen af faldskærmssystemerne til rumkapsel og booster.

I Danmark har vi verdens eneste gruppe af mennesker, der på frivillig basis arbejder på at gøre nationen til den fjerde, der kan sende en person i rummet. Copenhagen Suborbitals har siden 2011 haft seks opsendelser i Østersøen, og bygger i disse dage på den første raket i den størrelsesklasse, der skal sende en person over Karman-linjen, 100 km oppe, som er definitionen på hvor rummet begynder.

10-9-8-7...

Seks gange siden 2011 har Copenhagen Suborbitals (CS) foretaget en opsendelse i Østersøen, 30 km øst for Bornholm. Målet er, at vi en dag vil sende én af os ud i rummet på en suborbital tur. Når vi en dag lykkes, vil det gøre Danmark til den blot fjerde nation, der kan prale af at have sendt en person på en sådan rejse. Bevares – Indien arbejder også på bemandet rumfart, så vi er i princippet i et kapløb med et statsligt agentur om 4. pladsen. Skulle vi blot blive nummer fem, vil vi dog stadig være meget stolte.



HEAT 2X i brand på teststanden. Foto: CS

Hvem er Copenhagen Suborbitals?

Copenhagen Suborbitals er en forening af omkring 50 frivillige,

der i vores fritid arbejder frivilligt på projektet. Uddannelsesmæssigt spænder vi bredt, og har bla. PhD, pædagog og ingeniører blandt vores titler i den virkelige verden, men det grundlæggende fællesskab er en brændende passion for at lykkes med at gøre det næsten umulige muligt. Javist er det mange årtier siden, at mennesket første gang rejste ud i rummet på den måde vi ønsker at gentage, men der er en grund til at det i skrivende stund kun er tre nationer der er lykkedes med dette foretagende: Det er hamrende svært. Vi er økonomisk støttet af en



Opsendelseholdet på havnen i Nexø efter den succesfulde opsendelse og landing af testraketen Nexø II. Foto: CS



Spica raketten (til højre) med rumkapslen i toppen.

Grafik: Stanley Creative

rumkapslen skal lande adskilt fra selve raketten under sit eget faldskærmssystem.

Vejen til Spica og stjernerne går gennem Nexø

Efter at have designet Spica blev planen lagt for hvordan vi skulle opbygge de kompetencer der skulle til, for at vi kunne bygge og flyve sådan en raket på en sikker måde.

Det blev besluttet at vi skulle designe to mindre raketter for opnå de kompetencer der skulle til.

Den mindre raketklasse blev døbt Nexø, som en hæder til den dejlige havneby på Bornholm, hvorfra vi foretager vores opsendelser.

Nexø-klassen består af mindre væskebaserede raketter på "kun" 6-7 meters højde.

Vi designede først den simpleste raket vi kunne, Nexø I, som vil kunne foretage en basal flyvning.

Nexø I var i princippet en vandraket på steroider, idet BPM-5 motoren var trykfødet, men uden at vi kunne regulere

Nexø I fungerede principielt som en vandraket, ligesom denne fra et arrangement på SDU i Odense. Foto: CS



forening på cirka 600 mennesker fordelt over hele Jorden, som hver måned donerer hvad der i en grov servietberegning svarer til 10% af NASA's kaffebudget. Omkring halvdelen af dette går til leje af vores værksted. Så med ekstremt små midler må vi med kreativitet og opfindsomhed løse de problemer som de voksne i branchen kan købe sig ud af.

Der bliver ikke meget plads i rumkapslen. Foto: CS



Havari skabte ny begyndelse

I 2014 oplevede vi desværre at HEAT 2X, en LOX/alkohol-baseret raket, under en statisk test brændte på teststanden, og derfor ikke var i stand til at flyve den planlagte mission. Det gav os mulighed for at viske tavlen ren og lave en langsigtet teknisk plan for hvordan vi i sidste ende ville sende en person ud i rummet, og hvad vi skulle lære for at komme dertil.

Spica

En intens designperiode i anden halvdel af 2014 konkluderede, at for at lykkes med at sende en person ud i rummet skulle vi bygge en raket på 3,5 ton, cirka 14 meter høj og med en diameter på 1 meter. Den skulle drives af en væskemotor baseret på flydende ilt og alkohol, som skulle kunne trykke med 100kN. Motoren blev designet til at være dynamisk trykdrevet, således at vi ved at justere trykket i tankene kunne styre motorens trykkraft. I rumkapslen skal astronauten sidde i et semi-oprejst sæde i en cannonball stilling, og



Den udvidede Nexø II raket klar til opsendelse. Foto: CS

trykket efter at raketten havde forladt rampen. Så ligesom med vandraketter, hvor man pumper luft ind, som trykker vandet ud igen, havde vi pumpet brændstoftankene op med helium, hvilket så trykkede brændstoffet ned i motoren. Men da der under flyvningen ikke blev tilført nyt helium, ville



Brændstoftankene til Spica I tager form. Foto: CS

trykket falde i takt med at tankene blev tømt, hvilket betød at motorens trykkraft faldt over tid. Det var helt bevidst i arbejdet på at opbygge kompetencerne og sværhedsgraden skridt for skridt.

Nexø I fløj til himmels i sommeren 2016, og beviste dermed, at vi var i stand til at bygge en væskebaseret raket og opsende den fra Østersøen,



BPM-100 raketmotoren sluger 50 liter væske per sekund. Sådan ser det ud når man sender det opad. Foto: CS



Nexø II under sin faldskærm. Foto: CS

hvilket er en større logistisk udfordring end mange forestiller sig. Næste skridt blev så at bygge en raket, hvor vi ligesom med Spica, skulle kunne fastholde og styre motorens ydeevne under flyvningen – eller billedlig talt, hvis det var en vandraket, så skulle vi have en cykelpumpe med ombord på raketten.



Rumkapslens hovedfaldskærme testes. Foto: Henrik Jordahn

Cykelpumpen blev en højtrykstank som vi fyldte med helium, og takket være et modulært design af Nexø-klassen, kunne vi bare sætte dette modul i toppen af raketten, lige under faldskærms-sektionen.

4. august 2018 lykkedes det os så at sende Nexø II til himmels, for nogle minutter senere at lande langsomt igen, under sin faldskærm.

Hvor er vi nu?

Baseret på de erfaringer vi har gjort os med Nexø-raketterne, bygger vi i disse dage på Spica, og det er et vidunderligt syn at se den seks år gamle plan tage fysisk form i værkstedet.

Vi er ligeledes ved at teste komponenter til den store BPM-100 motor. Vi har eksempelvis fået syn for hvordan brændstofforbruget tager sig ud, når 50 liter væske sendes afsted i sekundet.

Et ikke helt trivielt element i udviklingen af et bemannet rumfartsprojekt er at bringe rumkapslen til en langsom og sikker landing, hvilket er området jeg arbejder med.

Grundet en modstridig lovgivning på området omkring at smide ting ud af fly over Danmark, har vi været nødsaget til at alliere os med en faldskærmsklub, hvorfra vi så forlader et fly med de faldskærme vi skal teste.

Da jeg selv er faldskærms-springer, giver det mig til gengæld muligheden for at følge med på turen ned, og observere faldskærmenes dynamik på nærmeste hånd. Alle disse udviklingspunkter vil snart nå deres foreløbige

kulmination med den snarlige opsendelse af Spica I. En opsendelse der ligesom alle vores tidligere vil kunne følges direkte via vores hjemmeside.

Hvorfor?

Vi bliver tit spurgt hvorfor vi gør dette – hvorfor bruger vi så stor en del af vores liv på en mission, der i sidste ende vil være mindre end tyve minutter fra der bliver trykket på knappen, til astronauten er landet igen i Østersøen. Nogle vil sige ”Spørg ikke hvorfor. Spørg hvorfor ikke”. Andre har formuleret en mere præcis hilsen til os.

Andreas Mogensen sendte en hilsen til os i 2015 fra ISS: ” Held og lykke til Copenhagen Suborbitals i deres forsøg på at nå rummet! Personlig erfaring siger det er det hårde arbejde værd!”. Vi tror på at Andreas har ret, og indtil da vil vi bare nyde rejsen dertil.



Andreas Mogensen sender hilsen til Copenhagen Suborbitals fra ISS. Foto: Kjell Lindgren

Augmented Gravity Training

Robotteknologi til livsvigtig træning med kunstig tyngdekraft.

TEKST: Anders Stengaard Sørensen, civilingeniør og Ph.D. i datateknologi og forsker i eksperimentel robotstyring og velfærdsteknologi.

Til dagligt er Anders leder af SDU's (Syddansk Universitet) tværfaglige forskning i trænings- og bevægelsesteknologi: Trinity, og underviser civilingeniørstuderende i computerstyring, regulering og signalbehandling på Elektro- Robot- og Sundhedsteknologi uddannelserne.

På SDU har forskere taget kampen op mod tyngdekraften og brugt robotteknologi til at skabe en illusion om "ændret tyngdekraft", der kan bruges til træning af astronauter, såvel som til genoptræning af patienter på Jorden.

Use it or loose it!

Talemåden passer på mange vigtige ting i livet, fra venskaber til bus-ruter, men ingen steder kommer talemåden så tæt ind på os, som når det gælder kroppen og dens evner. Under Covid nedlukningen har mange af os set konditallet falde og livvidden stige – kroppen "forfalder" hvis vi bruger den for lidt!

Astronauter i rumstationen eller på rumrejse bevæger sig måske mere end en gennemsnitlig kontorfunktionær, men får næsten ingen belastning, fordi de ikke får modstand fra tyngdekraften. Hvis de ikke får hjælp til at belaste kroppen på anden vis vil den forfalde, uanset hvor meget de bevæger sig rundt deroppe.

Nede på Jorden har millioner af mennesker hvert år et lignende problem. Sygdom eller ulykke har givet dem en lammelse, der gør dem for svage til at rejse sig, eller løfte armen. Hvor gerne de end vil bevæge sig, holder tyngdekraften dem fast. Hvis de ikke hurtigt overvinder lammelsen, vil kroppen forfalde til et niveau, hvor den aldrig

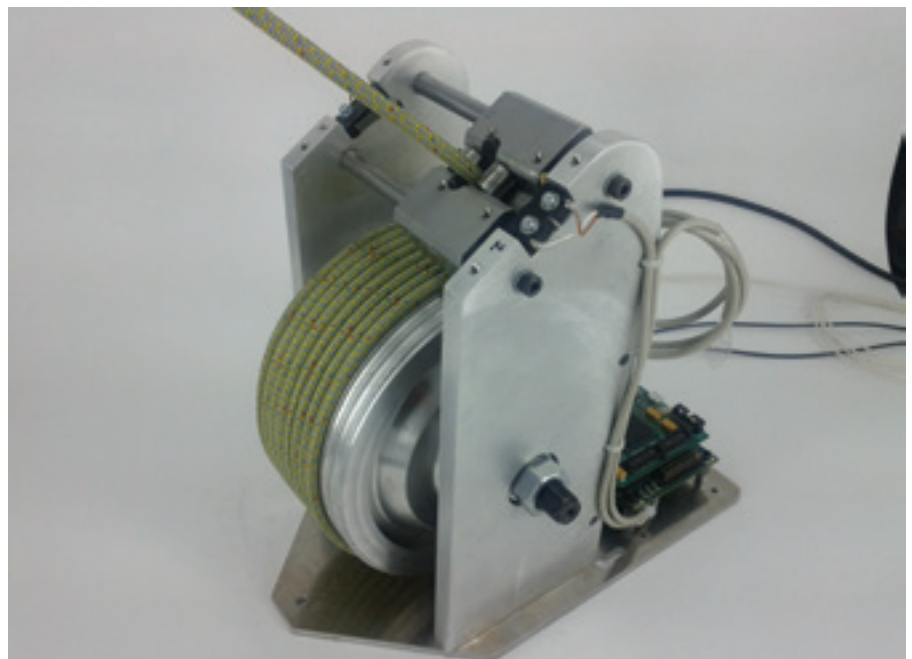
kommer til at overvinde Jordens tyngdekraft igen. Et liv i kørestol.

Forfaldet sker med voldsom fart. En muskel taber ca. 1% af sin styrke dagligt, hvis den slet ikke bruges. Et raskt ungt menneske kan tåle at miste ca 70% af styrken, før benene ikke længere kan bære, og hvis man mister meget mere, kan man heller ikke løfte armene. Hvis du holder op med at bruge kroppen, varer det altså typisk under et halvt år, før du ikke længere kan rejse dig op og gå omkring. Hvis du kommer dertil, er du i alvorlig knibe, fordi du ikke

længere ved egen hjælp kan bevæge dig nok til at bremse forfaldet. Når musklerne ikke belastes, forbrænder de næsten ingen energi, så hjertet og resten af kroppens kredsløb belastes heller ikke, og forfalder i takt med musklerne. Det samme gælder knoglerne, der kun "vedligeholdes" med kalk, når de belastes, og nerveforbindelser der svækkes, hvis de ikke bruges.

For astronauter er det altså livsvigtigt at træne med alternativer til tyngdekraften. Specielle rum-træningsmaskiner

Tidlig forsøgsopstilling. Gennem avanceret computerstyring kan et simpelt line-træk skabe en illusion af ændret tyngdekraft. Billede: SDU



er en vigtig del af astronauters hverdag. Til de lange missioner på rumstationer har man udviklet kondicykler, løbebånd, styrke- og romaskiner, der ved hjælp af mekaniske belastninger med friktion, svinghjul og fjedre efterligner belastningerne på Jorden, så astronauternes kroppe oplever det træk, modstand, stød og slag, der er nødvendige for at holde muskler, kondi, knogler, led og nerver ved lige gennem 2-3 timers daglig træning. Hvis træningsudstyret svigter, så astronauterne ikke kan få deres trænings-dosis, bliver missionen aflyst, nøjagtigt som hvis vand- eller iltforsyningen rammes af fejl.

Når en jordbo rammes af fx en hjerneblødning, der lammer den ene side af kroppen, er det ligeså vigtigt med hurtig og effektiv behandling og genoptræning. Hvis man kan overvinde tyngdekraften igen indenfor ca. seks måneder, har man vundet kapløbet med forfaldet, og har gode chancer for at genvinde sin førlighed. Hvis det ikke lykkes indenfor ca. to år, anses det som håbløst, lammelsen kategoriseres som kronisk og sundhedsvæsenet skifter fokus fra genoptræning til assistance, pleje og omsorg.

Tyngdekraften er den største trussel

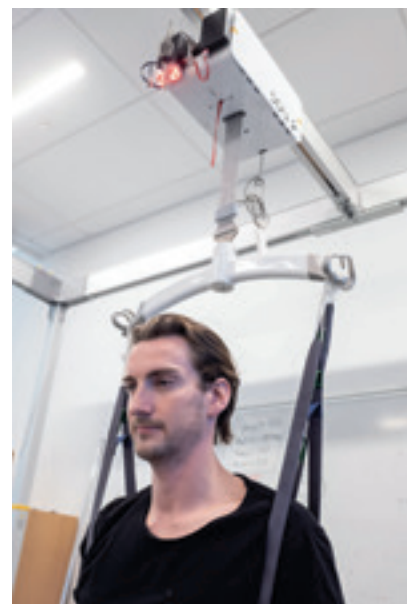
Bortset fra selve skaden på kroppen, er tyngdekraften den største trussel imod patienternes helbredelse, fordi den forhindrer patienterne i at træne selvstændigt, før de har genvundet 30-50% af deres normale styrke. Fysio- og

ergoterapeuter bruger håndkraft til at støtte patienter i træningsbevægelser, men sundhedsvæsenet har langt fra kapacitet nok til at give samme dosis som anses for minimum for astronauter. Tyngdekraften modvirkes endnu bedre ved at træne patienter under vand – nøjagtigt som astronauter gør for at lære at være vægtløse. Men besværet og risikoen for ulykker gør vandtræning for lammede ekstremt dyrt og eksotisk. Når det engang bliver almindeligt med rumturisme på Månen, vil et genoptræningscenter med Månens 20% af normal tyngdekraft mangedoble chancen for helbredelse, og blive et stort hit – for dem der har råd!

På Syddansk Universitet (SDU) har forskere imidlertid taget kampen op med tyngdekraften, ved at undersøge hvad der skal til for at "snyde" kroppen til at agere som om tyngdekraften er ændret. Ved at kombinere vores ekspertise i robotteknologi, idræt og social kropslig interaktion, har vi skabt en illusion om forandret tyngdekraft: "*Augmented Gravity*". Illusionen er relevant for astronauter, fordi teknologien bag den kan gøres kompakt, let og driftssikker. Den er også relevant for patienter, fordi den kan gøres billig og brugervenlig, og dermed kan blive mere tilgængelig end vandtræning og rumturisme.

Den "hellige gral"

Den "hellige gral" indenfor området er naturligvis exoskeletter – en slags robot man tager på eller spændes



En kommerciel lift ombygget til forsøgsopstilling, her vist med Claes C. Jakobsen (SDU - Mærsk Institutet). Gennem seletøjet kan fornemmelsen af tyngdekraft reduceres trinløst til en brøkdel af Jordens, fx som på Månen, eller Mars. Billede: SDU

fast i – som giver hver enkelt muskel i kroppen modstand eller hjælp i bevægelsen, afhængigt af om man er på rumrejse eller i genoptræning. Der findes allerede hundredevis af forskningsforsøg og nogle enkelte kommercielle exoskeletter på markedet. Exoskeletter er formidable til at gøre brugeren stærkere eller svagere afhængigt af behov, men er indtil videre også dyre, komplicerede, servicekrævende og enten skrøbelige eller tunge – egenskaber der hverken er ønskede i rumfart eller sundhedsvæsen.

SDU's fokus på velfærdsteknologi og bæredygtighed fik os derfor til at prioritere pris og tilgængelighed højere end teknologisk "perfektion", og efter flere forsøg med dyre specialmekanismer og

industrirobotter, er det lykkedes at udvikle en særdeles effektiv teknologi baseret på simpelt snoretræk.

Vores "RoboTrainer" teknologi består udadtil blot af en eller flere computerstyrede motorer der via en line trækker i brugeren. Gennem tværfagligt samarbejde mellem ingeniør-, sundhedsfaglige- og humanistiske forskere, styres motoren af algoritmer, der interagerer med brugerens kropsforståelse, så man glemmer alt om linen, og blot oplever at interagere med "tyngdekraften" som om man var på Jorden, eller som om man havde normal styrke.

Forsøg og samarbejder

Forskere og studerende fra Idræt, Biomekanik, Sprog & kommunikation, Velfærdsteknologi og Sundhedsteknologi har

gennemført en lang række forsøg, der viser metodens brugbarhed til træning i rummet, såvel som genoptræning på Jorden, og SDU har indgået samarbejde med Danish Aerospace Company, der udvikler og leverer træningsudstyr til både ESA og NASA. Parallelt, er det lykkedes at genoptræne en kørestolsbruger, der var opgivet af sundhedsvæsenet efter to års konventionel genoptræning. Helt enkelt ved at træne tre gange en time om ugen, med en simuleret tyngdekraft på ned til 0% og så langsomt skrue "tyngdekraften" op over 18 uger.

Evnen til at pille ved vores opfattelse af tyngdekraften under træning har altså vist sig at være super relevant for både astronauter og genoptræningspatienter, der ellers ikke har så

meget til fælles. Det samme gælder samarbejdet mellem ingeniører, humanister og trænings-eksperter, der har gjort udviklingen af "augmented gravity" mulig. Den rejse vores team har været på, viser at det ekstreme "use it or loose it" vilkår for mennesker i rummet, matcher samme ekstreme vilkår for millioner af lammede mennesker på Jorden, og at udvikling der gavner astronauter, samtidig gavner jordboerne, og at ekstreme udfordringer stimulerer nye samarbejder og kreative løsninger.

Til astronauttræning simuleres vægtløshed i bassin, og "kunstig tyngdekraft" tilføres gennem to liner der trækker nedad gennem taljen. På billedet ses Jakob L. Nielsen (SDU - Institut for Idræt og Biomekanik). Billede: SDU. Se hele videoen "SDU udvikler træningsredskaber til astronauter" på SDUs YouTube kanal: <https://youtu.be/qc1QWRm8wnl>



Materiale prøver fra rummet

TEKST: FINN WILLADSEN, næstformand for Dansk Selskab for Rumfartsforskning.

De allerældste redskaber af jern blev fremstillet af jernmeteoritter. Senere har interessen for meteoritter været præget af brugen af materialet til udforskning af verdensrummet. Men fra 1969 er man begyndt selv at hente materiale fra rummet.

Meteornedfald

De første prøver af materiale fra rummet kom ned i form af meteorer. Der var en gang, hvor man fejrede kobberbryllup (12½ år), sølvbryllup (25 år), guldbryllup (50 år) og jernbryllup (70 år). Det er aldrig lykkedes for mig at finde dokumentation for, at de traditioner er gamle; men rækkefølgen kobber, sølv, guld og jern svarer til rækkefølgen for hvor værdifulde metaller var i årtusinderne op til bronzealderen.

Fra middelhavsområdet har man fra bronzealderen fundet sværd af bronze dækket med et lag jern fra meteorer. Før jernalderen var jern et meget kostbart metal - mere kostbart end guld. Det er spændende for arkæologer; men for planetforskere i mere moderne tid er det rigtig surt. I dag vil man gerne finde meteorsten, fordi de kan fortælle om Solsystemets dannelse. Men alle områder, der har været beboet siden oldtiden er blevet ribbet for meteorsten, fordi (jern)meteorerne var mere værdifulde end guld. Der er dog trods alt fundet meteorer i mere moderne tid. Nu er man dog mere interesseret i de oplysninger, som de kan give. Den 18. maj 1864 faldt der en meteor i Frankrig. Den blev gemt og

senere undersøgt blandt andet i 1961. Her fandt man spor efter liv. Det medførte en voldsom diskussion indtil det stod klart, at der var tale om pollen, der havde forurenset meteoren efter dens ankomst til Jorden.

Historien gentog sig med variation i august 1996. Her var der tale om en meteor ALH84001, der var fundet ved Allan Hills på Antarktis i 1984. Den stammer fra Mars, så langt er alle enige; men der opstod en længere diskussion om, hvorvidt nogle strukturer i meteoren stammede fra såkaldte nano-bakterier. Den mest udbredte opfattelse blandt

Billedet viser den berømte Meteorit ALH84001. Den vejer omkring 1,9 kg og blev fundet i 1984 på Antarktis. I 1993 blev det godtgjort, at det var et stykke af Mars og i 1996 vakte den sensation, da nogen mente, at den indeholdt spor efter nano-bakterier. Eksistensen af nano-bakterier er dog senere blevet afvist af de fleste fagfolk på området.
Kilde: NASA

forskere i dag er, at sådanne nano-bakterier ikke eksisterer - heller ikke på Mars.

Meteorer leverer megen viden om Solsystemet; men for geologer er stedet og omstændighederne omkring en geologi-prøves fund yderst vigtig information. Den kan man kun få ved at hente prøver selv. Det vil sige at rejse ud til andre kloder, kometer og asteroider for at hente prøverne.

Månekapløbet

De første prøver af materiale, som blev aktivt hentet ned fra rummet stammer fra månekapløbet i 1960-erne og



1970-erne. Fra 1969 til 1972 hentede de bemandede månemissioner Apollo 11, 12, 14, 15, 16 og 17 omkring 385 kg prøver af Månens overflade tilbage til Jorden. Fra 1970 til 1976 hentede de sovjetiske Luna-rumsonder Luna 16, 20 og 24 ialt cirka 300 gram prøver af Månens overflade. For det geologiske studium af Månen var det ønske-situationen at have en geolog på Månen. Det skete med Apollo 17, hvor astronauten og geologen Harrison Schmitt havde tre dage på overfladen af Månen. Her var han i online kontakt med geologer på Jorden. Det var set fra et geologisk synspunkt kulminationen på Apollo-programmet. Apollo-programmet blev hovedkilden til vores viden om Månen det næste halve århundrede. Men efterfølgende månesonder har dog vist, at Apollo-missionerne og Luna-missionerne må have misset

vigtige detaljer. Ny udforskning af Månen er derfor langsomt kommet i gang siden hen og har afsløret forekomster af vandis på Månen.

Prøver af solvinden

Den 7. februar 1999 opsendte USA rumsonden Stardust med en Delta-II-raket fra Cape Canaveral. Rumsonden passerede Jorden igen den 15. januar 2001. Den 2. november 2002 passerede rumsonden asteroiden 5535 Annefrank. Den 2. januar 2004 passerede rumsonden kometen Wild 2, hvor rumsonden opsamlede støvprøver, der stammede fra solvinden og kometen. Prøven landede på Jorden den 15. januar 2006 og rumsonden passerede Jorden igen den 14. januar 2009. Den fortsatte og passerede kometen Tempel 1 den 15. februar 2011. Den 3. juli 2002 blev rumsonden Contour opsendt fra Cape Canaveral. Formålet var opsamling af prøver i lighed

med Stardust. Den skulle flyve forbi to kometer. Den 15. august 2002 skete der en fejl så rumsonden blev splittet i flere dele.

Prøver af asteroider

Den 9. maj 2003 opsendte det japanske rumagentur JAXA rumsonden Hayabusa (I) fra Uchinoura Space Center. Den 19. maj lavede den en gravity assist manøvre ved Jorden og den 12. september 2005 havde den kontakt med asteroiden 25143 Itokawa, hvor den landede den 25. november 2005. Den opsamlede prøver af asteroiden og prøverne landede i Australien den 13. juni 2010. Prøven var de første prøver af en asteroide. Vægten af prøven var dog mindre end et gram. Rumsonden startede som MUSES C inden den fik navnet Hayabusa. Den 3. december 2014 opsendte JAXA rumsonden Hayabusa2, der ankom til asteroiden 162173 Ryugu den 27. juni 2018 efter en passage af Jorden den 3. december 2015. Rumsonden landede to "rovere". Minerva-II den 21. september 2018 og dernæst en lander kaldet MASCOT den 3. oktober 2018. I starten af 2019 lavede rumsonden manøvre til at opsamle prøver af asteroiden. Derefter yderligere to Minerva-II-rovere i juli 2019. Egentlig er det forkert at tale om rovere, fordi de ikke vil køre rundt på overfladen. I stedet vil de hoppe rundt på overfladen - noget der kan fungere ved den lave tyngdekraft på asteroiden. I november 2019 forlod rumsonden asteroiden for at lande de opsamlede prøver



Billedet viser geologen Harrison Schmitt på Månen, mens han indsamler geologiske prøver af Månen under Apollo den 17. december 1972. Apollo-missionerne var en foreløbig kulmination af indsamling af prøver fra rummet. Kilde: NASA

den 6. december 2020.

Rumsonden fortsatte derefter til asteroiden 98943 2001 CC21, der skal passeres i juli 2026 og videre til 1998KY26, som vil blive passeret i 2031.

Der er også en NASA-mission på vej til en asteroide - 101955 Bennu. Rumsonden hedder OSIRIS-REx en forkortelse, der bekvemt nok svarer til navnet på den oldægyptiske dødsgud Osiris. OSIRIS-REx blev opsendt den 8. september 2016 fra Cape Canaveral med en Atlas V411 raket. Den hentede prøver af asteroiden i december 2018 og er nu på vej tilbage til Jorden, hvor prøverne forventes at lande den 24. september 2023. Prøven vil være på cirka 60 gram, hvilket er væsentlig mere end prøverne fra Hayabusa.

Nye prøver af Månen

Den 1. december 2020 opsendte Kina rumsonden Chang'e 5 med en Long March 5 raket. Den landede på Månens overflade den 5. december 2020. Den 17. december 2020 bragte Chang'e 5 en prøve på cirka 3 kg tilbage fra Månen. Det var første gang siden august 1976, hvor den sovjetiske rumsonde Luna 24 bragte omkring 100 gram tilbage til Jorden. Chang'e 5 er opkaldt efter en kinesisk månegudinde og er den seneste af en serie yderst vellykkede kinesiske månemissioner. Chang'e 5 var derudover en væsentlig mere kompliceret mission end Luna 24, idet den omfattede en automatisk sammenkobling af rumsonder i bane om Månen.



De første til at hente prøver af en asteroide var det japanske rumfartsagentur JAXA, der med missionen Hayabusa 1 hentede prøver af en asteroide - 162173 Ryugu. Hayabusa1 er blevet efterfulgt af Hayabusa 2. Foto: JAXA

Prøver af overfladen på Mars

Marsroveren Perseverance blev opsendt den 30. juli 2020 med landede på Mars den 18. februar 2021. Den ligner Marsroveren Curiosity, men har nogle ekstra faciliteter. En af dem er en lille Marshelikopter, der vil blive den første flyvemaskine, der flyver på Mars. En anden nyskabelse er indsamling af prøver, der efterlades på overfladen af Mars. Ideen er så, at en senere mission skal opsamle prøverne og sende dem tilbage til Jorden. Det vil så blive de første prøver af Mars, som er aktivt hentet på Mars og det vil blive et midlertidigt klimaks i en efterhånden omfattende udforskning af Mars.

Minedrift i rummet

Der er planer om i fremtiden at hente råstoffer fra rummet. Det råstof, der har fået mest opmærksomhed, er uden tvivl Helium-3. Her på Jordens overflade er forekomsten af Helium-3 til at overse. Det er et af de allermest sjældne grundstoffer; men der findes større - ikke store - forekomster på Månen. Helium-3 kunne være interessant som brændstof i en fremtidig termonuklear

fusionsreaktor. Reaktionen mellem Helium-3 og deuterium (tung brint) er den af interessante reaktioner, der giver det største energiudbytte. Men det vigtigste er nok, at både brændsel og slutproduktet vil være ikke-radioaktivt. Alternativet til Helium-3 er Tritium (supertung brint), der er (svagt) radioaktivt med en halveringstid på 12 år. Et andet råstof, som det måske kunne være interessant at hente fra rummet er Iridium. Iridium er et metal, der nærmest må betegnes som en slags superplatin - både hvad angår sjældenhed og korrosionsbestandighed. I asteroidebæltet er forekomsten større - ikke stor. Iridium kunne være interessant for eksempel til elektroder til elektrolyse. Og så er Iridium blot et af sjældne platin-metaller, der kunne få mange nye anvendelser, hvis man kunne fremskaffe dem i tilstrækkelige mængder. Indtil videre består planerne om minedrift i rummet mest af science fiction agtige planer, der sandsynligvis vil blive ændret flere gange inden de realiseres. Til gengæld er der udsigt til et årti med nye spændende muligheder med hensyn til hente prøver ude fra rummet.

Forskelligt

DanSTAR var med i EuRoc

(European Rocketry Challenge)

DTU studerende fra DanSTAR (Danish Student Association for Rocketry) har bygget den første europæiske bi-liquid raket! Den 24. oktober i 2020 kulminerede flere års hårdt arbejde, da denne første danske studenterbyggede raket, Dragonfly, launchede fra portugisisk jord og nåede 2.2 km op. Det var en dramatisk dag, og det første launchforsøg endte med en fejl på elektronikken, til stor ærgrelse og skuffelse for alle – men det blev hurtigt efterfulgt af jubel og krammere hele vejen rundt, da andet forsøg lykkedes ca. 1½ time senere. DanSTAR har planer om at slå verdensrekorden i højde opnået for bi-liquid studenterraketter i 2021.

Læs mere om DanSTAR på www.danstar.dk

Læs mere om EuRoc på www.euroc.pt

Tekst: Amalie Pernille Rasmussen, DanSTAR

DanSTAR melder klar til launch - Dragonfly er godkendt af dommerne.

Billede: DanSTAR/Amalie Pernille Rasmussen

Raketen Dragonfly fit-testes på affyringsrampen

Billede: DanSTAR/Amalie Pernille Rasmussen



Steffan og Thomas gør Dragonfly klar til launch
Billede: DanSTAR/Amalie Pernille Rasmussen

Vild med rummet

DTU Space har lanceret Vild med Rummet, som er en gratis webbaseret platform rettet mod grundskolens 7.-9. klasser, gymnasier, ungdomsudannelser og ruminteresserede danskere. Her er læringsspil, videoer, quizzes, opgaver, grafikker og masser af informative tekster og fakta om rumfart og udforskning af universet og Jorden fra rummet. Vild med Rummet er udviklet af DTU Space med støtte fra Novo Nordisk Fonden.



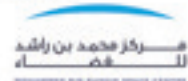
IAC i Dubai i 2021

IAC (International Astronautical Congress) finder i år sted i Dubai fra den 25.-29. oktober. Temaet er "Inspire, Innovate & Discover. For the Benefit of Humankind".

ORGANIZED BY:



HOSTED BY:



72nd INTERNATIONAL
ASTRONAUTICAL CONGRESS

25-29 October 2021 | Dubai

Inspire, Innovate & Discover
for the Benefit of Humankind

IAC2021.ORG





Billedet her blev vist på forsiden af Nature den 20. januar 2021 i forbindelse med en artikel om ASIM projektet skrevet af forskere på DTU Space. ASIM (Atmosphere-Space Interactions Monitor) er installeret på ESA Columbus modul på den internationale rumstation, ISS. Kort beskrivelse af artiklen i Nature:

Blå lyn skyder fra toppen af tordenskyer op i stratosfæren, hvor de kan nå helt op til 50 km højde. De varer mindre end et sekund. Det er uklart, hvordan de skabes i de øverste lag af skyerne.

Rumstationen giver optimale forhold til uhindret at måle toppen af skyerne. Tordenvejret var tæt på øen Nauru i Stillehavet. ASIM observerede fem blå glimt i skytoppen, hvor det ene udløste et blåt lyn.

"Observation of the onset of a blue jet into the stratosphere". Billede: Nature/DTU Space, Mount Visual/Daniel Schmelling



#blivastronaut

