

# Dansk Rumfart



Nr. 81  
2024

**In Flight Call med Andreas fra ISS**

**ultra:space eksperimenterne**

**De internationale eksperimenter**

**Virtual Reality til motion i rummet**

**Wearable til rummet og ekstreme miljøer**

**3D-print i metal af reservedele på ISS**

**Dansk IoT-teknologi testes i rummet**

**Cirkadisk lys i rummet**





*Andreas svævende i Columbus modulet. Columbus modulet er et europæisk laboriemodul der blev koblet til den internationale rumstation i 2008. Modulet har en diameter på 4,5 m og er ca. 7 meter langt.*

*Billede: 29. august 2023, ESA/NASA iss069e084701*



# Dansk Selskab for Rumfartsforskning

Redaktionelt  
Udgiver: Dansk Selskab for  
Rumfartsforskning  
Dansk Rumfart nr. 81, 2024  
ISSN 0905-2410

Redaktionen:  
Lykke Pedersen (ansvarshavende  
redaktør)  
Finn Willadsen

Kontakt redaktionen  
info@rumfart.dk

Tryk: Jannerup  
Oplag: 6000  
Layout: Cristina Benescu

Forsidebillede:  
Andreas Mogensen prøver sin  
rumdragt  
Foto: ESA/NASA

Bagsidebillede:  
Andreas Mogensen med kamera i  
Cupola-modulet  
Foto: ESA/NASA

## 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.

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.

Indmeldelse foretages via menupunktet "Bliv medlem" på selskabets hjemmeside [www.rumfart.dk](http://www.rumfart.dk).

## Årskontingenter:

Ordinært medlem: 300 kr

Studerende: 175 kr

Firmaer kan også blive medlem af selskabet.

Dansk Rumfart nr. 81 er et særnummer og laves som en del af projektet Rumrejsen, der er et landsdækkende formidlings- og samarbejdsprojekt tilknyttet Andreas Mogensens rummission, Huginn missionen. Tak til alle fonde, der har støttet projektet.





In Flight Call med  
Andreas på  
Experimentarium - **S.06**



Skoleelever sender  
forsøg til Andreas  
Mogensen - **S.11**



Sprællonaut-  
eksperimentet  
**S.12**



Virtual Reality til  
motion i rummet  
**S.14**



Demonstration af  
Wearable til rummet og  
ekstreme miljøer - **S.20**



3D-print i metal af  
reservedele på ISS  
**S.24**



Teknologi bliver vægtløs  
sammen med Andreas  
Mogensen - **S.30**



Cirkadisk lys i rummet  
**S.34**



Kortlægning af rum  
relaterede uddannelser  
og virksomheder - **S.40**



Billeder af Jorden  
taget under Huginn  
missionen - **S.46**



Ekspedition 69-70 og de  
internationale  
eksperimenter på ISS  
**S.52**



Forskelligt  
**S.58**



# Kære læser!

Det er en glæde at præsentere Dansk Rumfart nr. 81, hvor der som i nr. 80 er fokus på den danske astronaut Andreas Mogensens mission, Huginn missionen. Tak til alle, der har bidraget med indhold til bladet.

Tak også til dig, Andreas, for din fine indsats på ISS.

Det er blevet til mange IFC (InFlightCall) arrangementer for Andreas i løbet af Huginn missionen og et af dem fandt sted på Experimentarium den 4. december 2023, hvor børn fra Danmark, Sverige, Norge og Finland fik mulighed for at stille Andreas spørgsmål, der var udvalgt fra "Ring til rummet" kampagnen. Du kan

læse hvad børnene spurgte om, og hvad Andreas svarede i den første artikel. Derpå følger et par vinder eksperimenter fra ultra:space konkurrencen, hvor børn har fundet på ideer til micro:bit forsøg i rummet. Fem danske eksperimenter bliver beskrevet i dette nummer lige fra brug af Virtual Reality til motion i rummet og brug af wearables til opsamling af medicinske data; teknologidemonstration af 3D metal print i rummet; dansk IoT teknologi og brug af cirkadisk lys ombord på ISS. Der er også en artikel om de internationale eksperimenter i ekspedition 69 og 70. I løbet af Rumrejsen projektet er der lavet en kortlægning af

rumrelaterede uddannelser og virksomheder, og du kan læse en introduktion til resultatet her i bladet. Og endelig er der billeder af forskellige steder på Jorden taget under Huginn missionen.

God fornøjelse med læsningen!



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



*Et stolt øjeblik: Den 26. september 2023 blev Andreas Mogensen kommandør på den internationale rumstation og overtog en symbolsk nøgle til ISS. Dermed blev han den længst tid tjenende ESA kommandør på ISS fra september 2023 og helt frem til afslutningen af Huginn missionen i 2024.*

*Billede: NASA/ESA iss069e092331*



# In Flight Call med Andreas på Experimentarium

Den 4. december 2023 var over 500 børn samlet på Experimentarium for at deltage i et In Flight Call med Andreas direkte fra den internationale rumstation. Via "Ring til rummet" arrangeret af DR Lær i samarbejde med esero Danmark havde børn ringet ind og stillet spørgsmål til Andreas og to af disse spørgsmål blev stillet direkte til Andreas af danske elever. Børn fra Norge, Sverige og Finland fik også mulighed for at stille et par spørgsmål.

**+** Finland: Jeg har hørt, at teknologi, der bruges i rummet, er nyttig for livet på Jorden. Kan du fortælle os mere om det?

**Andreas:**

Du har fuldstændig ret. Meget af den teknologi, vi bruger heroppe, er også meget værdifuld på Jorden. Tag et par eksempler. Al vores strøm, al vores elektricitet ombord på den internationale rumstation kommer fra solcellepaneler, så solceller er en vigtig teknologi heroppe, der giver

os al den energi, vi har brug for, men selvfølgelig er solcelleteknologi også meget vigtig i fremtiden for grøn energi på Jorden. Vi skal også så vidt muligt leve bæredygtigt heroppe. Vi er så meget afhængige af forsyninger fra Jorden, men vi forsøger at genbruge så meget som muligt. Så vores life support system, som omdanner vandet heroppe, laver vores urin til drikkevand og vores kuldioxid til ilt. Alle disse teknologier er også anvendelige på Jorden.

**+** Finland: Kan du give

"Ring til Rummet" er et samarbejde mellem DR/ultra:bit, ESA og esero Danmark.



To danske elever står klar til at stille Andreas et spørgsmål. Billede: Anders Bruun, Experimentarium

eksempler på teknologier på ISS, der hjælper dig med at genbruge og genanvende ressourcer?

### Andreas:

En af de kritiske ressourcer, som vi genbruger heroppe, er vand. Vand er meget tungt, og det er dyrt at sende ud i rummet, og derfor genbruger og genanvender vi vand. I øjeblikket tror jeg, at vi genbruger noget i retning af 95 % ombord på rumstationen, hvilket betyder, at al vores urin og al sved og al fugt i luften bliver opsamlet og genbrugt og omdannet til drikkevand. Vi siger typisk, at det vand, vi drikker i dag, er det vand, vi havde i går. Oveni bruger vi også vandet til at skabe ilt. Vi kan elektrolysere vand og omdanne det til ilt og brint. Den CO<sub>2</sub>, som vi udånder, når vi trækker vejret, opsamles også, og den kan derefter reageres for at skabe mere vand og feedback ind i systemet. Biproduktet er metan, som vi ikke har brug for ombord på rumstationen, og så vil vi lade det gå overbord, men måske i fremtiden, når vi er på Månen eller Mars, kan vi bruge metan som raketbrændstof, fordi metan sammen med ilt udgør en god raketbrændstof-kombination.

 Danmark: Hvad er efter din mening det mest utrolige udstyr en rumdragt har?

### Andreas:

En rumdragt er et utroligt stykke maskineri, fordi det er den, der holder dig i live, når du er ude i rummets



*Der var gang i raketværkstedet på Experimentarium. Billede: Nichlas Olsen, Experimentarium*

vakuum, og forholdene er ret barske. Temperaturen, når du er i direkte sollys, kan gå fra plus 150 grader til minus 150 grader, når du er i skyggen, og rumdragten skal opretholde en behagelig atmosfære inde i rumdragten, uanset forholdene udenfor. Så alle disse systemer arbejder sammen: kølesystemet, iltforsyningssystemet, kuldioxidssystemet. Alle disse systemer tilsammen udgør virkelig en utrolig maskine, rumdragten, og det er den, som holder os i live.

 Danmark: Fortæl os lidt om de micro:bits du har med på rumstationen. Hvordan er programmering vigtig for rumfart?

### Andreas:

Det er rigtigt. Jeg har en micro:bit. Den er blevet omdøbt til Astro Bit, fordi den er om bord på den internationale rumstation. Jeg ser frem til at arbejde med dette senere, når børn får mulighed for at skrive kode, som vil blive udført af denne Astro Bit på den

internationale rumstation. Som du ved, computing og programmering er teknologier. Alt, hvad der driver rumstationen eller styrer rumstationen, er software, og der er hundredvis, hvis ikke tusindvis af programmører, der har skrevet kode, der kører ombord på rumstationen, ikke kun i systemerne, men i alle nyttelasterne. Mange af de videnskabelige eksperimenter, som vi udfører heroppe, styres fra Jorden, og det kræver også computerkode. Så databehandling og programmering er virkelig afgørende, ikke kun når det kommer til rumforskning, men også på Jorden. Det er virkelig blevet en integreret del af vores liv.

 Norge: Laver du nogle seje eksperimenter deroppe i rummet?

### Andreas:

Vi laver så mange seje eksperimenter heroppe. I sidste uge havde jeg mulighed for at studere



nogle menneskelige hjerneceller for at forstå, hvordan hjerneceller ældes i rummet. Jeg havde også mulighed for at arbejde med en biofabrikationsfacilitet, som helt grundlæggende er en 3D-printer til menneskelige celler og væv, og vi forsøger at printe et menneskeligt organ eller simulanter af menneskelige organer for at se, om det er en mulighed i fremtiden. Jeg arbejder også på virkelig seje eksperimenter, der studerer Jordens klima og atmosfære. Særligt at tage billeder af kæmpe lyn, der skyder opad fra toppen af tordenskyer ud mod rummet kaldet blå jets og røde sprites. Altså, der er så mange forskellige typer og seje eksperimenter, vi laver heroppe ombord på rumstationen.

 Norge: Kan du kontakte mennesker på Jorden, mens du er i

rummet? Hvordan gør du det? Er der en Space-telefon?

**Andreas:**

Godt spørgsmål, ja. Heldigvis kan vi kontakte vores familie og venner, mens vi er ombord på rumstationen. Vi har ikke helt 24/7 dækning, men næsten, takket være det, der kaldes TDRS-satellitsystemet, som er et netværk af satellitter, der kredser om Jorden i en meget højere højde end rumstationen, og så kan vi sende vores radiosignaler til disse satellitter, og så gensender de disse signaler tilbage til jordstationer på Jorden. Det er det, der gør det muligt for os at tale lige nu, og det er også det, der giver mig mulighed for at sende e-mails, men også at foretage videoopkald med mine venner og min familie. Så vi har heldigvis masser af muligheder for at holde

kontakten med vores kære derhjemme.

 Sverige: Hvor ofte kommer objekter i rummet tæt på at kolliderer med ISS?

**Andreas:**

Ja, det er et godt spørgsmål, for ærligt talt ved vi det nok ikke. Vi kan ikke se hvert eneste stykke rumaffald eller mikrometeorit, der er derude. Og vi havde faktisk et godt eksempel tidligere på denne mission. Det var meningen, at jeg skulle ud på en rumvandring, men et par dage før rumvandringen begyndte en af de eksterne radiatorer pludselig at lække væske eller kølevæske ud i rummet, og det, der sandsynligvis skete, er, at den blev ramt af en meget lille meteorit, måske på størrelse med kun en millimeter, men det var nok til at lave et hul i radiatoren og få kølevæske til at lække



*Før In Flight Call var der opvarmningsshow med eksperimenter.  
Billede: Anders Bruun, Experimentarium*



ud i rummet og desværre forsinke den rumvandring, jeg skulle på. For større stykker rumaffald er vi i stand til at spore dem, og hvis vi mener, at risikoen for kollision er tilstrækkelig høj, så er vi nødt til at flytte rumstationen, og det kan vi gøre ved at affyre motorer for enden af rumstationen og normalt løfte rumstationen ind i en højere bane. Så at øge højden med et par kilometer er normalt nok til at undgå enhver kollision.

 Sverige: Hvilke andre udfordringer ville der være for en rumstation omkring Månen i stedet for Jorden?

#### Andreas:

Det er så spændende, at vi vender tilbage til Månen. Jeg kan næsten ikke tro, at vi efter mere end 40 år, endelig vil se mennesker vende tilbage til Månen i de næste par år. Og der kommer mange udfordringer. Først og fremmest, som du ved, at astronauter, der tager til Månen, og bor på en rumstation i kredsløb, vil være længere væk fra Jorden. Det vil tage alt fra 3-5 dage at komme til Månen, hvilket også betyder, at det vil tage længere tid at sende dem forsyninger, og det vil tage længere tid at vende hjem i tilfælde af en nødsituation. Oven i det vil enhver, der rejser til Månen, være så langt væk fra Jorden, at de ikke længere vil være beskyttet af Jordens atmosfære eller Jordens magnetfelt. Her på rumstationen, selvom vi er i rummet, er vi stadig delvist beskyttet af Jordens magnetfelt, som skærmer os



*Der blev leget med styring af robotter i månelandskab. Billede: Nichlas Olsen.*

en lille smule mod den kosmiske stråling og solpartikler, men når du er i kredsløb om Månen, bliver astronauter nødt til at stole på mere beskyttelse fra rumfartøjet og rumstationen, fordi der ikke er noget magnetfelt, ingen atmosfære til at beskytte dem mod stråling i rummet.

 Finland: Hvad skal man være rigtig god til for at arbejde i rummet?

#### Andreas:

Først og fremmest skal du være god til videnskab og teknologi, fordi alt, hvad vi laver heroppe, er på en eller anden måde relateret til videnskab, teknologi og ingeniørarbejde. Så en grundlæggende forståelse af det er nødvendigt. Men udover det, er teamwork noget, som du skal være god til, fordi alt, hvad vi laver heroppe, involverer teamwork. Vi er 7 astronauter om bord på rumstationen. Vi arbejder sammen og bor sammen i seks måneder ad gangen. Og oven i købet sker

alt, hvad vi gør i samarbejde med missionskontrolcenter Houston og missionskontrolcenter Moskva. Der er også et missionskontrolcenter uden for München, Tyskland, et i Japan og et par andre fordelt rundt om i verden. Og alt vores arbejde er i bund og grund teamwork. Ikke kun med astronauterne heroppe, men med missionskontrolcentre over hele verden. Så teamwork, kommunikationsevner, interpersonelle færdigheder er meget, meget vigtige for en vellykket mission.

 Danmark: Hvordan er det at sove i rummet? Bruger du nogle gadgets eller værktøjer til at hjælpe dig med at sove bedre?

#### Andreas:

Det er faktisk ikke så dårligt at sove i rummet. Jeg mener, man kan ikke ligge på en seng, men vi har en sovepose, som vi kan kravle ned i, og den er rimeligt behagelig. Jeg vil sige, at jeg sover omtrent det samme,

som jeg gør på Jorden. Nu er det store problem her, at vi ikke har en naturlig dag/nat-cyklus, så vores kroppe mister lidt rytmen af dag og nat, og for at hjælpe mig med at holde den naturlige cyklus tester jeg noget teknologi fra et dansk firma kaldet SAGA Space Architects. Og de udviklede et lyspanel, der skifter i farve for at efterligne farverne i naturligt sollys på Jorden, som skifter fra blå til mere rødt om aftenen, og som hjælper med at kontrollere det, der kaldes vores døgnrytme, og det er egentlig det, der styrer vores dag/nat-cyklus på Jorden. Så jeg prøver at teste det for at se, om det vil hjælpe med at forbedre min årvågenhed og min søvncyklus her i rummet.

### **Afsluttende fra Andreas:**

Tak til alle, der deltog og tak for de fremragende spørgsmål. Det har været en fornøjelse at tale med jer i dag. Jeg håber, at I er blevet inspireret og at I vil følge med i denne mission. Jeg vil gøre mit bedste for at dele mine erfaringer fra denne utrolige mission ombord på den internationale rumstation.

*Transkriberet og oversat af Lykke Pedersen.*



*Ville Andreas slå en kolbøtte i løbet af IFC? Den kom helt til sidst og taberne af væddemålet måtte en tur i baljen. Billede: Anders Bruun, Experimentarium*



*Salen var fyldt op med børn, der var meget begejstrede og havde stor interesse i at stille spørgsmål. Billede: Anders Bruun, Experimentarium*



# Skoleelever sender forsøg til Andreas Mogensen

TEKST: Steen Petersen, fysik/kemi- og matematiklærer, Fredericia Realskole

Fire drenge fra 8.b på Fredericia Realskole har vundet konkurrencen MISSION ULTRA:SPACE. De har lavet et micro:bit-forsøg, som Andreas Mogensen skal gennemføre på Den Internationale Rumstation.

I september deltog matematikholdet i Danmarks Radios konkurrence MISSION ULTRA:SPACE, som går ud på at udtænke et forsøg med en BBC micro:bit, lave en videofilm og en skriftlig forsøgsvejledning i et missionsark til Andreas Mogensen på ISS. Formålet med konkurrencen er at gøre eleverne nysgerrige på rummet samt at give elever viden om de naturvidenskabelige forskelle, der er på at bo på Jorden og på en rumstation.

## Vægtløshed og pendulsvingninger

På matematikholdet blev der drøftet tyngdekraft og vægtløshed, og hvordan fysiske fænomener påvirkes af den vægtløse tilstand på ISS.

Emil, Jeppe, Christian og Liam undersøgte et svingende pendul. De opstillede en hypotese med deres formodninger om, hvordan et pendul vil svinge på rumstationen. Står det stille eller svinger det hele vejen rundt? Og hvordan er den kinetiske energi i pendulsvingningen?

En micro:bit har indbygget et accelerometer, og drengene brugte dette til at måle den kinetiske energi, hvor

micro:bit med den lille batterikasse udgør pendulets lod. Målingen af penduloddets kinetiske energi omsættes til en mængde tændte lys på micro:bit LED-skærmen og kan således aflæses mens penduloddet svinger.

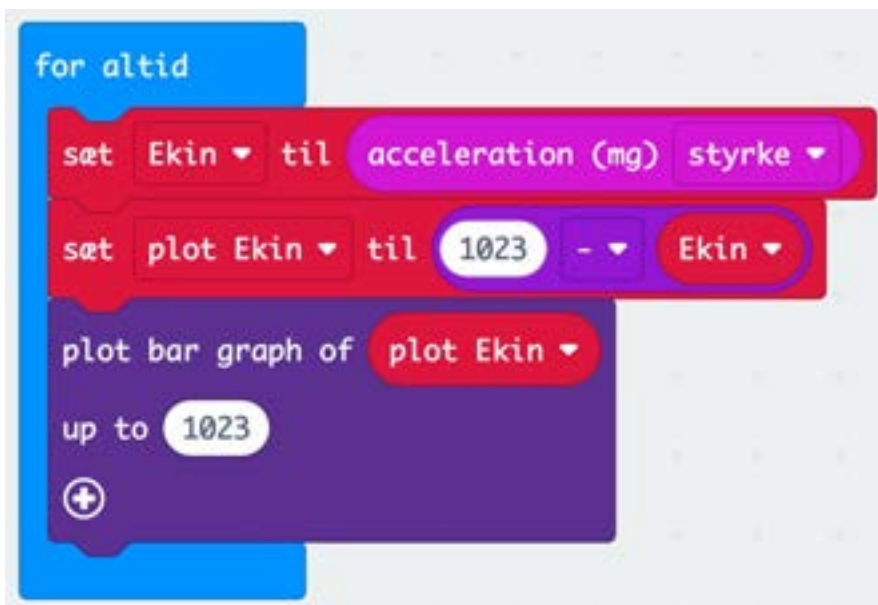
## Venter i spænding på resultaterne

De fire drenge gik videre blandt mange hundrede indsendte forsøg og endte blandt tre vinderprojekter. I december 2023 sendes micro:bit-koden, missionsarket og videoen op til Andreas Mogensen på ISS, hvor han vil

Mission ultra:space er et samarbejde mellem DR/ultra:bit og ESA samt ESERO/DK.

gennemføre og videofilme forsøgene.

Nu ser hele matematikholdet frem til at modtage resultaterne fra Andreas Mogensens forsøg, behandle og fortolke data og sammenligne med hypotesen. Og helt sikkert stille mange nye naturvidenskabelige spørgsmål.



Et indblik i koden. Billede: Steen Petersen

# Sprællonaut-eksperimentet

TEKST: 5.a Sct. Mariæ skole, Aalborg

Som en del af DR's Mission Ultra:Space fandt vi på et forsøg, hvor vi ville teste, om accelerationen er den samme, når man laver sprællemænd i rummet og på Jorden. Forsøget blev udvalgt som vinder i kategorien Ultra:Game.

## Vores forsøg

I vores forsøg skal Andreas Mogensen have en micro:bit i hånden og lave ca. 30 sekunders sprællemændsbevægelse, som man i rummet nok vil kalde en sprællonaut. Micro:bitten er på forhånd kodet, så den måler accelerationen af Andreas Mogensens bevægelser og gemmer den største værdi. Efter han har lavet sprællonaut, skal han trykke på knap A, som viser hvor stor en acceleration, der er blevet målt. Acceleration er ændring af hastighed. Denne ændring skal så sammenlignes med de

målinger, som vi har foretaget ved bevægelserne på Jorden.

## Vores hypotese

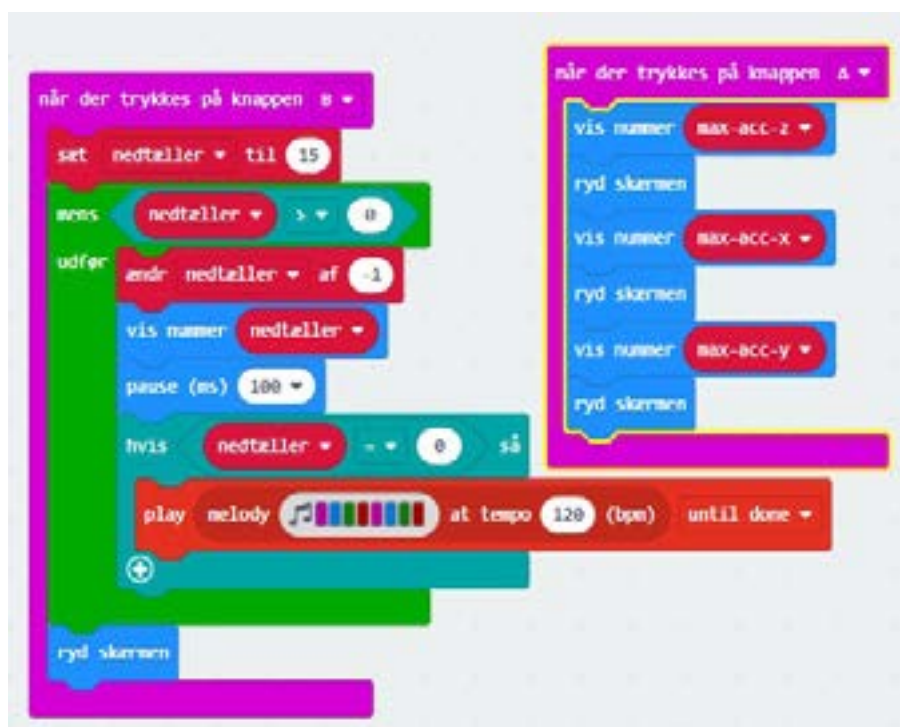
Her på Jorden skal vores krop modarbejde tyngdekraften, når vi bevæger os op ad. Men på ISS er der ikke tyngdekraft, og derfor behøves der mindre kræfter, når man bevæger sig op ad. På Jorden får kroppen til gengæld hjælp af tyngdekraften, når den bevæger sig ned af. Derfor kan vi nemmest bevæge os ned, mens det på ISS kræver lige meget kraft at bevæge sig op og ned.

Mission ultra:space er et samarbejde mellem DR/ultra:bit og ESA samt ESERO/DK.

Med vores test vil vi finde ud af, om der fås størst acceleration på Jorden eller på ISS, men fordi vi netop måler den største acceleration, så tror vi, at vi på Jorden opnår den største acceleration.

## Forsøgets fremgangsmåde

1. Tryk på knap A+B, som nulstiller accelerationen.
2. Tag micro:bitten i hånden.
3. Tryk på knap B, som sætter en timer i gang.
4. Lav sprællemænd indtil micro:bitten laver en lyd.
5. Tryk på knap A, som viser hvor meget acceleration har været.
6. Tryk på knap A+B, som nulstiller acceleration.
7. Gentag det 2 gange.



Et udsnit af den kode vi har lavet.

Billede: 5.a Sct. Mariæ skole, Aalborg



*Danmark set fra den internationale rumstation under Huginn missionen.  
Billede: 16. oktober 2023, ESA/NASA, 538A0671*



# Virtual Reality til motion i rummet

TEKST: Poul Knudsen, teamlead - Infrastructure&Operations Lab. Tech, Danish Aerospace

Ved ophold i rummet uden tyngdekraft er motion meget vigtig for astronauter. Danish Aerospace Company (DAC) har i mere end 30 år været leverandør af motionsudstyr til rumfart og tager nu endnu et skridt i udviklingen. For at øge motivationen til at motionere afprøver DAC Virtual Reality udstyr koblet til motionscyklen. Andreas Mogensen vil være den første astronaut til at teste denne nyudvikling.

## Introduktion

Motion er en stor del af astronauters hverdag på den internationale rumstation, ISS. Lang tids forskning i forbindelse med bemanded rumfart har konkluderet, at den vigtigste kilde til at forberede astronauters krop på tilbagevenden til Jorden er motion. Ophold i rummet uden tyngdekraft svækker både muskler og knogler, hvis ikke der dyrkes regelmæssig motion. På ISS har hver astronaut hver dag skemalagt to motionsessioner af ca. en times varighed.

Danish Aerospace Company (DAC) har igennem de seneste 30 år været leverandør af motionscykler til rumfart. Den seneste model er nu på ISS. Udover motionscykler er DAC i gang med at fremstille et multifunktions-motionsudstyr til afprøvning på den internationale rumstation. I rummet kan astronauternes nødvendige træning hurtigt blive kedelig og monoton. Derfor forsøger DAC nu at introducere en ny teknologi, der kombinerer Virtual Reality (VR) med motion, hvilket skaber en mere underholdende oplevelse for

astronauterne under træning. Ideen er at forbinde en VR brille til motionscyklen. I VR brillen vises en video af en cykelrute optaget fra rytterens perspektiv. Ud fra videoen er der beregnet en load der angiver, hvor mange watt, der skal ydes i det givne tidspunkt på ruten. Denne watt værdi bliver via Bluetooth sendt til cyklen og bestemmer hvad brugeren skal yde. Går det op ad bakke skal der ydes mere og ned af bakke mindre.

Konceptet er vist på figur 1.



Figur 1. Virtual Reality koncept. Billede: DAC



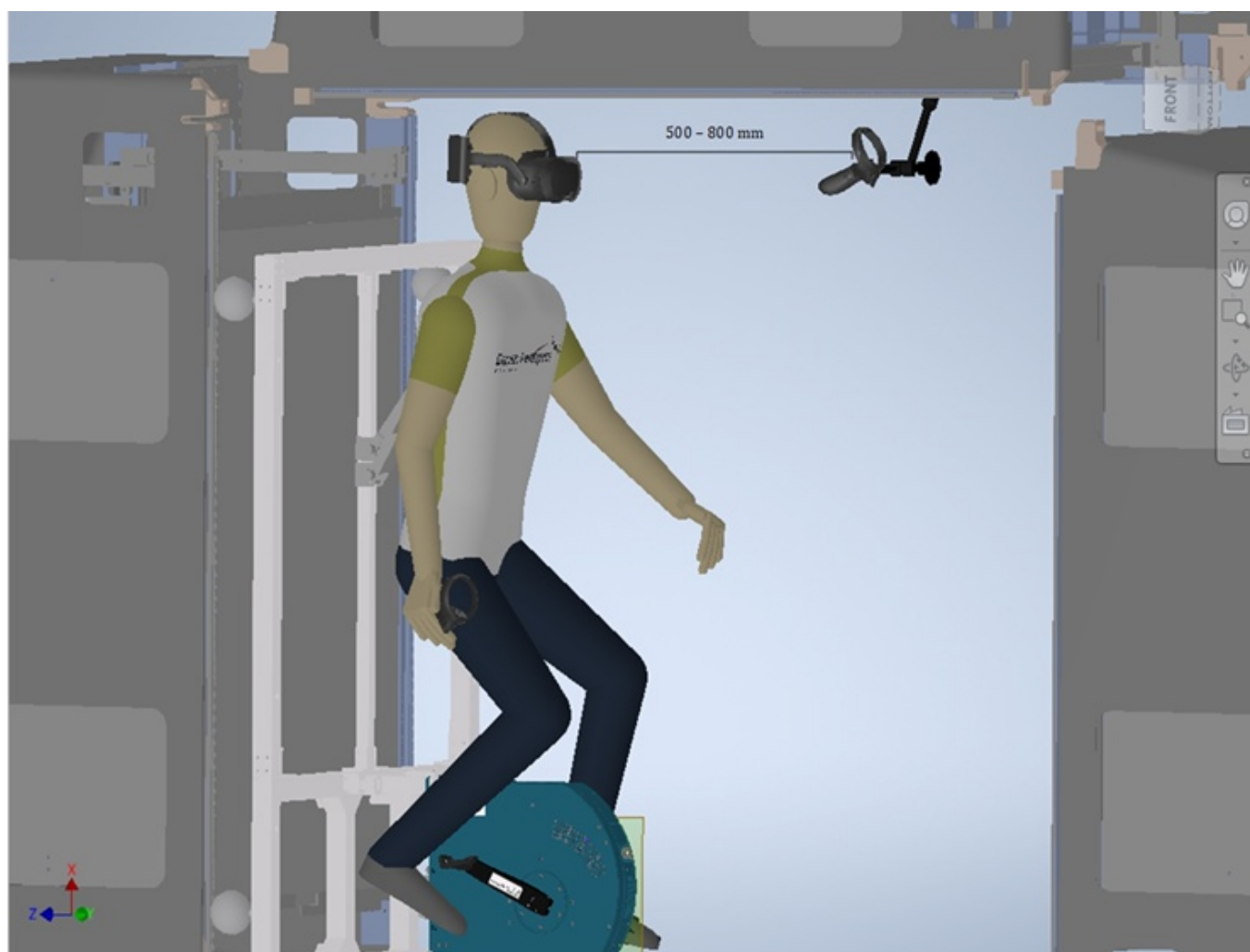
## Hardware udfordringer

VR på ISS har været prøvet før med begrænset succes. Da DAC foreslog VR aktiviteten til Andreas Mogensens mission, var det tanken at bruge det eksisterende hardware på ISS. Imidlertid viste det sig, at denne hardware havde store problemer med at holde en stabil virtuel verden. Langt de fleste VR briller bruger tyngdekraften som reference til den virtuelle verden. Den manglende tyngdekraft på ISS gør at det eksisterende hardware fejler efter kort tids brug. En måde at overkomme dette på er at bruge en optisk reference i stedet. Ved at bruge de indbyggede kameraer kan

man bruge en genstand, for eksempel en printet QR kode som reference. Dette gør referencen uafhængig af tyngdekraften. DAC planlagde i starten af dette projekt at programmere denne feature selv i en kommerciel VR brille. Ved en markedsundersøgelse viste det sig dog at HTC havde en VR brille på markedet, som allerede havde denne feature indbygget i en betaversion. Der blev hurtigt etableret kontakt til HTC Danmark og til HTC's udviklingsafdeling i Taiwan. Samtidig blev det Europæiske Rumagentur (ESA) opmærksom på DAC's udvikling. ESA's VR afdeling tog derefter HTC hardwaren med på parabolflyvning, hvor man kan være vægtløs i ca.

20 sekunder. Efter to flyvninger konkluderede ESA, at den optiske reference i HTC VR brillerne var uafhængig af tyngdekraften, hvilket betød at udviklingen fortsatte. I HTC systemet fungerer den ene håndcontroller som et anker. Ankeret udsender et mønster af infrarødt lys fra indbyggede dioder. Dette mønster opfanges af VR brillens 4 kameraer, og bliver brugt som reference. Opstillingen kan ses på figur 2.

Næste udfordring var det indbyggede batteri. Kraftfulde batterier er ikke tilladt at bruge på ISS uden en meget grundig test og kvalificeringskampagne. Dette var ikke muligt indenfor den givne tidsramme og det



Figur 2: Opstilling med optisk reference. Billede: DAC

budget, der var til rådighed. Løsningen blev at bruge en kommerciel power bank, som ESA allerede har kvalificeret. Med hjælp fra HTC's udviklingsafdeling er HTC VR brillen blevet ombygget til at bruge denne power bank i stedet for det originale batteri.

### Det færdige udstyr

Med troen på at hardwaren vil virke på ISS har DAC udviklet en applikation til VR brillen. Da DAC samtidig er leverandør af motionscyklen, var alt udstyr til rådighed for denne udvikling. Der er færdigudviklet en applikation til VR brillen og en applikation til cykel kontrolenheden. DAC har optaget videoer af diverse cykelruter og udvalgt tre ruter som er tilgængelige på den hardware, der blev sendt til ISS i november 2023. Hele systemet er klargjort og testet. Systemet skulle have de sidste godkendelser inden det blev sendt til USA, hvor det blev



Figur 3: VR hardware til ISS. Billede: DAC

sendt op med SpaceX 29 i begyndelsen af november. Den færdige hardware kan ses på figur 3. De tre udvalgte cykelruter er meget forskellige. En er optaget i en skov nær Silkeborg, den anden er optaget i bakket terræn på Sydlyn og den tredje er optaget på åstien i Odense. Udover disse 3 ruter var det planen at sende yderligere 3

ruter op til ISS senere på året. Her fik offentligheden mulighed for at bidrage. I sensommeren 2023 var der en konkurrence, hvor man kunne indsende sit eget forslag til en rute. 2-3 ruter ville blive udvalgt og redigeret til en rute, der kan bruges på VR brillen. Alle videoer er optaget med et 360 graders kamera, så astronauten kan få det fulde



Figur 4: Eksempel på cykelrute. Billede: DAC



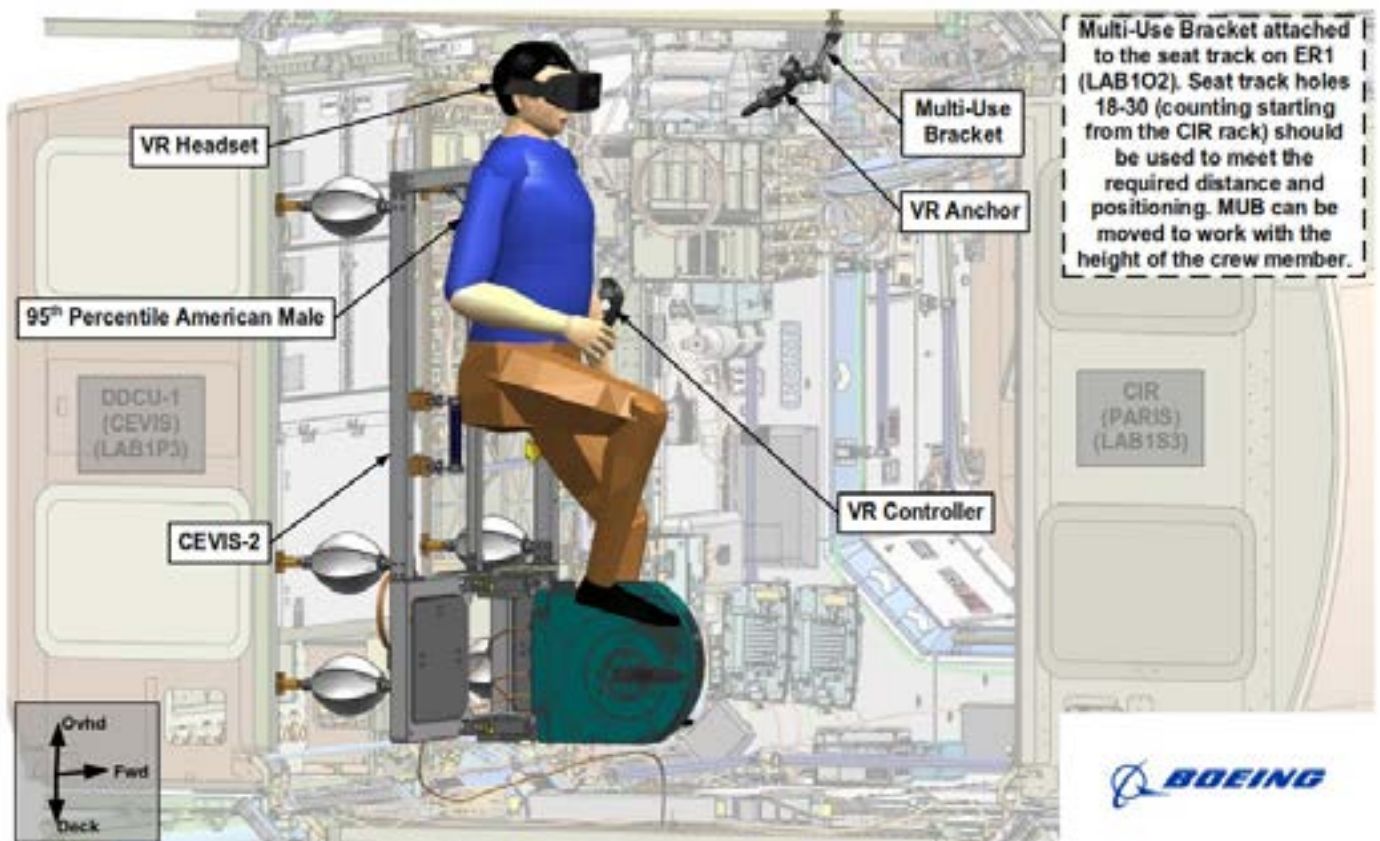
udbytte af den virtuelle verden.  
Figur 4 viser et eksempel på en rute.

### Aktiviteten

Aktiviteten er en teknologidemonstration, der bruger VR og cykeltræning til at skabe variation i miljøet og øge motivationen under træningen. Astronauterne kan træne i naturskønne omgivelser eller på velkendte steder, mens de udforsker landskabet omkring dem. Formålet med denne teknologidemonstration er at evaluere, om konceptet er muligt og om det kan have en positiv indvirkning på astronauternes motionsmotivation og mentalitet. Det forventes også, at VR-træningen kan hjælpe med at reducere de

skadelige virkninger af langvarig eksponering af 0 tyngdekraft. I fremtiden vil det være muligt at anvende space-to-ground datakommunikation til at lave en rum-til-jord aktivitet. Denne aktivitet ville tillade jordbaserede deltagere at deltage i en virtuel konkurrence eller samarbejde med astronauterne ombord på rumstationen. Dette har potentialet til at motivere både astronauter og den almindelige offentlighed til at motionere og cykle mere. På ISS vil Andreas være den første til at afprøve dette VR koncept. Ved sådanne aktiviteter er NASA involveret i at analysere om den givne aktivitet kan lade sig gøre uden at forstyrre andre aktiviteter på ISS. Figur 5 viser en NASA analyse af aktiviteten, hvor

hardwaren er tegnet ind i den nuværende konfiguration på ISS. Analysen har konkluderet at der ikke er hindringer for udførelsen. Hos DAC har vi al hardware til rådighed og har gennemført alle ruter i laboratoriet. Figur 6 viser testopstillingen hos DAC. Med denne spændende teknologi kan astronauter forvente en mere interessant og motiverende træningsoplevelse i rummet. VR-træningen har potentialet til at forbedre astronauternes helbred og velbefindende under langvarige missioner og kan måske endda inspirere den almindelige befolkning til at engagere sig mere i motion og cykling. Virtual Reality er en spændende ny vej inden for rumforskning, der kan forvandle måden, vi træner og oplever rummet på.



Figur 5: VR på ISS. Billede: DAC



Figur 6: Testopstilling hos DAC. Billede: DAC

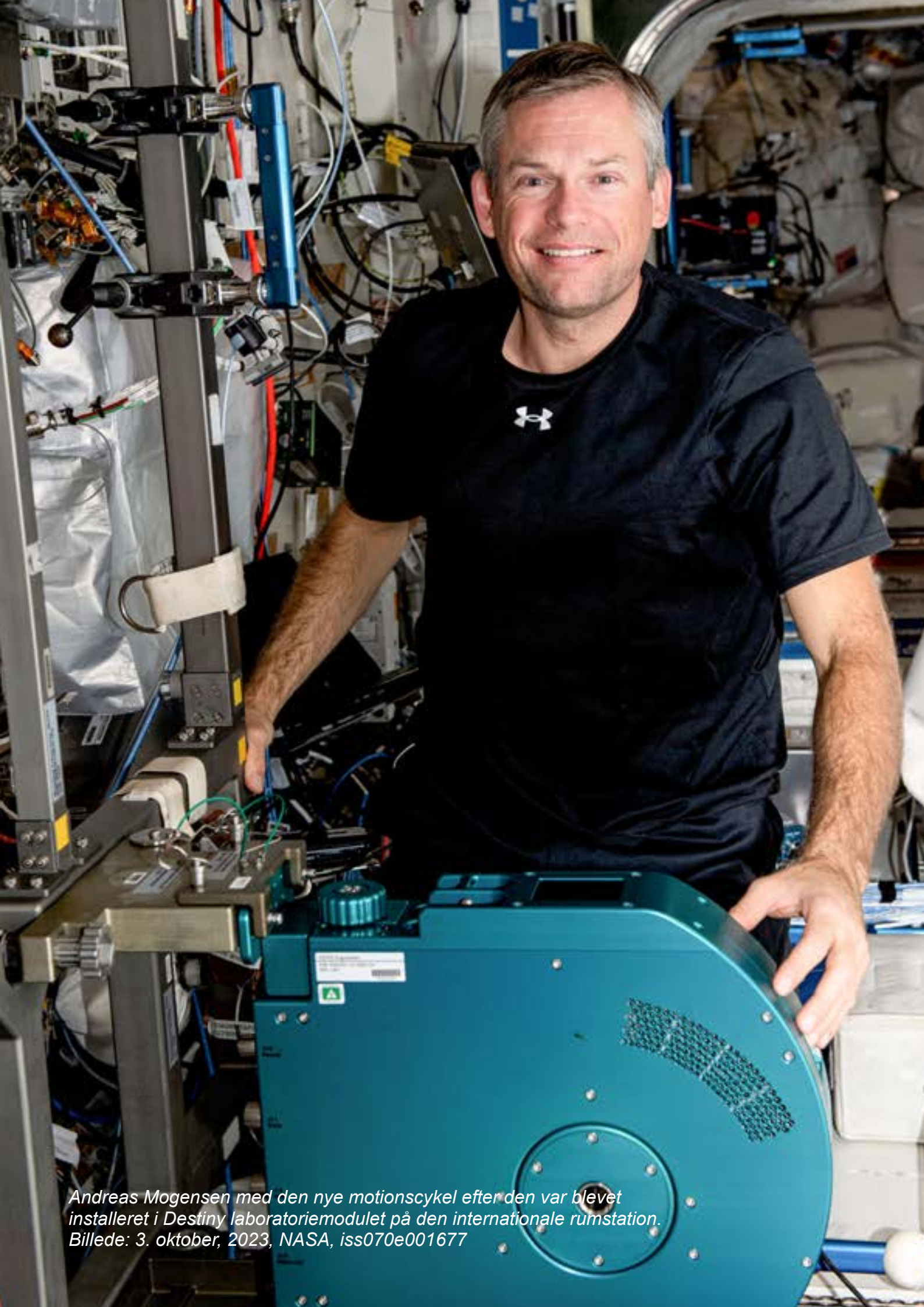
## Om Danish Aerospace Company



Danish Aerospace Company (DAC) er en højteknologisk virksomhed, der arbejder med avancerede medicinske udstyr og andre tekniske områder primært inden for rumfart.

Vores produkter er baseret på mange års specialiseret forskning og udvikling. Dette består i udvikling, integration og anvendelse af såvel nye som etablerede medicinske teknologier til de udfordringer og anderledes betingelser, der findes i rummets vægtløshed. Disse produkter er med til at bringe teknologien fra rumfart og erfaring fra ophold i rummet, ned på Jorden til gavn for almindelige mennesker.





Andreas Mogensen med den nye motionscykel efter den var blevet installeret i Destiny laboriemodul på den internationale rumstation. Billede: 3. oktober, 2023, NASA, iss070e001677

# Demonstration af Wearable til rummet og ekstreme miljøer

TEKST: Poul Knudsen, teamlead - Infrastructure&Operations Lab.Tech, Danish Aerospace

Nyt bærbart udstyr til helbredsovervågning afprøves på ISS. Danish Aerospace Company (DAC) står bag en ny bærbar måler, som Andreas Mogensen skal afprøve på den Internationale Space Station (ISS). Enheden kaldet SpaceWear måler basale medicinske parametre via et bælte monteret omkring brystet.

## Introduktion

Danish Aerospace Company har gennem de sidste 30 år beskæftiget sig med udstyr til medicinsk overvågning af astronauter. Dette er opnået ved at designe, fremstille og levere medicinske overvågningssystemer til rumflyvning. 5 generationer af lungefunktionssystemer er blevet fløjet.

Den videnskabelige brug af systemerne har været gennem aktiviteter udvalgt af ESA og NASA. DAC har ydet teknik og teknisk support til udstyret og aktiviteterne. De fleste aktiviteter har brugt kablede teknologier til måling af EKG, blodtryk og SpO<sub>2</sub>.

Under disse aktiviteter blev det tydeligt, at en bærbar enhed til måling af medicinske nøgleparametre med videnskabelig kvalitet manglede på markedet. Derfor blev udviklingen af en sådan sensor startet. Denne enhed er nu klar til at blive testet på Andreas Mogensens rumflyvning.

## Målesystemet

Dette nye trådløse Wearable Health Monitoring System har til formål at overvåge vigtige medicinske parametre under rumflyvninger og ved

træning op til flyvningen. Systemet er bærbart og kan bæres af astronauter og rumturister under deres dragter eller ombord på rumstationerne. Det er et autonomt system, der blot skal tændes og bæres, og det registrerer høj kvalitets medicinsk data til specialister og flyvelæger. Systemet består af et lille batteridrevet modul, der inkluderer flere sensorer, datalogging og en trådløs Bluetooth-sender. Modulet placeres på brystet ved hjælp af et justerbart stofbælte, der kan vaskes ved gentagen brug. Bæltet indeholder sensorer til måling af medicinske nøgleparametre som EKG, respirationsfrekvens, hudtemperatur og G-belastninger. Disse data gemmes på sensormodulet og overføres til computer for detaljeret analyse. Systemet kan måle og lagre data kontinuerligt i op til 16 timer på en opladning. Systemet er vist på figur 1.

## Følgende parametre måles på Andreas:

- EKG, op til 6 leads med lead off detektering
- Puls 25-220 BPM
- Pulsvariation
- Respirationsfrekvens (op til 50 vejrtrækninger pr. minut)

- 3-akset accelerometer måling (X, Y, Z) op til 16G-måling
- Hudtemperatur

## Andreas' forsøg

Forsøget er en teknologi demonstration. Det vil sige, at målingerne ikke bruges videnskabeligt. Kvaliteten af målingerne skal evalueres og aktiviteten skal vise om udstyret fremover kan bruges som et videnskabeligt instrument til medicinsk overvågning.

Udstyret er designet, dokumenteret, fremstillet, og opsendt til ISS med SpaceX 28. juni 2023. Det var således klar til Andreas, da han i august ankom til ISS. To identiske systemer er pakket i en lille taske, som er syet af Nomex. Nomex er et ikke-brændbart stof materiale, som bruges til alle opbevaringstasker på rumstationen. Til testen på ISS har udstyret fået navnet SpaceWear. SpaceWear i tasken er vist på figur 2.

Tre sessioner er planlagt. Hver session vil bestå af forskellige aktiviteter, som vil fremgå af den Timeline, som alle Andreas' arbejdsdage er tilrettelagt efter. For SpaceWear er det følgende plan:





Figur 1: Wearable Health Monitoring System. Billede: DAC

- Find SpaceWear frem: 5 min
- Tilslut SpaceWear til oplader via USB: 5 min
- Tag SpaceWear på og start dataopsamling: 10 min
- Måling af data i minimum 5 timer
- Tag SpaceWear af og stop dataopsamling: 10 min
- Overfør data til computer og downlink data: 10 min
- Pak enheden ned og læg den på plads: 5 min

Andreas' arbejdsplan for hele missionen vil blive opdateret mange gange, men for at sikre at Andreas kan nå alle aktiviteter laves arbejdsplanen i god tid. Ifølge den første plan ville Andreas' to første SpaceWear sessioner være 5. september og 17. september. Alle sessioner vil indeholde data fra det almindelige arbejde på ISS, men også fra

motionsaktivitet på den kondicykel, som DAC også har leveret til ISS.

### Fremtidige muligheder

Ved at teste og bruge DAC's nye bærbare overvågningssystem vil de kommercielle rumvirksomheder have mulighed for at overvåge rumturister både under træning og i rummet. Dette er særligt vigtigt, da rumturister ofte adskiller sig fra de professionelle astronauter, der løbende overvåges af specialister. Systemet kan også integreres med eksisterende træningsudstyr i rummet og levere medicinske data direkte til specialisterne. DAC's Wearable Health Monitoring System vil være en værdifuld tilføjelse til det voksende antal bemandede rumfartøjer og kommercielle

rumflyvninger. Med sin enkle, fleksible og pålidelige funktion vil det bidrage til at sikre astronauternes og rumturisternes sundhed og sikkerhed under træning og flyvninger. Samtidig åbner det også døren for anvendelse i andre ekstreme miljøer på Jorden.

Det bærbare system er ikke kun beregnet til brug i rummet, men kan også anvendes i andre ekstreme miljøer på Jorden. DAC har samarbejde med EU-Kommissionens European Defence Industrial Development Program for at forbedre sensoren til militære og kommercielle dykkere. Systemet har også potentiale til brug i huler, bjergbestigning samt af militære og kommercielle piloter.



*Figur 2: SpaceWear på ISS. Billede: DAC*



*Terminatoren mellem dag og nat på Jorden, set fra Cupola-modulet på den internationale rumstation. Billede: ESA/NASA,527F9294*





*Et af de danske eksperimenter, som Andreas laver, er SpaceWear - en fitness-tracker på størrelse med et ur, som han bærer om brystet, mens han træner. Den sporer mange vitale sundhedsparmetre, såsom hjerterefrekvens, hudtemperatur og åndedrætsfrekvens.*

*Astronauterne mister både knogle- og muskelmasse, mens de opholder sig på rumstationen, da vægtløsheden får kroppen at slappe af, og den holder op med at bruge musklerne. Så det er vigtigt at træne hver dag for at holde kroppen sund.*

*Billede: NASA/ESA, 2015*



# DTU står bag første forsøg med 3D-print i metal af reservedele på Den Internationale Rumstation

TEKST: Morten Garly Andersen, chefkonsulent og kommunikationsrådgiver, DTU Space

I forbindelse med Andreas Mogensens Huginn-mission til den internationale rumstation skal der for første gang fremstilles et objekt i rummet med en 3D metalprinter. Professor John Leif Jørgensen på DTU Space står bag forsøget, som udføres i samarbejde med forsvars- og rumfartsafdelingen hos flyproducenten Airbus. Ideen er at undersøge muligheden for at lave reservedele i rummet til fremtidige missioner. Desuden undersøges, om der kan frembringes bedre egenskaber i emner, hvis de fremstilles under vægtløshed.

**Rummissioner kan måske i fremtiden blive helt eller delvis selvforsynende med reservedele til fartøjer og udstyr.**

Man kan forestille sig en situation, hvor der er behov for at udskifte en ventil i life support-systemet på en astronauts rumdragt under en langvarig mission til Mars. Eller at der er brug for et beslag til at holde

instrumenter på plads på den internationale rumstation, ISS.

Det vil være et stort fremskridt inden for rumteknologien, hvis man i den slags situationer kan fremstille reservedelen under selve missionen.

For eksempel ved hjælp af en medbragt 3D metalprinter. Vi ved ikke om, det kan lade sig

gøre at lave reservedele ude i rummet på den måde.

Men nu gør vi forsøget. Og vi bliver meget klogere på det, når DTU Space i samarbejde med den danske astronaut Andreas Mogensen, ESA og Airbus Defence and Space for første gang skal forsøge at lave genstande, emner, ved hjælp af 3D-metalprint i rummet.



Den internationale rumstation. Billede: NASA





*Her ses en af de originale test-emner, der er 3D-printet her på Jorden på maskinen, som skal ud til rumstationen. Foto: DTU Space*

På DTU Space har vi udviklet et af de emner, der skal fremstilles på rumstationen. Printereren leveres af Airbus.

Efter en lang række forsøg med forskellige udformninger og materialer har vi nu en reference-model i metal. Modellen er et metal-emne med en udformning og detaljer som bruges meget i strukturene omkring højpræcisions navigationsinstrumenter til blandt andet rumfartøjer.

Reference-modellerne er designet af professor John Leif Jørgensen og kolleger på DTU Space og printet på præcis den samme 3D metalprinter fra Airbus DS, som sendes ud til ISS. På ISS skal Andreas Mogensen ved hjælp af printereren fremstille et tilsvarende objekt.

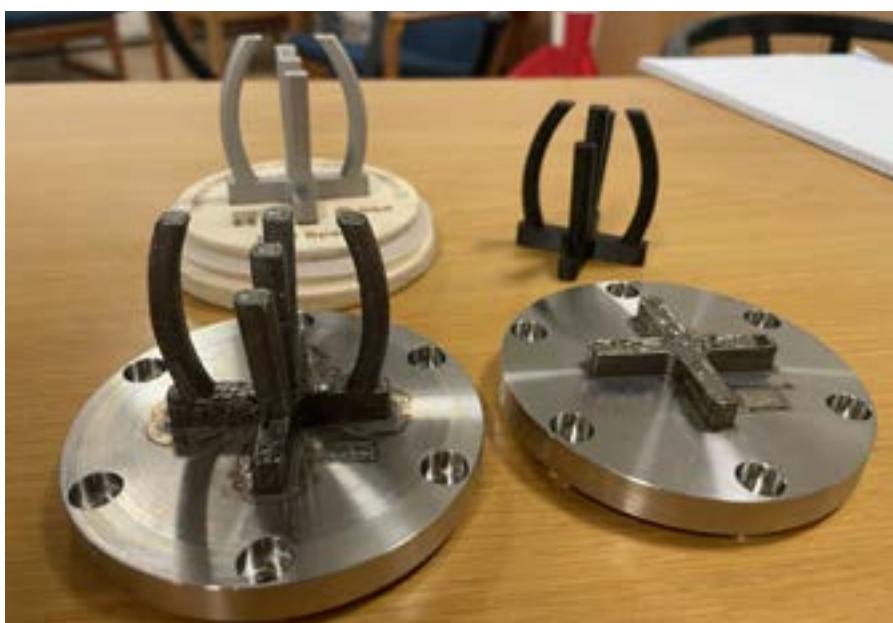
Når missionen slutter, kommer objekterne tilbage til Jorden. Her skal de analyseres og

sammenlignes med eksemplarer fremstillet på Jorden.

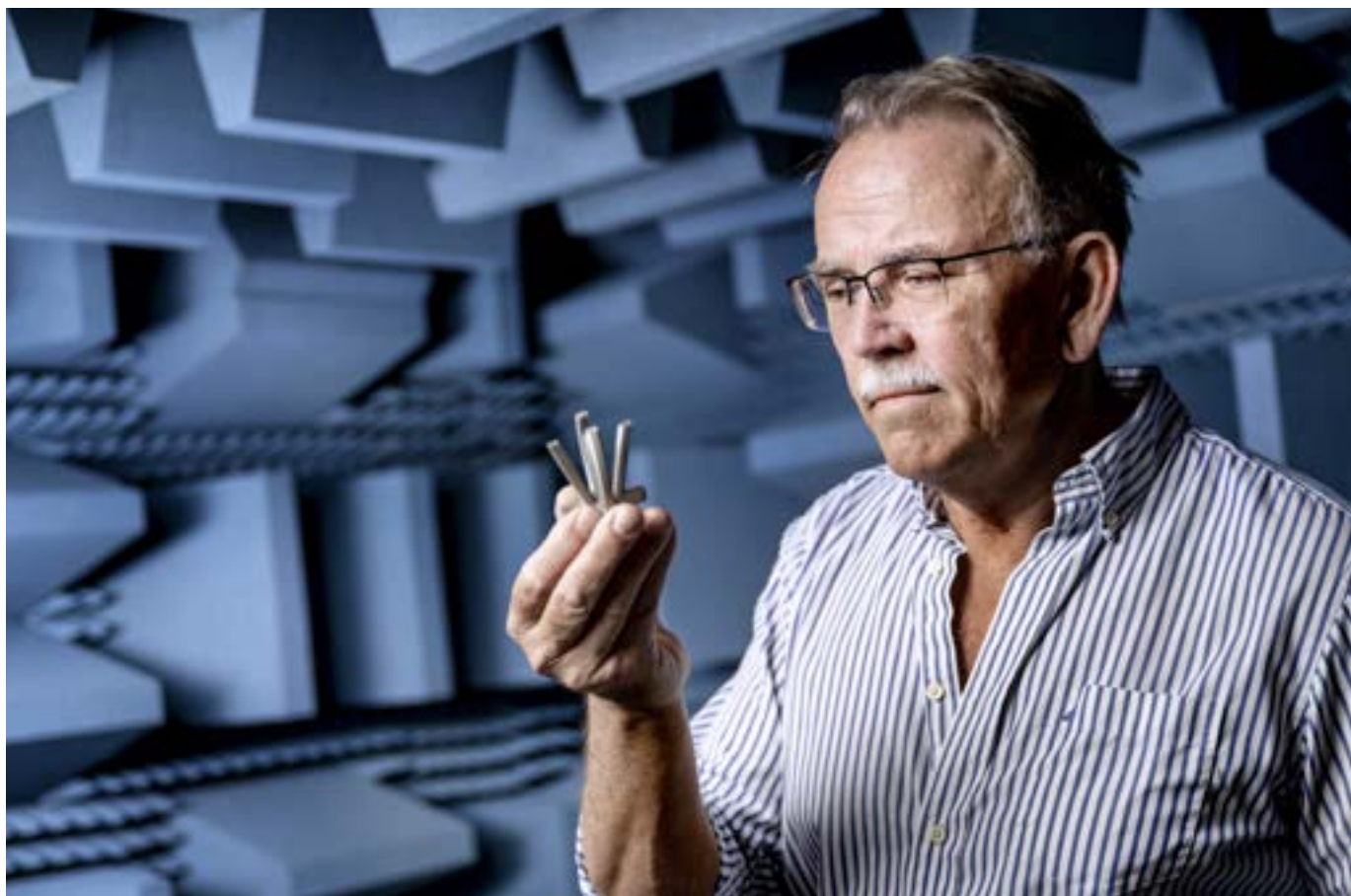
"Vi aner ikke, om det kan lade sig gøre. Men når de to emner analyseres og deres egenskaber sammenlignes her på Jorden, vil vi få en ide om, hvordan materialet opfører sig, når figuren fremstilles under vægtløshed, og hvordan tolerancerne i

rummet adskiller sig fra dem på Jorden. Og altså ikke mindst om det altså overhovedet kan lade sig gøre," siger John Leif Jørgensen, som leder projektet.

"I princippet vil sådan en printer kunne fremstille præcis de dele, man har brug for på rumstationen. Men det er en ret



*Forskellige test-emner vi har lavet på Airbus-printeren og andre printere for at teste udformningen af emnet/figuren. Foto: DTU Space*



*Professor John Leif Jørgensen, DTU Space, med prototype af det 3D-objekt, der skal printes i metal på den internationale rumstation, ISS under Andreas Mogensen ophold.*

*Foto: Bax Lindhardt*

komplikeret øvelse. Så vi gør det ikke, fordi det er let, men fordi det er det sværest mulige ESA vil acceptere, og fordi vi vil afprøve nye teknologiske grænser”.

Det nøje designede objekt, der skal fremstilles, måler cirka 5 gange 5 centimeter. Der fremstilles flere af dem, både i rummet og på Jorden.

### **Mulige reservedele til fremtidige rummissioner til Månen eller Mars**

Andreas Mogensen, som efter sin mission bliver adjungeret professor på DTU med tilknytning til DTU Space, ser frem til at bidrage til forsøget. Han finder det spændende at udforske, om det i praksis vil være muligt på den måde at fremstille

reservedele under fremtidige rummissioner.

Det vil eksempelvis være nyttigt under længerevarende missioner til månen eller Mars, hvor man ikke lige kan få leveret reservedele med posten.

”Formålet er jo undersøge, hvor gode produkter man kan fremstille med en 3D metalprinter i rummet og få testet, hvad der sker, når man printer i 3D i rummet under vægtløshed,” fortæller John Leif Jørgensen.

”Normalt fordeler et materiale sig under påvirkning af tyngdekraften, når det fremstilles her på Jorden ved eksempelvis støbning eller 3D-printning. Men i rummet er der meget lidt tyngdekraft til at trække i materialet.

Disse forhold kan måske skabe bedre materialestrukturer, som også kan vise sig, at være en fordel i emner, der skal anvendes på Jorden. Så der er flere elementer i forsøget, som vi ser frem til at udforske”.

Emner produceret på Jorden påvirkes mere af tyngdefeltet end emner fremstillet i rummet. Derfor bliver der blandt andet mere forskel på dem på tværliden end på højleden afhængigt, om objektet er fremstillet på Jorden eller i rummet.

Desuden bliver objekter oftest varmet og kølet forskelligt på grund af den omgivende lufts konvektion, når de bearbejdes. Det skaber interne spændinger i



materialet, som gør, at det slår sig. Den begrænsede tyngdefeltspåvirkning i rummet indebærer, at konvektion stort set ikke kan opstå. Så oppe på ISS vil spændinger i materialet minimeres, og det kan gøre dem stærkere.

Forsøget kan dermed give vigtig ny viden, som kan føre til bedre ressourceudnyttelse på Jorden i forbindelse med produktion ved, at man kan få stærkere produkter og samtidig bruge mindre materiale.

### **Rustfri tråd smeltes med laser og bliver til et forprogrammeret emne**

Printeren fungerer på den måde, at 3D metalprinter følger et forprogrammeret mønster og dermed opbygger det ønskede objekt. Selve objektet opbygges ved hjælp af en tynd tråd af rustfrit stål, der føres ud gennem en dyse og smeltes undervejs af en

laserstråle til den ønskede form.

”Teknisk set er det i princippet en lille svejsetråd, der smeltes fast med en laserstråle. Men den vil gøre det muligt at lave komplicerede objekter langt væk fra en konventionel produktionshal, og det er det nye og vigtige her,” forklarer John Leif Jørgensen.

Da ideen er helt ny, kræver projektet også helt særlige forholdsregler. For en metalprinter bliver varm og afgiver gasser, og det skal kunne håndteres sikkerhedsmæssigt forsvarligt ude på rumstationen. Og det er der udviklet procedurer for.

### **Fremstilling i rummet kan give bedre produkter til hverdagsbrug på Jorden**

Kortlægningen af forskellene på objekter printet på Jorden og i rummet vil dermed hjælpe forskerne med bedre

at besvare grundlæggende spørgsmål om, hvordan metaller opfører sig under forskellige termiske og mekaniske påvirkninger.

Den dybere indsigt i materialefysikken vil blandt andet kunne bruges til at reducere den sikkerhedsmargin, der typisk arbejdes med inden for eksempelvis flyindustrien.

”Fly bliver jo eksempelvis bygget stærkere end nødvendigt, fordi vi ikke ved præcis, hvordan materialerne opfører sig under påvirkning af forskellig slags. Så vi vil i princippet kunne presse mere ud af de materialer, vi bruger i dag, hvis vi på forsvarlig vis kan reducere den sikkerhedsmargin, der arbejdes med og gå tættere til grænsen,” siger John Leif Jørgensen.

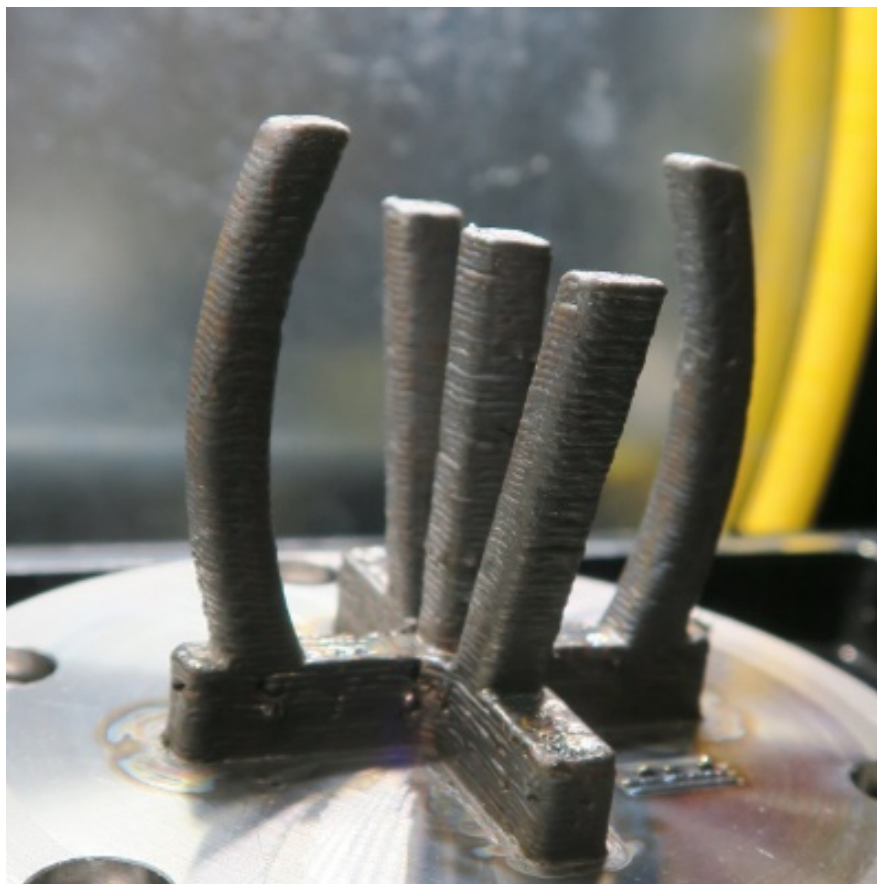
”Det kan indebære mindre materialeforbrug og hurtigere produktion, uden at



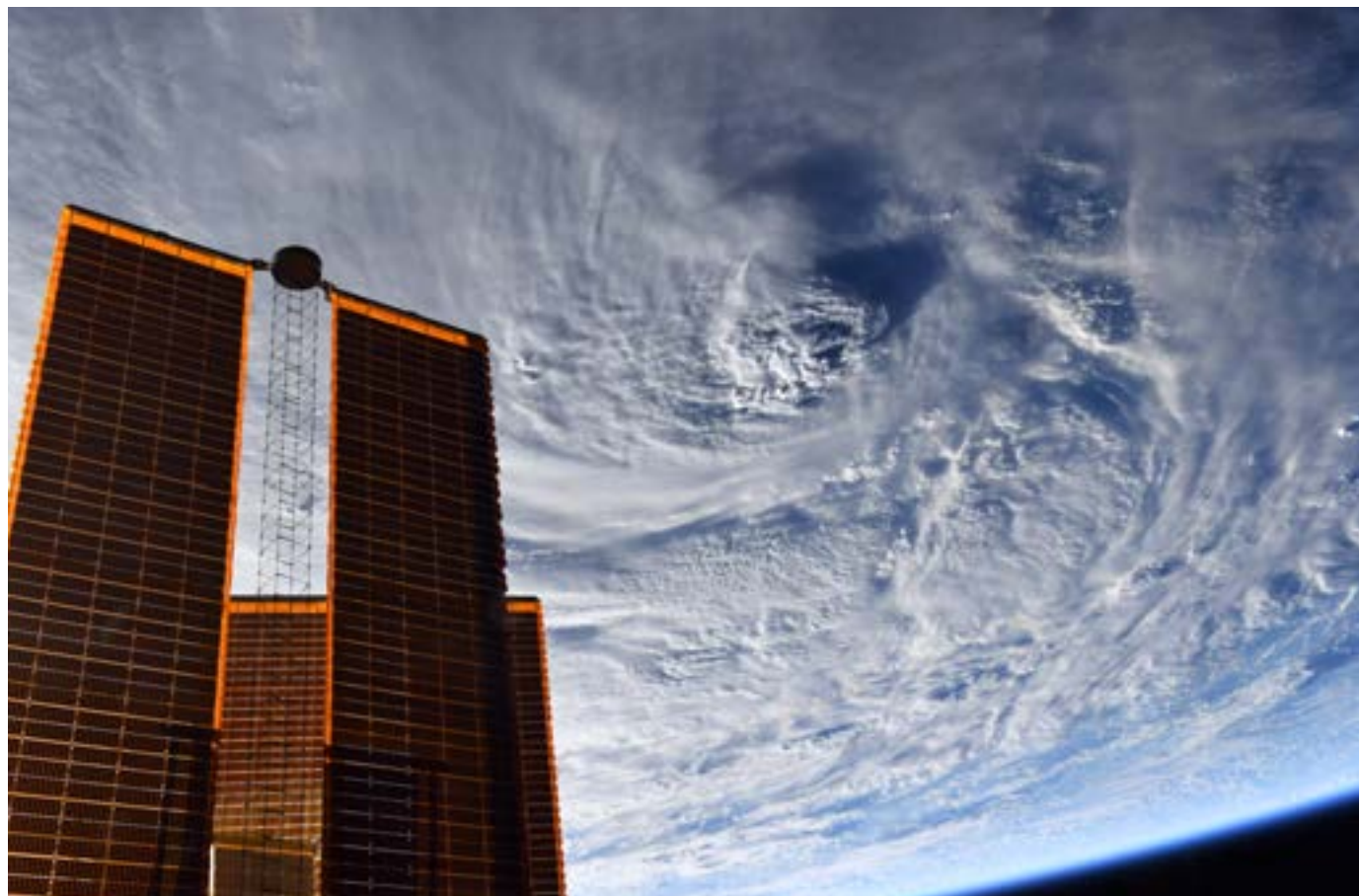
*To eksempler på tidlige test-emner i metal, printet på en test-printer, ikke den, der skal på rumstationen. Foto: DTU Space*

der slækkes på sikkerhed og holdbarhed. Det samme gælder jo for broer, biler, elcykler og alle mulige andre konstruktioner og produkter, vi benytter os af til hverdag. Så det her rumforskningsprojekt kan få betydning, som vil gavne rumfarten, men også samfundet og helt almindelige mennesker. Det er det, jeg synes er så fascinerende ved det”.

På den lidt længere bane, arbejdes også med teknikken til genanvendelse af gamle rumfartøjer og satellitter. Hvis ‘rumskrot’ kan genbruges til at printe nye strukturer i rummet, fjernes en stor udfordring for rumfarten, samtidig med at man mindsker omkostningerne ved større strukturer i rummet, såsom nye rumstationer eller solcelle energi-øer i rummet.



*Her ses et af de originale test-emner, der er 3D-printet her på Jorden på maskinen som skal ud til rumstationen.  
Foto: DTU Space*



Skyer på Jorden.

Billede: 9.september 2023, ESA/NASA, 527F9540





*Månen set over Multipurpose Laboratory Module på  
ISS den 31. august 2023.  
Billede: ESA/NASA*

# “Jeg blev ikke Danmarks første kvindelige astronaut, men nu bliver vores teknologi vægtløs sammen med Andreas Mogensen”

TEKST: Sheila Christiansen, CEO hos SpaceTech denMACH

Dansk Rumfart nummer 79 havde en artikel af Sheila Christiansen, der dengang var på vej gennem nåleøjet som officiel ansøger til at starte træning som Danmarks første kvindelige astronaut. I dag er den livslange drøm om selv at række ud mod stjernerne brast, men hendes og makkerens Alexandrus rumteknologivirksomhed SpaceTech denMACH har siden hen for alvor fået vinger og deres SATCOM-enhed denMACH ONE skal med Andreas Mogensen til ISS.

- Ja, jeg måtte på én og samme formiddag i januar erkende to livsændrende realiteter: Først blev min pigedrøm om at blive astronaut lukket og slukket. Afslaget pr email fra ESA var ret endeligt. Hvad nu Sheila? Jeg sad i bilen samme dag med min partner i SpaceTech denMACH, Alexandru Csete, da telefonen ringede. Det viste sig, at en gruppe seriøse og

tunge investorer lige havde sagt ja til en tidlig funding på 6,7 mio kr. til at sætte vores SATCOM-teknologi i produktion. Det var meget uvirkeligt og nogle måneder senere stod vi med champagne og østers i hænderne hos DLA Piper og skrev samme dag under på kontrakten sammen med anerkendte advokater og erfarne erhvervsfolk. Der er ingen tvivl om, at de kræfter

jeg brugte på at udleve min astronautdrøm ikke har været spildte, selvom det føltes sådan, dengang afslaget ramte. Jeg blev ikke Danmarks første kvindelige astronaut, men nu bliver vores teknologi vægtløs og jeg opnår som iværksætter nok en del mere indflydelse, både ude i rummet og her i verden, end jeg ville gøre som astronaut.



Andreas Mogensen med de to stiftere af SpaceTech denMACH, Sheila Christiansen og Alex Csete. Foto: Nicolas Cosedis



## DenMACH ONE åbner nye perspektiver for udbredelsen af IoT

Min medstifter og ven Alexandru Csete og jeg har med denMACH ONE udviklet en modulær IoT enhed med integrerede sensorer, lang batterilevetid, samt satellitkommunikationsradio og -antenne. Alt sammen i et knivskarpt moderne design, på størrelse med en powerbank og en vægt på under 300 gram. Da denMACH ONE benytter satellitkommunikation og ikke er begrænset af traditionelle trådløse netværk, som GSM eller 3G/4G/5G, kan enheden med stor hyppighed sende små mængder af data fra alle egne af kloden. Det vil altså sige, at denne lille lavenergi transmitter virker midt på Stillehavet, på indlandsisen eller i de fjerneste egne af Amazonas. Det åbner nogle meget spændende perspektiver, ikke blot for forskning og monitorering af store virksomheders logistik, men også for mindre erhvervsdrivende og uddannelsesinstitutioner uden kæmpestore budgetter, der vil med på IoT bølgen. Enhedens modularitet består i, at denMACH ONE har integrerede sensorer og komponenter, der uden videre kan installeres hvor som helst i verden, og sende eksempelvis accelerometer-, temperatur- og trykdata. Ydermere, kan den let integreres i eksisterende systemer, eller tilsluttes eksterne sensorer, da den benytter standard kommunikations protokoller.



*SpaceTech denMACHs IoT enhed, denMACH ONE, der skal sendes op til ISS, monteret på en LEGO SPIKE Prime robot. Foto: SpaceTech denMACH*

### Demokratisering af brugen af IoT og satellitkommunikation er nøglen til fremtiden

Vores virksomhed er grundlagt med to hovedmålsætninger: At levere teknologi til IoT-revolutionen og at gøre entry-level lettere, dvs. både billigere at implementere og lettere at bruge for mange flere. En af vores store passioner i SpaceTech denMACH er derfor også, at vi arbejder for at gøre vores teknologi relevant inden for uddannelse af børn og unge. Vi skal have danske børn og unge til at forstå perspektiverne i at mestre denne teknologi. Vi ved allerede, at de unge generationers primære fokus

er bæredygtighed, så målet med brugen af IoT behøver vi ikke belære de unge om. Vi vil i SpaceTech denMACH være med til at introducere IoT på folkeskoleniveau og afmystificere teknologien for de nye generationer, så Danmark får en frontløberrolle i verden, ligesom vi omfavnede, udviklede og spredte vindteknologien førhen. Engang var der folk, der byggede en vindmølle og blev grinet af. Der var også fremsynede og modige beslutningstagere, der engang turde sige: Her skal der være en sti kun til cykler. Og tænk på den danske kokkekultur, der fik gjort vores lille land til en gigant på verdens gourmet-scene på rekordtid. Se, hvor Danmark er nu som vindnation, gourmet-epicenter og

# Dansk IoT-teknologi skal nu testes i rummet

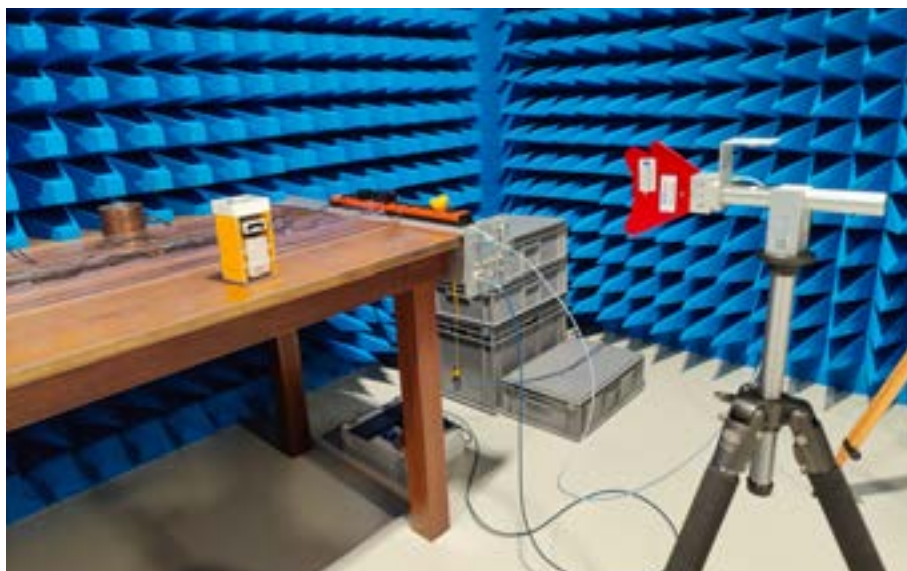
- Når Andreas Mogensen på den internationale rumstation, ISS, skal eksperimentere med denMACH ONE, får danske børn muligheden for at være med i en vaskeægte rummission i tæt samarbejde med Andreas Mogensen og forske i, hvordan levevilkårene for mennesker er i zero gravity.
- De danske børn deltager aktivt i planlægningen, indsamlingen og analysen af data og bliver del af et internationalt økosystem for rumteknologi. Andreas Mogensen skal opholde sig i rummet indtil februar 2024 på missionen Huginn. Han skal under sin udsendelse udføre fire aktiviteter med denMACH ONE, som undersøger legemer i vægtløs tilstand, under påvirkning af roterende hjul, samt geofysiske og dynamiske fænomener. De fire aktiviteter bliver til seks lektioner rettet mod folkeskoleelever i 5.-7. klasse.
- SpaceTech denMACH vælger med samarbejdet at understøtte en langsigtet strategi om at inspirere og engagere flere unge til at opdyrke digitale færdigheder og implementere IoT-teknologi, så verden i fremtiden kan reducere ressourceforbruget.
- For at vi kan løse den globale grønne udfordring, er der brug for digitale færdigheder. SpaceTech denMACH udvikler derfor både hardware, indlæringsplaner og lærermaterialer med fokus på en både legende og problemorienteret tilgang til indlæring og med et fagligt udgangspunkt, hvor alle i klassen kan være med og få hands-on oplevelser med, hvordan selskabets IoT-sensor denMACH ONE kan bruges til konkret dataindsamling.
- De data, som denMACH ONE-enheden kan indsamle globalt, vil kunne bruges til at mindske ressourceforbrug og øge effektiviteten i en række industrier, herunder den grønne energisektor, landbrug, logistik og infrastruktur.
- I 2025 vil der være over 40 milliarder aktive, IoT-drevne enheder på verdensplan.



som legendarisk cykelland. Der skal med andre ord radikale ideer til og tages nogle sats og gøres noget tidligere utænkeligt, for at vi kan lykkes med at ændre verden til det bedre. Jeg tror fuldt og fast på, at økosystemer og klynger er den bedste måde at drive en god ide og en effektiv udvikling frem.

### Transformation fra forsker til forretningskvinde

Jeg har personligt skulle gennemgå et hamskifte, og transformere mig selv en anelse fra mit udgangspunkt som raketforsker og idealistisk ingeniør-nørd, til nu at leve som en international forretningskvinde, med personlig assistent og et team, der bakker mig op i alle henseender, så jeg kan stå i spidsen for SpaceTech denMACH. Jeg har følt det som et stort privilegium at fortælle om vores teknologi til en myriade af målgrupper. I det seneste år har jeg været på adskillige rundture til Brasilien og USA, hvor nogle af verdens mest interessante konferencer, virksomheder og ministre har inviteret mig og Alex til at fortælle om vores teknologi. Disse møder med en verden, der åbenlyst har brug for og



*EMC test af enheden, der skal sendes til ISS. Testen blev udført i ESAs testfaciliteter ved ESTEC. Foto: SpaceTech denMACH*

efterspørger vores teknologi, giver os begge så megen drivkraft og arbejdsglæde. Jeg er blevet ambassadør for ikke bare mig selv og Alex, men også et stadig voksende team af ildsjæle, der har valgt at arbejde for os. Vi er netop flyttet ud i vores nye hovedkvarter i Nordhavn med udsigt til Øresund, frokostordning og højt til loftet og plads til udvidelse med nye gode hjerner. Jeg har skulle prioritere mine kræfter benhårdt for at sikre, at denne rejse, jeg nu skal stå i front for, bliver holdbar langsigtet. Mit perfektionisme-gen er ofte blevet udfordret, men jeg har lært at jeg kan stole på, at mit team har min ryg og tænker proaktivt ud i fremtiden for at

nedbryde barrierer eller undgå spidsbelastninger, som førhen har kunnet sparke benene væk under mig. Mit bedste råd til andre, der skal gå fra forskerlivet til livet som iværksætter, er nok at omgive sig med mennesker med bundsolide værdier og med så stor diversitet og personlig farverigdom som muligt. Når jeg skal rekruttere, kigger jeg derfor efter kvaliteter som entusiasme og personlighed frem for at vælge ud fra, om ansøgere har de helt rigtige papirer. På et mangfoldigt team kan man som leder også bedre føle, at man kan tillade sig at lade sin egen personlighed skinne igennem.

### Om SpaceTech DenMACH



SpaceTech denMACH's teknologi kaldes denMACH ONE: En modulær IoT enhed (med integrerede sensorer, lang batterilevetid, samt satellitkommunikationsradio og -antenne), der kan sende små mængder af data fra og til alle egne af jordkloden. Enheden skal nu testes på Andreas Mogensens Huginn mission til ISS.

**Red.: Redaktionen er blevet bekendt med at Sheila Christiansen og Alex Csete ikke længere er tilknyttet virksomheden.**

# Cirkadisk lys i rummet

TEKST: Simon D. H. Kristensen, medstifter og CTO af SAGA Space Architects

Dansk tegnestue SAGA Space Architects har udviklet en speciel lampe som simulerer dagslys og skal hjælpe Andreas Mogensen med at sove godt på den internationale rumstation. I løbet af hans ophold på rumstationen, vil han teste den nye lampe sammenlignet med den originale belysning for at se hvilken indvirkning det har på trivsel og velvære.

Vi mennesker har gennem evolution udviklet os her på Jorden med en regel der aldrig har været brudt: solen står op om morgenen og går ned om aftenen, og hvert døgn varer 24 timer. Derfor er vores cirkadiske rytme som regulerer vores søvn og kropslige processer i løbet af et døgn tæt knyttet til mængden af lys vi udsættes for.

I takt med at solen står op, bliver vores øjne eksponeret for lys som sætter gang i systemet og hjælper os med at vågne op helt naturligt.

Ligeledes, så bliver vi søvnige om aftenen, når solen er gået ned som et signal til at det nu er tid til at restituere med en god nats søvn.

Det er dog ikke altid noget der forholder sig i balance. Man kender det måske selv, når man har fået for meget lys fra sin telefon til sent ud på aftenen og så derefter har svært ved at sove. Eller omvendt, hvordan man på telttur, trods en måske ikke så behagelig luftmadras, alligevel vågner op helt frisk.

Det er lysets kraftfulde indflydelse på vores søvn og velvære.

Derfor står menneskeheden overfor en udfordring, når vi bevæger os ud i rummet mod stjernerne.

## Lys på den internationale rumstation

Den internationale rumstation suser rundt om Jorden 28.165 kilometer i timen og derfor er der 16 "solopgange" og "solnedgange" i døgnet fra



Den specialudviklede lampe. Billede: SAGA Space Architects



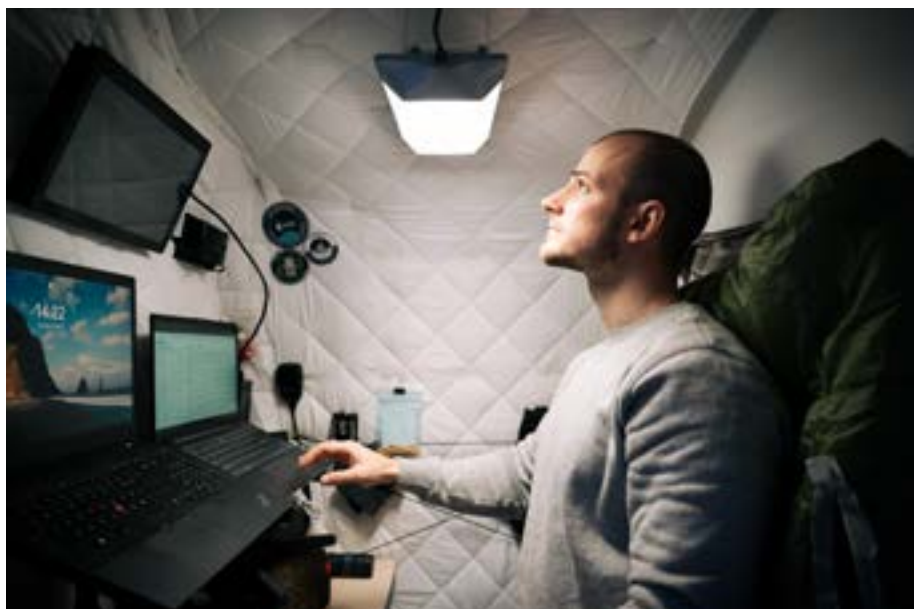
deres perspektiv. Så astronauternes øjne bliver udsat for den belysning der er på stationen, og der er heller ikke meget hjælp at hente ved et vindue fra solen. Så derfor er det nok heller ikke så overraskende, at astronauter generelt sover dårligt på rumstationen, hvor omkring 75% af dem anvender sovemedicin i løbet af deres ophold. En god nats søvn er fundamental for at arbejde fokuseret og effektivt, og derfor er det utrolig vigtigt, at astronauters velvære sættes i fokus.

Derfor er der et kæmpe behov for løsninger, som kan hjælpe menneskers trivsel i rummet. Og det bliver kun vigtigere med tiden, i takt med at astronauter bruger længere og længere tid i rummet ad gangen.

### **Cirkadisk lys til Andreas Mogensen**

Derfor har SAGA Space Architects, en lille tegnestue bosat i København's sydhavn, valgt at udvikle en version af deres cirkadiske lys til Andreas Mogensens ophold på den internationale rumstation. Den specialudviklede lampe er installeret i hans sovekabine (også kaldet hans 'Crew Quarter'), hvor den givetvis vil bidrage til hans søvnkvalitet og velvære under hans lange mission som er planlagt til at vare omkring 6 måneder.

Under hans ophold, vil han bruge SAGA's lampe ca. halvdelen af tiden, hvor han den anden halvdel anvender den almindelige lyskilde i sin sovekabine. Under





*Cirkadisk lys installeret i Andreas Mogensens sovekabine.  
Billede: ESA/NASA*

eksperimentet vil der gennem spørgeskema og tests forhåbentligt danne sig et billede af, hvordan det cirkadiske lys, som automatisk simulerer solopgange og -nedgange, bidrager til en god nats søvn og et hyggeligt rum at leve i.

Omkring kl 5.30 om morgenen, tænder lampen ligeså blidt for lidt rødt lys. Dette varer nogle få minutter, hvorefter kraftigere lys gradvist tænder og bliver mere intenst. Endeligt omkring kl 6, hvor

astronauternes dag starter, vil Andreas Mogensen have de bedste forudsætninger for at vågne op frisk og klar til dagens tætpakkede program.

I løbet af dagen, vil der være høj kvalitets lys, som har rigtig høj farvegengivningsevne, hvilket giver følelsen af at det er naturligt dagslys.

I løbet af aftenen, vil der være en simuleret solnedgang, hvorefter resten af aften timerne har et behageligt varmt lys, der er vinklet så det peger væk fra

øjnene og opleves indirekte på de ting det lyser op. Lysets spektrum er optimeret for at være behageligt, men samtidig have så lille indvirkning på søvnen som muligt, så der maksimeres for synligt lys, men den negative indvirkning er minimeret.

Endeligt vil lyset slukke helt ved hans sengetid, hvor det forholder sig slukket indtil næste morgen.

### **Videnskaben bag**

Stort set alle dyr, inklusiv mennesker, har specielle receptorer i deres øjne, som ikke er visuelle, men derimod stimulerer en anden del af hjernen som er ansvarlig for at holde takten af de kropslige processer i løbet af et døgn.

Disse fotoreceptorer (kendt som ipRGC celler), er særligt følsomme overfor lys omkring 480 nanometer i bølgelængde, hvilket ligger i den blå del af det synlige spektrum. Når øjnene udsættes for lys, hvoraf der bl.a. er blåt lys i spektrumet, vil kroppens naturlige døgnrytme blive udskudt eller fremskyndet afhængig af hvad tid på døgnet det er.

I praksis, så resulterer det i, at kroppen har det bedst med at få masser af lys, der aktiverer receptorerne om morgenen (ligesom ved en solopgang), fortsat at have det i løbet af dagen (ligesom ved dagslys fra solen), og endeligt at have begrænset lys, især uden blåt lys om aftenen (ligesom efter solnedgang på Jorden).





*Der udvikles på lampen. Billede: SAGA Space Architects*

## **Teknologien i lampen**

Det er netop dette princip som bl.a. har været til grund for designet af SAGA's cirkadiske lyspanel. Det anvender en række af forskellige LED typer, som hver har deres styrke og spektrum som de bidrager med. Gennem en nøje planlagt sekvens, skruer lampen op og ned for de forskellige LED typer automatisk, for at skabe det bedste mulige lys til ethvert tidspunkt på dagen.

Lampen skruer endda op for mere farverigt lys i løbet af morgenen og aftenen, for at gengive solopgange og solnedgange fra et oplevelsesmæssigt perspektiv, da SAGA mener at velvære og trivsel også afhænger af den subjektive

oplevelse af et fysisk rum. Det er på en måde også passende at en sådan lampe er udviklet i et land som Danmark, hvor vi har en stærk forståelse for konceptet "hygge".

## **En baggrund i design til ekstreme miljøer**

Hvordan er SAGA Space Architects endt med at designe, hvad der potentielt er den mest avancerede lampe til mennesker i rummet?

Tegnestuen blev startet i løbet af 2018 med ét mål for øje: At hjælpe mennesker med at trives i rummet, så det ikke blot handler om at overleve.

I en industri der er præget af ingeniører, bureaukrati, og

forskere, satte SAGA sig for at bidrage med design og innovation til rumindustrien, med mennesket i centrum. I løbet af de sidste 5 år har tegnestuen lavet flere simulerede måne- og marsmissioner, for at teste systemer, der skal fremme menneskelig trivsel i de mest realistiske miljøer muligt. Herunder, drog to af medstifterene på en 100 dages mission til det nordlige Grønland, hvor de boede i 60 dage i en lille "månebase", hvor den første iteration af SAGAs cirkadiske lyssystem første gang blev testet.

Lige siden, har tegnestuen lavet flere og flere projekter, der alle er et skridt på vej i deres mål om at skabe boliger til mennesker i det ydre rum.

## Potentiale på jorden

Lampen er forhåbentlig et første skridt mod sund belysning i rummet. Men der er også potentiale for en spin-off af lampen til brug på Jorden. I nordlige lande, som fx Danmark, er der utroligt mange mennesker, som er negativt påvirket af "vinterdepression", hvor der er mørkt når man står op, og mørkt når man tager hjem fra arbejdet. Her ville en lille cirkadisk lampe ligesom den på rumstationen gøre underværker for en persons velvære, hvis den blev hængt op i soveværelset ligesom i Andreas' sovekabine.



*Andreas i sin sovekabine. Billede: ESA/NASA, Jasmin Moghbeli (rumrejsen.dk)*

## Om SAGA Space Architects

# SAGA

SAGA Space Architects er en ung tegnestue med fokus på menneskelig trivsel i rummet og højteknologisk arkitektur og design på Jorden. De har specielt fokus på cirkadisk lys, 3D printede bygninger, habitat udvikling og design, samt indeklimasensorer og styresystemer til habitater. De har bygget analog træningshabitater i ørkenen, arktis og under vandet. Målet er at designe og bygge habitater til Månen og Mars i dette årti.





*En del af ekspedition 70. Til venstre Satoshi Furukawa og til højre Jasmin Moghbeli. Øverst Loral O'Hara, og nederst Andreas Mogensen.*

*Billede: 5. oktober, 2023, ESA/NASA, iss070e002205*



# Rumrelaterede uddannelser og virksomheder i Danmark

En kortlægning på vej til lærere i grundskoler og ungdomsuddannelser

TEKST: Simon Olling Rebsdorf, ph.d., seniorkonsulent, Naturvidenskabernes Hus

Danmark har oplevet en stigende interesse og aktivitet inden for rumfart og rumrelaterede områder. Dette afspejles ikke kun i forskning og udvikling, men også i uddannelsessektoren og i erhvervslivet. I en rapport foretaget af Naturvidenskabernes Hus og ESERO DK kortlægges rumrelaterede uddannelser og virksomheder i Danmark med særlig relevans for lærere på skoler og gymnasier. Kortlægningen bliver tilgængelig i starten af 2024.

## Indledning

Danmark er en nation, hvor der i stigende grad forskes, udvikles, produceres og uddannes til rumfart og rumrelaterede aktiviteter. Også kunstig intelligens anvendes til fortolkning af store datamængder fra satellitter. Og vi ser en stigning i antallet af start-ups og scale-ups på dette område. Samtidig undervises der på ungdomsuddannelser og videregående uddannelser i rumrelaterede emner, og der uddannes fx faglærte til rumindustrien.

I et forsøg på en kortlægning af en lettere flygtig branche undersøger vi en bred vifte af danske uddannelser og virksomheder, der beskæftiger sig med rumrelaterede emner og aktiviteter. En vigtig afgrænsning er STEM-fagene, fordi kortlægningens opdrag er at klæde aktører på i uddannelsessektoren, særligt lærere inden for de naturvidenskabelige fag, til at kunne finde og gå i dialog med uddannelser og virksomheder og vise, at der er spændende uddannelses- og karrieremuligheder for de unge generationer inden for rumfart.

Rapporten er således en kortlægning af rumrelaterede uddannelser og virksomheder, herunder afgrænsning af begrebet rumrelateret. Rapporten bliver tilgængelig på Naturvidenskabernes Hus (nvhus.dk) og ESERO.dk i begyndelsen af 2024.

## Formål med kortlægningen

Kortlægningen skal præsentere lærere i grundskolen og på ungdomsuddannelser for karrieremuligheder inden for rumrelaterede områder. Vi ønsker også at demonstrere, at rumarbejde spænder bredt og ikke kun omfatter traditionelle roller som astronauter og astrofysikere fra akademiske uddannelser. Fokus er på uddannelser inden for STEM-fagene (Science, Technology, Engineering & Mathematics) og virksomheder, der aktivt bidrager til rumsektoren.

## Vi ser på os selv lige så meget som vi ser ud i rummet

Tidligere var hovedparten af rumagenturernes aktiviteter udforskning af rummet. Men i dag rettes omtrent halvdelen af det europæiske

Læs rapporten med kortlægningen på:

[nvhus.dk](https://nvhus.dk) [ESERO.dk](https://esero.dk)



rumagentur ESA's ressourcer mod denne mere traditionelle udforskning af rummet, hvorimod den anden halvdel af rumaktiviteter nu er jordobservationer, hvilket afspejler vigtigheden af at forstå og forvalte vores klode gennem avancerede teknologier og rumbaserede observationer. Betonningen af jordobservationer understreger vigtigheden af, at rumteknologier kan adressere globale udfordringer og belyser det store potentiale inden for dette felt. Denne procentfordeling afspejles også i fordelingen af rumfartsvirksomheder her i landet. Men landets universiteter er offentlige virksomheder, der arbejder aktivt med både traditionel rumforskning og med den





*Rumvirksomheders konferencestande i oktober 2023, hvor Syddansk Universitet var vært for den årlige Rumkonference for rumerhvervet. Rumstanden er et samarbejde mellem DI, Industriens Uddannelser, ESA, FORCE Technology, Industriens Fond, Novo Nordisk Foundation, TERMA Group og Uddannelses- og Forskningsministeriet. Billede: Frederik Lunding, SDU*

type rumfart som repræsenteres af det danske rumerhverv.

### **Hvornår noget er "Rumrelateret"**

En kortlægning er ikke mulig uden en klar afgrænsning af feltet – vi nødt til at træffe nogle valg. For afgrænsningen af begrebet rumrelateret varierer afhængigt af organisationen, der bruger begrebet – og dennes rummissioner. Men både ESA (Det Europæiske Rumagentur) og NASA (National Aeronautics and Space Administration) opererer inden for rumsektoren med varierende fokus og ansvarsområder, og de deler nogle generelle skillelinjer for afgrænsning af, hvad der er rumrelateret. Så for at skabe klarhed, afgrænser vi begrebet "rumrelateret" ved at

betragte aktiviteter som udforskning af rummet, jordobservationer, satellitteknologi, rumteknologi og innovation samt internationalt samarbejde og bemanded rumfart.

Rumbegrebet kan udvides og ændres over tid i takt med teknologiske fremskridt og skiftende videnskabelige prioriteter. ESA og NASA fastlægger deres egne specifikke mål og prioriteringer baseret på deres missions- og visionserklæringer, og offentliggør således deres forståelse af, hvad der udgør "rumrelaterede" aktiviteter i deres programmer. En vigtig skelnen i rumbranchen er mellem "upstream" og "downstream" aktiviteter. Upstream omfatter aktiviteter tættere på eller i selve rummet, dvs. fysiske objekter, der sendes ud i rummet, mens downstream

dækker aktiviteter efter opsendelse, inklusiv dataindsamling og anvendelser af rumteknologi på Jorden.

### **Rumfart er ikke alt**

I en uddannelsesmæssig sammenhæng er det vigtigt at bemærke, at der uden for begrebet rumfart er mange andre menneskelige aktiviteter omkring fænomener uden for Jorden. Udover rumfart omfatter rumrelaterede områder navigation ved hjælp af stjerner, exo-geologi, astrobiologi, astronomi, kosmologi, astrodynamik, radioteleskopi, rumteleskoper, SETI, planetvidenskab, asteroide- og kometjagt, meteoritforskning og UFO-undersøgelser. Som underviser er det heldigvis stadig muligt

didaktisk at kombinere disse måske mere bredt appellerende og motiverende rumtemaer med mere teknologiske rumfartselementer, som dækkes af det danske rumerhverv.

Mange virksomheder og industrier anvender satellitdata til en bred vifte af formål, og der er sektorer, hvor anvendelsen af satellitdata er udbredt. De virksomheder, hvor STEM-fagene spiller en fremtrædende rolle, medtages i vores kortlægning, men det bemærkes, at det er umuligt at fremtvinge en entydig afgrænsning – og i en både uddannelsesmæssig og karrieremæssig sammenhæng kan det være en pointe i sig selv, at man reelt arbejder på tværs af forskellige fag, når det handler om rumrelaterede aktiviteter. Og en selvstændig pointe kan være, at det kan tydeliggøre, at STEM-fagene ikke står alene, men i et indbyrdes vekselspil indgår som vigtige elementer i samfund og kultur. Sektorerne er:

Landbrug, telekommunikation, transport og logistik, miljøovervågning, energi, forsvar og sikkerhed, geografiske Informationssystemer (GIS), meteorologi, forskning og uddannelse.

Områderne illustrerer bredden af sektorer, der drager fordel af satellitdata, og dette er kun et udsnit af de mange anvendelsesområder. Fx bruger ejendoms- og



*Søren Storm, udviklingskonsulent ved Naturvidenskabernes Hus, underviser her nogle elever i kodning i forbindelse med et nyt Astro Pi-forløb.*

*Billede: Anders Bruun, Experimentarium*

forsikringsbranchen også flittigt satellitdata, men den tælles ikke med i kortlægningen. Brugen af satellitdata fortsætter med at udvikle sig, hvilket åbner for nye muligheder inden for forskellige industrier.

Gennem denne afgrænsning sigter vi mod at præsentere lærere for en mangfoldighed af karrieremuligheder i rumrelaterede områder og samtidig fremhæve, at faglærte kan finde meningsfulde opgaver inden for dette spændende felt.

### **Afgrænsning af "Rum-Relateret"**

Vi afgrænser altså begrebet "rumrelateret" ved at medtage virksomheder og uddannelser med aktive bidrag til både rumforskning, rumudforskning og udvalgte typer af jordobservationer. Og for undervisere skal der tillige være et STEM-relevant element i aktiviteten for at tælle med. Vi udelukker

generiske anvendelser, men inkluderer fx visse forsvars- og maritime sektorer, GIS og klimatilpasning.

### **Eksisterende kortlægning**

Vi refererer til tidligere kortlægninger af rumområdet i Danmark fra 2015 og 2018, men vores kortlægning opdaterer oplysningerne for at afspejle den nuværende status og udvikling inden for rumrelaterede uddannelser og virksomheder med et læringssigte.

En detaljeret uddannelsesrelateret kortlægning af rumrelaterede uddannelser og kurser i Danmark er fremlagt med et entydigt uddannelsesfokus. Den er udført af seks danske universiteter i 2021, og den er tilgængelig på Aarhus Universitets hjemmeside. Kortlægningens hovedbudskab er, at ruminteresserede studerende kan vælge mellem mere end 200 kurser



på seks danske universiteter. Kortlægningen tjener det formål at kunne give undervisere og studievejledninger indsigt, som kan inspirere studerende til at tage kurser på andre universiteter. Flere og flere kurser gives online, og det bidrager yderligere til muligheden for, at den enkelte studerende får ekstra kompetencer, der kan resultere i et spændende job.

Der er flere ungdomsuddannelser, der uddanner inden for områder relateret til rumteknologi. Mange erhvervsuddannelser uddanner fx faglærte inden for områder relateret til rumteknologi. Der findes dog ikke tydelige,

uddannelsesmæssigt organiserede studieretninger på danske ungdomsuddannelser, som eksplicit er rumrelaterede. Men mange uddannelser kan oplagt bruges i rumrelaterede jobs og i rumindustrien, ligesom i andre stillinger inden for STEM-fagene – og også inden for andre fagområder. Mange virksomheder laver produkter og elementer til rumfart, fx de dyser, der nedkøler raketten, som Andreas Mogensen blev sendt op med til ISS.

Blandt rumrelaterede erhvervsuddannelser er: Industritekniker, smed, elektronikfagtekniker og automatiktekniker.

## Rumrelaterede netværk

Der er flere formaliserede netværk i Danmark, der arbejder aktivt inden for rumområdet: Censec, IDA Space, Dansk Industri Space samt Book en ekspert (Engineer the Future), og Videnskab.dk har et tema, "Rumreisen", om rummet. Hertil findes der danske websites målrettet børn og unge: space.au.dk,, BlivAstronaut.dk og vildmedrummet.dk.

Det er vores håb, at den kommende kortlægning kan blive et nyttigt værktøj for undervisere og vejledere, der ønsker at inspirere elever til at forfølge jobs inden for rumrelaterede områder. Vi håber også, at



*I anledning af rumindustriens årlige konference blev også afholdt Ungdommens Rumkonference, hvor ESERO præsenterede nye undervisningsforløb, der tager udgangspunkt i fem af de ti forskningseksperimenter, som Andreas Mogensens udfører på den internationale rumstation. Billede: Frederik Lunding, SDU*



den kan øge bevidstheden om de spændende muligheder inden for rumsektoren og inspirere den næste generation af rumforskere og entusiaster.

Til formidling målrettet lærere udarbejder Naturvidenskabernes Hus og ESERO DK en oversigtsfolder på fire sider med nedslag og vigtigste pointer, som har relevans for undervisere i grundskolen og på ungdomsuddannelser.

*Oliver er elektronikfagtekniker lærling hos Terma.*

*Billede: Anni Nordahl*

## ESERO Denmark

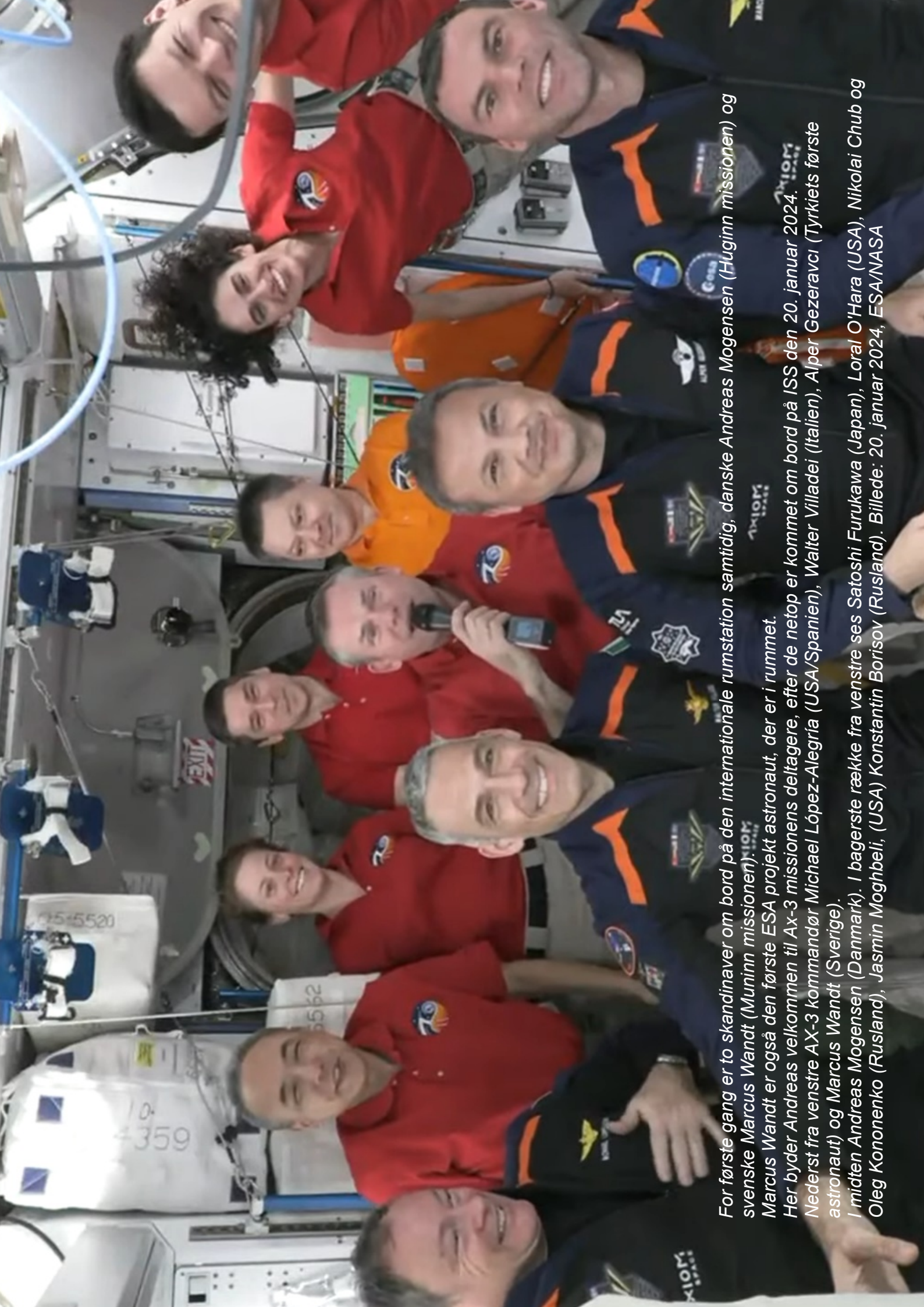


Kortlægningen er en aktivitet under signaturprojektet "Virksomheder i Rumfart", der indgår i det store nationale formidlingsprojekt Rumrejsen. ESERO Denmark er den danske platform for rummet i undervisningen, både i grundskolen og på ungdomsuddannelserne. Vi er en del af et internationalt netværk i den europæiske rumfartsorganisation, ESA's, medlemslande. I forbindelse med den danske ESA-astronaut Andreas Mogensens mission til ISS har ESERO Denmark været rygraden i skoleaktiviteterne omkring Rumrejsen 2023.

ESERO Denmark blev etableret i kølvandet på projektet Rumrejsen 2015 i forbindelse med Andreas Mogensens første rummission, som satte rumfart på skoleskemaet for børn og unge i hele landet.

**[www.esero.dk](http://www.esero.dk)**





For første gang er to skandinaver om bord på den internationale rumstation samtidig, danske Andreas Mogensen (Huginn missionen) og svenske Marcus Wandt (Muninn missionen). Marcus Wandt er også den første ESA projekt astronaut, der er i rummet. Her byder Andreas velkommen til Ax-3 missionens deltagere, efter de netop er kommet om bord på ISS den 20. januar 2024. Nederst fra venstre AX-3 kommandør Michael López-Alegria (USA/Spanien), Walter Villadei (Italien), Alper Gezeravcı (Tyrkiets første astronaut) og Marcus Wandt (Sverige). I midten Andreas Mogensen (Danmark). I bagerste række fra venstre ses Satoshi Furukawa (Japan), Loral O'Hara (USA), Nikolai Chub og Oleg Kononenko (Rusland), Jasmin Moghbeli, (USA) Konstantin Borisov (Rusland). Billede: 20. januar 2024, ESA/NASA





#WhatYouLoveYouWillProtect

## Billeder af Jorden taget under Huginn missionen



*Tenerife, den største ø på De Kanariske Øer.  
Billede: 28. september 2023, ESA/NASA, 448A0157*



*Danmark og en del af Sverige set fra ISS.  
Billede: 16. oktober 2023, ESA/NASA, 538A0683\_cr*





*Anegada, en af øerne i de Britiske Jomfruøer.*

*Billede: 23. september 2023, ESA/NASA, Anegada\_270L0159\_60-Pano*



*Byen San Miguel i El Salvador set fra oven med de to vulkaner, Chinameca og San Miguel. Billede: 16. september 2023 , ESA/NASA 508F3672 alt*



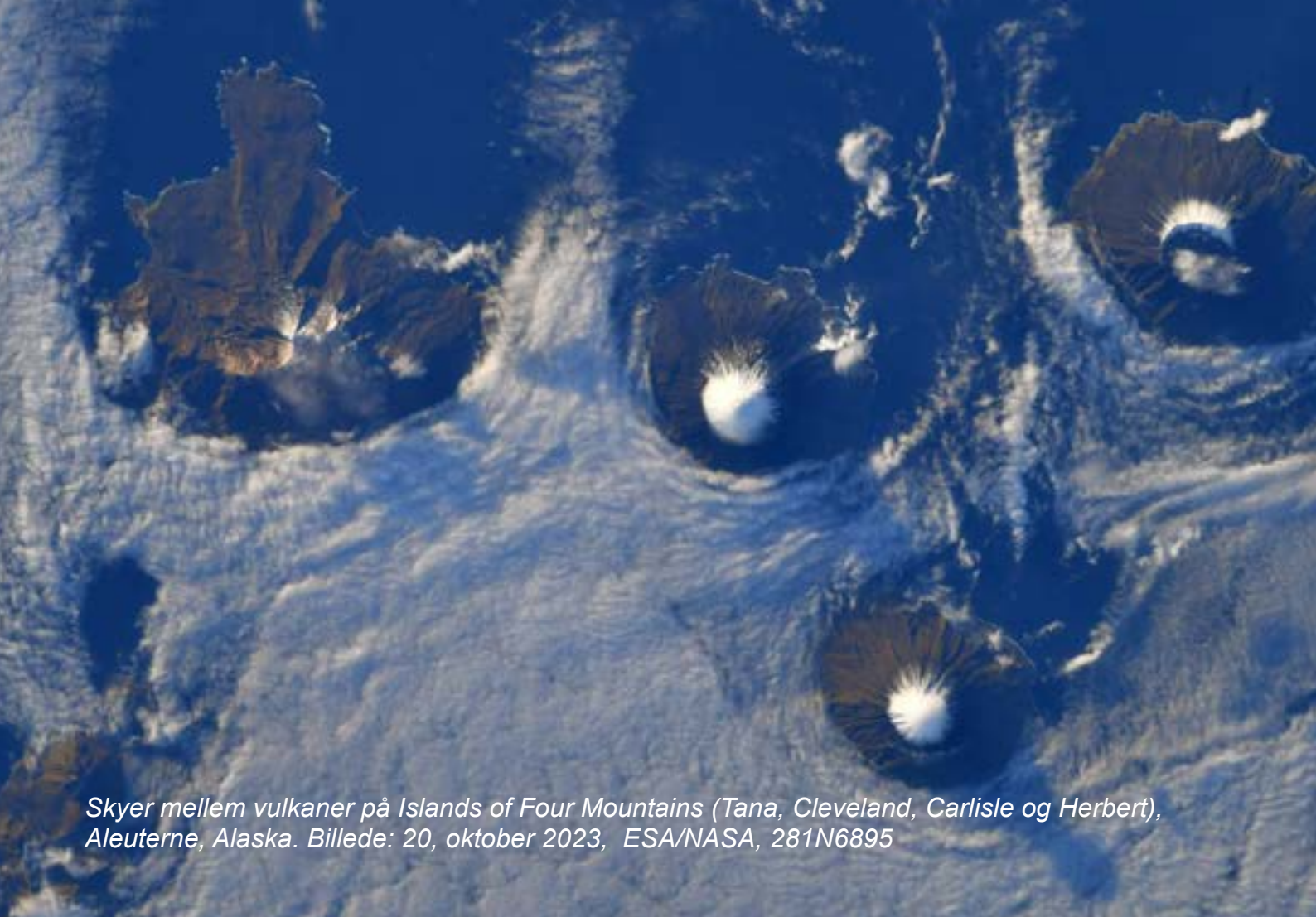


*Vand og land. Namib-ørkenen ved Namibias vestkyst, der strækker sig helt ud til Atlanterhavet. Billede: 11. september 2023, ESA/NASA, 527F9579*



*New Zealands nordlige ø set fra ISS. Billede: 7. september 2023, ESA/NASA, 527F9461*





*Skyer mellem vulkaner på Islands of Four Mountains (Tana, Cleveland, Carlisle og Herbert), Aleutterne, Alaska. Billede: 20. oktober 2023, ESA/NASA, 281N6895*



*Flod, der snor sig gennem Columbia i Sydamerika.  
Billede: 23. september 2023, ESA/NASA, 270L0147*



*Mount Nemrut, en sovende vulkan i Tyrkiet. Caldera med sø.  
Billede: 23. november 2023, ESA/NASA, 631B4746*



*Isbjerge i den sydlige del af Atlanterhavet set fra ISS.  
Billede: 21. november 2023 ESA/NASA, 538B0603*



*Billedet er taget fra Crew Dragon Endurance rumfartøjet, der bragte Crew 7 med Andreas til ISS, her nærmende sig ISS. Månen ses foroven i midten og den internationale rumstation kan skimtes lidt længere nede ude til højre. Billede: ESA/NASA, august 2023, IMG\_0213*



# Ekspedition 69-70 og de internationale eksperimenter på ISS

TEKST: Lykke Pedersen, formand for Dansk Selskab for Rumfartsforskning

Flyvende rundt om Jorden ca. 400 kilometer oppe findes et unikt forskningsmiljø, der gør forskning mulig, der ikke er mulig på Jorden: den internationale rumstation, ISS. Her udføres en lang række eksperimenter indenfor biologi, fysik, human forskning og jord- og rumobservationer, bl.a. nogle ESA eksperimenter, der finder sted i løbet af ekspedition 69 og 70, mens den danske ESA astronaut Andreas Mogensen opholder sig på ISS.

## Ekspedition 69

Da den danske astronaut Andreas Mogensen var kommet op til ISS og den 27. august 2023 bevægede sig ind gennem lugen til rumstationen, startede Huginn missionen, der er navnet på Andreas Mogensens mission. Sammen med de øvrige besætningsmedlemmer i Crew 7, som han ankom til

ISS med, blev han samtidig også en del af ekspedition 69. Den gruppe mennesker, der opholder sig på ISS og bruger rumstationen til eksperimenter og test, indgår i det, der kaldes en ekspedition. Ekspedition 69 bestod da af SpaceX Crew 6 (Stephen Bowen, Warren Hoburg, Sultan Alneyadi og Andrey Fedyaev), samt SpaceX Crew 7 (Andreas Mogensen,

Jasmin Moghbeli, Satoshi Furukawa og Konstantin Borisov) og NASA astronauten Frank Rubio og de to kosmonauter Dmitry Petelin og Sergey Prokopyev. Der var dermed 11 personer på rumstationen frem til den 3. september 2023, hvor SpaceX Crew 6 forlod ISS.

## Ekspedition 70

Huginn missionen spænder både over ekspedition 69 og 70. Den 15. september ankom Soyuz MS-24 besætningen til ISS med NASA astronauten Loral O'Hara og de to kosmonauter Oleg Kononenko og Nikolai Chub. Der var så ti personer på ISS.

Den 26. september 2023 blev Andreas Mogensen kommandør på ISS, den internationale rumstation efter Sergey Prokopyev, der ved en ceremoni overdrog en symbolsk nøgle til Andreas. Rollen som kommandør omfatter at skulle varetage kontakten til kontrolcentret på Jorden, og at sørge for at alle i teamet trives med at udføre de mange forskellige opgaver på ISS. I tilfælde af kritiske



Expedition 70 begyndte den 27. september 2023. Forrest fra venstre ses Andreas Mogensen, ESA og Jasmin Moghbeli, NASA med mission patch for ekspedition 70. Bagerst fra venstre Nikolai Chub, Konstantin Borisov og Oleg Kononenko (alle tre fra ROSCOSMOS) samt Satoshi Furukawa, JAXA og Loral O'Hara, NASA. Billede: ESA/NASA



situationer, er det også kommandøren, der tager afgørende beslutninger. Den 27. september forlod Sergey Prokopyev, Dmitry Petelin og Frank Rubio rumstationen og så begyndte ekspedition 70, der varer frem til en gang i foråret 2024. Andreas er dermed den ESA astronaut, der har været kommandør på ISS i længst tid.

Billedet på venstre side viser den samlede ekspedition 70, der ligesom Huginn missionen og Crew 7 også har en mission patch - den ses mellem Jasmin og Andreas. I løbet af ekspedition 70 (den 20. januar 2024) ankom også Axiom Mission 3 (Ax-3), en kommerciel rummission på ca. to uger med fire deltagere, bl.a. den svenske ESA projekt astronaut Marcus Wandt, til ISS (se billede side 45).

## Internationale eksperimenter

Der er i tidens løb foretaget ca. 3.000 eksperimenter på ISS, og mange flere er på vej. NASA opdeler en ekspedition i en række kategorier som f.eks. teknologi og human forskning. Derudover laves der en opdeling i eksperimenter og faciliteter. En facilitet kan være forskellige ting. Den kan bruges til at huse et eksperiment eller en undersøgelse eller den kan være udstyret med kapaciteter, der er unikke for en undersøgelse eller et eksperiment, eller faciliteten kan selv være en teknologi demonstration eller en undersøgelse.



*Ekspedition 69 den 21. september 2023 med ti medlemmer. De øverste syv personer blev den 27. september til ekspedition 70 på ISS. Nederst fra venstre ses NASA astronaut Frank Rubio og ROSCOSMOS kosmonauterne Sergey Prokopyev og Dmitri Petelin, der et par dage senere rejste tilbage til Jorden.*

*Billede: NASA, iss069e092197, 21. september 2023*

Til hver ekspedition er der tilknyttet en lang række eksperimenter. Nogle eksperimenter spænder over nogle få ekspeditioner, andre eksperimenter udføres i mange ekspeditioner hen over en årrække. ISS har laboratoriemoduler, hvor der kan udføres eksperimenter, f.eks. NASAs Destiny modul, JAXAs Kibo modul (vist på billedet s. 54) og ESAs Columbus modul, hvor der indtil videre er gennemført mere end 250 eksperimenter. CSA (Canadian Space Agency) har bidraget til ISS med robotarmen "canadaarm2". I ekspedition 69 og 70 er der (november 2023) 289 eksperimenter og der er 76 faciliteter. Heraf er de 185 eksperimenter fra NASA, 4 eksperimenter er fra CSA, 7 er fra ROSCOSMOS og der er 35 fra JAXA som vist i

figur 1, øverst. Nederst i figur 1 ses, at den største kategori er teknologi.

## ESA eksperimenter i ekspedition 69 og 70

Ud af de 289 eksperimenter i ekspedition 69 og 70 er der 58 ESA eksperimenter (november 2023). De ti af dem er danske og er beskrevet i dette nummer af Dansk Rumfart samt i Dansk Rumfart nr. 80. Fem af de danske eksperimenter falder ind under kategorien teknologi (vandrensning; cirkadisk lys; 3D metal print; wearable til rummet og ekstreme miljøer; virtual reality til motion i rummet) og de øvrige danske eksperimenter hører under kategorierne human forskning, jord- og rumobservationer og

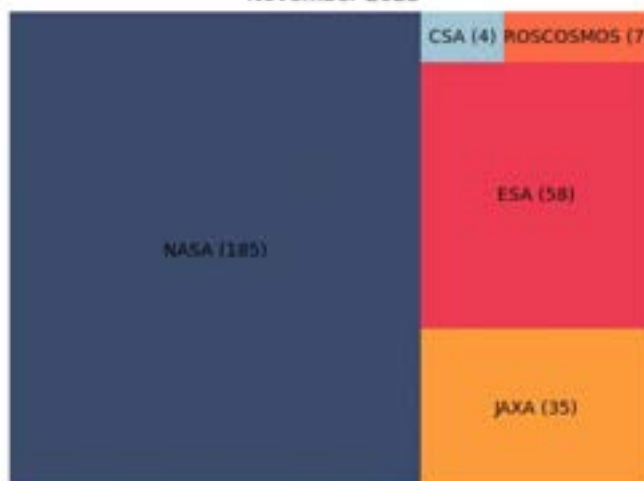
uddannelse. I figur 2 ses fordelingen på kategorier af ESA eksperimenterne for ekspedition 69 og 70. På næste side i tabel 1 ses de ESA eksperimenter i ekspedition 69 og 70, der ikke er danske. Tabel 2 viser ESA faciliteterne i ekspedition 69 og 70. I de næste afsnit beskrives nogle af disse ESA eksperimenter. Nogle eksperimenter foregår inde i rumstationen, nogle finder sted uden for rumstationen, og i andre eksperimenter kan der være målinger før, under og efter missionen i forbindelse med human forskning.

### Eksperimenter inde i rumstationen

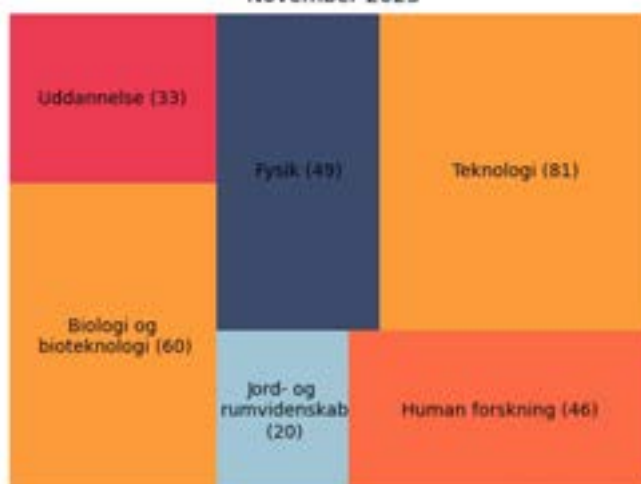
*ANITA-2 (Analysing Interferometer for Ambient Air)* er en teknologi demonstration bestående af en infrarød sporgasmonitor, der kan overvåge 33 sporgasser i rumstationen. Den kører automatisk i baggrunden og målingerne sendes ned til Jorden mindst en gang om dagen. Ud over at overvåge luftkvaliteten i rumstationen kan teknologien også anvendes i andre sammenhænge med lukkede rum som f.eks. i ubåde.

*Surface Avatar* er også en teknologi demonstration af hvordan man kan styre robotter fra rummet over store afstande. Astronauter ombord på ISS skal styre robotter, der arbejder sammen om at løse en kompleks opgave. Der bruges en force-feedback teknologi, der kan give en bedre føling med hvordan robotterne rører ved og håndterer genstande.

Ekspedition 69-70, eksperimenter fordelt på rumagenturer  
November 2023



Ekspedition 69-70, eksperimenter fordelt på kategorier  
November 2023



Figur 1. 289 eksperimenter i ekspedition 69-70 fordelt på rumagenturer (øverst) og kategorier (nederst).  
Data: NASA, november 2023. Illustration: Lykke Pedersen



JAXA astronauten Satoshi Furukawa arbejder på et materiale forskningseksperiment i Kibo modulet under ekspedition 70.  
Billede: 29.september 2023, NASA, iss070e000556



Nogle eksperimenter skal bare pakkes ud og stilles op, som f.eks. NASA uddannelsesaktiviteten *Choctaw Heirloom Seeds*, der blev sendt op til ISS med SpaceX CSR 29 den 8. november 2023, hvor fem forskellige slags frø skal opholde sig på ISS i et stykke tid, og derpå skal tilbage til Jorden, hvorpå studerende skal sammenligne vækst af disse frø med vækst af frø, der ikke har været på ISS.

Et af biologi/bioteknologi eksperimenterne er *Cerebral Ageing*, der går ud på at undersøge, om menneskelige cerebrale organoider (3D mini hjerner dyrket på Jorden ud fra stamceller) viser tidligere tegn på aldring i rummet, og i hvor høj grad dette kan skyldes stråling og/eller vægtløshed (se billede s. 56).

### Målinger før og efter en mission

I human forskning er astronauterne selv en del af eksperimenterne og der foretages målinger på dem. Nogle gange på landjorden allerede før og igen efter en mission. Et eksempel på dette er eksperimentet *Brain-DTI*. Her får astronauterne foretaget en MRI-scanning af hjernen før og efter missionen

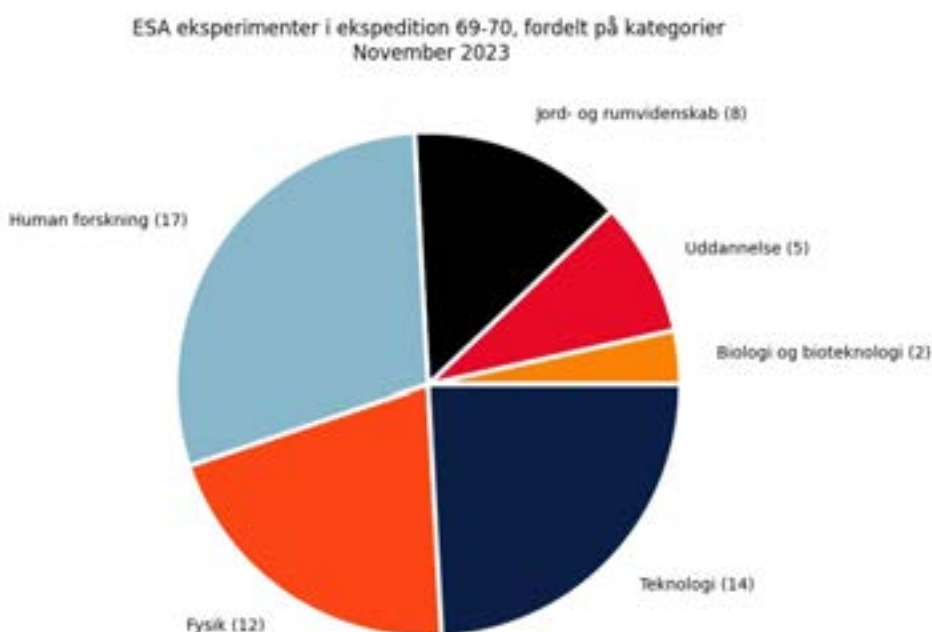


Fem slags Choctaw frø i Cupola-modulet.  
Billede: NASA, 21. november 2023, iss070e028323



Andreas Mogensen ved eksperimentet ANITA-2, der konstant overvåger luftkvaliteten ombord på ISS.

Billede: 12. oktober 2023, NASA iss070e003139\_alt



Figur 2. 58 ESA eksperimenter i ekspedition 69 og 70 fordelt på kategorier. Human forskning er en af de store kategorier.

Data: NASA, november 2023. Illustration: Lykke Pedersen

for at se, hvordan hjernen påvirkes af at have været i vægtløshed. Formålet med det er at observere hjernens plasticitet og at undersøge om det er muligt at forebygge skadelig effekt på hjernen af vægtløshed. Der indsamles også blodprøver på astronauterne før og efter

en mission som i eksperimentet *Epigenetic Adaption*, hvor man vil undersøge, om der er opstået ændringer i generne for immun systemet som følge af de særlige omgivelser som ISS udgør, når astronauterne opholder sig der i mere end seks måneder.

Andreas Mogensen i gang med eksperimentet Cerebral Ageing, efter at hjerneceller lavet ud fra stamceller dyrket på Jorden er ankommet til ISS. Billede: ESA/NASA, 17. nov. 2023, 520D5613



## Eksperimenter uden for rumstationen

*m-NLP* (multi Needle Langmuir Probe) eksperimentet finder sted på Bartolomero platformen på den ydre side af Columbus modulet. Det undersøger hvordan partikler fra Solen interagerer med de øverste dele af Jordens atmosfære. Målet er at kunne give bedre varslinger for rumvejret og at kunne forudsige hvornår GNSS systemets signaler kan blive forstyrret. Et andet eksempel er *ASIM* (Atmosphere-Space Interactions Monitor), der er et dansk ledet projekt. ASIM blev installeret på ydersiden af Columbus modulet i 2018, hvor den kører automatisk i baggrunden og indsamler data. Det primære mål med ASIM er at observere røntgenglimt fra tordenskyer, TGF (*Terrestrial Gamma-ray*

### Biologi og bioteknologi

Immune Cell Activation. Cerebral Ageing.

### Human forskning

ARED Kinematics. Muscle Tone in Space (Myotones). Bone Digital Twin (Bone on ISS). Immunity Assay. Muscle Stimulation. The Lumbar Pain in Space. The Acoustic Upgraded Diagnostics In-Orbit (Acoustic Diagnostics). Brain-DTI. Cervical Spine and Muscle Adaptation after Spaceflight and Relationship to Herniation Risk (Cervical in Space). Effects of Prolonged Spaceflight on DNA Methylation Age. Epigenetic Adaptation of the Immune System to Prolonged Orbital Spaceflights. GRIP. Immuno-2. Immunity Assay. Patterns. Sleep Monitoring in Space with Dry-EEG Headband (Dreams).

### Jord- og rumvidenskab

Exobiology. ASIM. ESA-Biofilms. Exocube. IceCold. OREOcube.

### Fysik

DOSIS-3D. Fluid Dynamics in Space (FLUIDICS). Granular Sound Characterization. Materials Science Lab Batch 3a-ESA. Material Science on the Solidification of Concrete (Concrete Hardening). Plasma Kristall-4 (PK-4). FSL Soft Matter Dynamics - Hydrodynamics of Wet Foams (Foam Coarsening). Granular Sound Characterization (Granular Sound). Material Science on the Solidification of Concrete (Concrete Hardening). Transparent Alloys – Metastable Solidification of Composites: Novel Peritectic Structures and In-Situ Composites (METCOMP). Multi-Needle Langmuir Probe (m-NLP). Plasma Kristall-4 (PK-4). Transparent Alloys-SEBA. Transparent Alloys - SETA Experiment. Particle Vibration.

### Teknologi

ECHO. Analyzing Interferometer for Ambient Air-2 (ANITA-2). Crew Interactive MOBILE companion (Cimon). Fiber-optic Active Dosimeter (Lumina). Extra Virgin Olive Oil in Space (EVOO in Space). EveryWear. Advanced System for Space Food (Food Processor). Microbial Aerosol Tethering on Innovative Surfaces in ISS (MATISS). Surface Avatar: Multi-Avatar and Robots Collaborating with Intuitive Interface (Surface Avatar). Wireless Compose-2.

Tabel 1. ESA eksperimenter (ikke danske) i ekspedition 69 og 70 fordelt på kategorier.  
Kilde: NASA, november 2023.



Flashes) og TLE (*Transient Luminous Events*). Data fra ASIM bliver brugt af videnskabsfolk fra hele verden.

Forståelse af disse fænomener kan give et indblik i hvordan Jordens atmosfære beskytter os mod stråling fra rummet. Eksperimenterne ombord på ISS kan også give os viden, der er nødvendig for at kunne planlægge missioner videre ud i rummet til Månen og senere til Mars.

Kilder: ESA/NASA



NASA astronauterne i ekspedition 70 Jasmin Moghbeli og Loral O'Hara foran Cold Atom Lab, der er et eksempel på en facilitet til fysik ombord på ISS.

Billede: NASA, 12. oktober 2023, iss070e003191

### **Fysik**

MSL, Materials Science Laboratory. EML, Electromagnetic Levitator. FSL, Fluid Science Laboratory.

### **Human forskning**

EPM, European Physiology Module

### **Multiformål**

European Drawer. BioLab, Biological Experiment Laboratory. LSR, Life Support Rack.EDR-2, European Drawer Rack-2. ICE Cubes Facility, International Commercial Experiment Cubes Facility. Bartolomero.

Tabel 2. ESA faciliteter knyttet til ekspedition 69-70, bl.a. Bartolomero platformen, der bruges til m-NLP eksperimentet. Kilde: NASA, november 2023.

# Forskelligt



Billede: IDA Space

## Lyt til podcast med Andreas Mogensen

IDA Space Talks er en rumpodcast med fokus på forskningen, fortællingen og fascinationen af rummet.

I episode 25 fangede vi Andreas Mogensen lige før han drog op til ISS. Hør om glæden, udfordringerne og det praktiske ved et 6 måneders ophold i vægtløs tilstand højt over jordkloden. Vi besvarede også spørgsmål fra IDA Spaces nysgerrige medlemmer om livet på ISS, Soyuz vs. Crew Dragon og om der er astronomi på astronautskolen. Find IDA Space Talks i din favoritpodcastapp og del vores passion for det uendelige rum.

#IDASpaceTalks

<https://linktr.ee/idaspacetalks>



Dansk Selskab for  
Rumfartsforskning

## Dansk Selskab for Rumfartsforskning fylder 75 år

Dansk Selskab for Rumfartsforskning blev grundlagt den 20. september 1949 og har dermed 75 års jubilæum i 2024. Selskabet er gennem årene blevet drevet af frivillige, heriblandt kan nævnes Steen Lærke, der i 2024 har varetaget posten som kasserer i 40 år. En helt ekstraordinær indsats.

Selskabet var med til at grundlægge IAF (International Astronautical Federation) i 1950 og var arrangør af en af de første internationale kongresser om rumfart, IAC (International Astronautical Congress) for IAF i 1955. Den fandt sted på Polyteknisk Læreanstalt i København. Her annoncerede det daværende Sovjetunionen, at de (også) ville opsende en kunstig satellit i forbindelse med det internationale geofysiske år 1957-1958.

De første år arrangerede selskabet medlemsmøder; men fra 1980-erne begyndte det at arrangere offentlige møder og i 1989 udkom det første nummer af Dansk Rumfart. Egentlig var det blot en A4-side trykt på begge sider, men i løbet af årene udviklede bladet sig til et egentligt tidsskrift.

Samme år - i 1989 - arrangerede selskabet et offentlig møde med en astronaut (kosmonauten Gretchenko) i samarbejde med Meteorologisk Institut - nu Danmarks Meteorologiske Institut. Der er senere afholdt møder med flere astronauter - både med nogle, der ikke kom i rummet (Yvonne Cagle fra NASA) og nogle, der var på vej mod rummet eller allerede havde været i rummet, f.eks. den svenske astronaut Christer Fuglsang, den tyske astronaut Thomas Reiter og danske Andreas Mogensen.

DSR bestyrelse, Finn Willadsen og Lykke Pedersen



*Andreas sammen med det tretåede dovedyr,  
Sascha under det første In Flight Call, hvor han  
snakkede med Danmarks Radio.  
Billede: ESA, 31. August 2023*





