

Nr. 77
Maj 2020

Dansk Rumfart



Udstillingen "Rundt om Månen"
50 året for Apollo 13, Luna 16 og 17
Månens indflydelse på Jorden
LUNARK projektet i Grønland
Lunar Flashlight - en cubesat mission



Månen over Nordøstgrønland
Billede: NASA/Michael Studinger



Dansk Selskab for Rumfartsforskning

Redaktionelt

Udgiver: Dansk Selskab for
Rumfartsforskning
Dansk Rumfart nr. 77, 2020
ISSN 0905-2410

Redaktionen:

Lykke Pedersen (ansvarshavende
redaktør)
Marie Svejstrup
Finn Willadsen

Kontakt redaktionen

info@rumfart.dk

Tryk: Jannerup

Oplag: 1.500

Layout: Cristina Benescu

Forsidebillede:

Fra udstillingen
"Rundt om Månen": Model af Saturn
V raketten og månelanding diorama,
begge bygget af Peter Batenburg.
Månelanderen "Eagle" på billedet i
baggrunden.

Billede: Henrik Vagner

Bagsidebillede:

Fra udstillingen
"Rundt om Månen": 3D-printet model
af Saturn V og SLS skaleret i forhold
til model af Rundetaarn. 3D-print af
SAGA Space Architects.

Billede: Henrik Vagner

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.

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

Firmaer kan også blive medlem af selskabet.

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

Dette særnummer af Dansk Rumfart med Månen som tema er
en del af projektet Space Days 2019-2020.

En stor tak til fonde og samarbejdspartnere, der har støttet
projektet.





En unik
begivenhed
s.5



"NASAs Finest Hour":
Historien om Apollo 13
s. 6



Luna 16 og
Luna 17 - 50 år
s. 10



Månens indflydelse
på Jorden
s. 14



Lunar Flashlight - en
videnskabelig cubesat
mission til Månen
s. 18



Projekt LUNARK
s. 22



"Rundt om Månen"
udstillingen i Rundetaarn
s. 26



Læring med leg:
Programmering af
månemissioner
s. 32



Om brugen af
Augmented Reality til
videnskabsformidling
s. 34



En hverdag i vægtløshed
s. 36



Forskelligt
s. 38

En unik begivenhed

Det er en glæde at præsentere dette nummer af Dansk Rumfart, hvor vi igen har Månen som tema. I år er det 50 år siden Apollo 13 missionen og månemissionerne Luna 16 og Luna 17 fandt sted.

Sidste år - den 4. oktober 2019 slog vi dørene op for udstillingen "Rundt om Månen" i Rundetaarns Bibliotekssal for at fejre 50-året for den første bemandede landing på Månen. Det blev en fantastisk, mindeværdig og unik begivenhed. Udstillingen var blevet virkelig flot. Den blev set af 25.000-30.000 besøgende, måske endnu flere, og de kom fra mere end 45 forskellige lande. Udstillingen var en del af vores Space Days 2019 med Månen som tema, hvor vi også fejrede,

at vores selskab havde 70 års jubilæum. Vi viser i dette blad billeder fra udstillingen i Rundetaarn, og tre studerende fortæller om de emner, som de beskæftigede sig med under udstillingen, hvor de hjalp til som guider.

Tak til alle frivillige og samarbejdspartnere i projektet, til alle fonde og sponsorer og til Rundetaarns bestyrelse for at give os den perfekte ramme for udstillingen. En stor tak også til teamet i Rundetaarn. Og tak til Den Internationale Astronomiske Union (IAU) for den helt specielle "Astronomy for All" pris, der var en del af IAU's MoonLanding50 projekt.

Vi følger nu op, så udstillingen "Rundt om Månen" når ud til

endnu flere: En del af udstillingselementerne kan frem til årsskiftet ses på Brorfelde Observatorium. Derpå vil Lundehusskolen i København vise udstillingen i skolens flotte aula, hvor den vil blive udbudt til skoleklasser.

Vigtigt er det også at se fremad mod nye projekter ved og på Månen, og vi har valgt at bringe artikler med fokus på NASA's Lunar Flashlight mission og danske SAGA Space Architects' spændende LUNARK projekt i Grønland.

God fornøjelse med læsningen!

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



Indgangen til Bibliotekssalen i Rundetaarn, hvor udstillingen "Rundt om Månen" blev vist i oktober 2019.
Billede: Palle Sonne

"NASA's Finest Hour": Historien om Apollo 13

TEKST: HELLE OG HENRIK STUB

Det er nu 50 år siden, rumfartens nok største drama udspillede sig, da en eksplosion ramte Apollo 13, på vej mod Månen. At de tre astronauter overlevede, skyldes et fantastisk samarbejde mellem jordkontrollen og astronauterne. Ikke uden grund er den bare seks dage lange flyvning blevet kaldt "NASA's Finest Hour".

Personerne

Dette var flyvningen, som gjorde den ellers så anonyme jordkontrol kendt verden over. Ikke mindst på grund af flyvelederen Gene Kranz, som blev berømt for sætningen "Failure is not an option". Han har vist aldrig sagt det direkte, men senere udtalte han, at sætningen i den grad afspejlede holdningen i jordkontrollen. De kunne improvisere, og et uforglemmeligt højdepunkt var, da USA's bedste rumeksperter sad samlet, for med pap, papir og gaffatape at bygge en model, der kunne sikre luftforsyningen på Apollo. Som kaptajn på Apollo 13 havde NASA valgt en af de mest erfarne astronauter i korpset, nemlig James Lovell. Han havde to gange været i bane om Jorden med Gemini-rumskibet, og han havde deltaget i den første måneflyvning i julen 1968, hvor Apollo 8 kredsede 10 gange om Månen. Og så havde han været reserve for den første mand på Månen: Neil Armstrong. De to andre astronauter, Jack Swigert og Fred Haise, havde ikke været i rummet før. Swigert måtte i sidste øjeblik træde til i stedet for den



Logoet for Apollo 13 har det stolte motto "Ex Luna – Scientia", som understreger, at formålet med rejsen er at indsamle viden. Det er i øvrigt det eneste logo, som ikke bærer astronauternes navne.

Billede: NASA

oprindelige astronaut, Ken Mattingly, fordi man frygtede, at Mattingly kunne få mæslinger ude i rummet. Haise havde været reserve for Buzz Aldrin på Apollo 11.

En stille start

Der var gået mindre end et år siden Apollo 11, da Apollo 13 satte kurs mod Månen den 11. april 1970. Alligevel var befolkningens interesse for måneflyvninger faldet så meget, at de store netværk end ikke viste de TV-udsendelser,

som astronauterne sendte tilbage til Jorden ved flyvningens begyndelse. Ret beset var de første to døgn, bortset fra en enkelt hændelse, gået ret problemfrit. Under opsendelsen satte den ene af fem motorer i andet trin ud på grund af voldsomme vibrationer. Det skete 132 sekunder før, det var planlagt at slukke motoren, men problemet blev løst ved at lade de fire andre motorer brænde 34 sekunder længere end planlagt, med det resultat at Apollo 13

endte i næsten nøjagtigt den planlagte bane 180 km over Jorden.

Lovells kommentar var, at næsten hver eneste flyvning havde haft sine tekniske problemer, og nu havde Apollo 13 så haft sit store problem, så nu skulle det nok gå godt resten af vejen.

De nåede da også at få gennemført flyvningens eneste vellykkede forsøg, da sidste trin af Saturn 5 satte kursen direkte mod Månen, efter at Apollo var frigjort. Da rakettrinnet ramte Månen, skabte det et kunstigt måneskælv, hvor Månen vibrerede i over tre timer – og det blev målt af det seismometer, som Apollo 12- astronauterne havde efterladt på Månen.

Houston - vi har haft et problem

Allerede 46 timer efter starten var man begyndt at modtage nogle mærkelige signaler fra de tre brændstofceller, som forsynede Apollo med energi ved en kemisk reaktion mellem ilt og brint. Således steg iltmængden i celle 2 pludselig fra 82 % til over 100 %, og der havde også været mærkelige målinger af brinten i celle 1. Swigert fik besked på at røre lidt rundt i tanken, men kort efter, 56 timer 55 minutter inde i flyvningen, lød et højt brag, rumskibet rystede, og alarmerne gik i gang. Instrumenterne viste, at der nu var for lav spænding på et af de to hovedkabler, og det blev meddelt til Jorden med den berømte sætning "Houston, vi har haft et problem".



Sætningen "Failure is not an option" er blevet et af rumalderens mest kendte citater, selvom flyveleder Gene Kranz (tv) aldrig har sagt det. Det stammer fra en journalist, men Gene Kranz indrømmer, at det er meget dækkende for hele holdningen i jordkontrollen under Apollo 13. Billede: NASA

Herefter gik det hurtigt. Lovell kunne mærke, at noget påvirkede rumskibet, så han hele tiden skulle bruge de små styremotorer for at holde rumskibet korrekt orienteret. Da han også kunne se gas sive ud fra rumskibet, var det klart, at Apollo var påvirket af gassen. Samtidig faldt trykket i brændstofcellernes ilttanke meget hurtigt, så der var helt klart tale om en større læk.

Da strømmen forsvandt fra den sidste af de tre celler, blev man klar over, at astronauterne stod over for en yderst alvorlig situation, da Apollo selvfølgelig var afhængig af elektrisk strøm. Uden strøm ville intet fungere. De to eneste strømforsyninger var nu landingsbatterierne i Apollo – som naturligvis ikke måtte bruges – og så batterierne i månelandings-

fartøjet Aquarius. Begge dele var almindelige kemiske batterier, som kun kunne levere begrænsede mængder strøm. Men da det ville være umuligt at opholde sig i Apollo, var den eneste mulighed at evakuere alle tre astronauter over i det lille landingsfartøj, der kun var beregnet til to mand. Men det var heller ikke uden problemer...

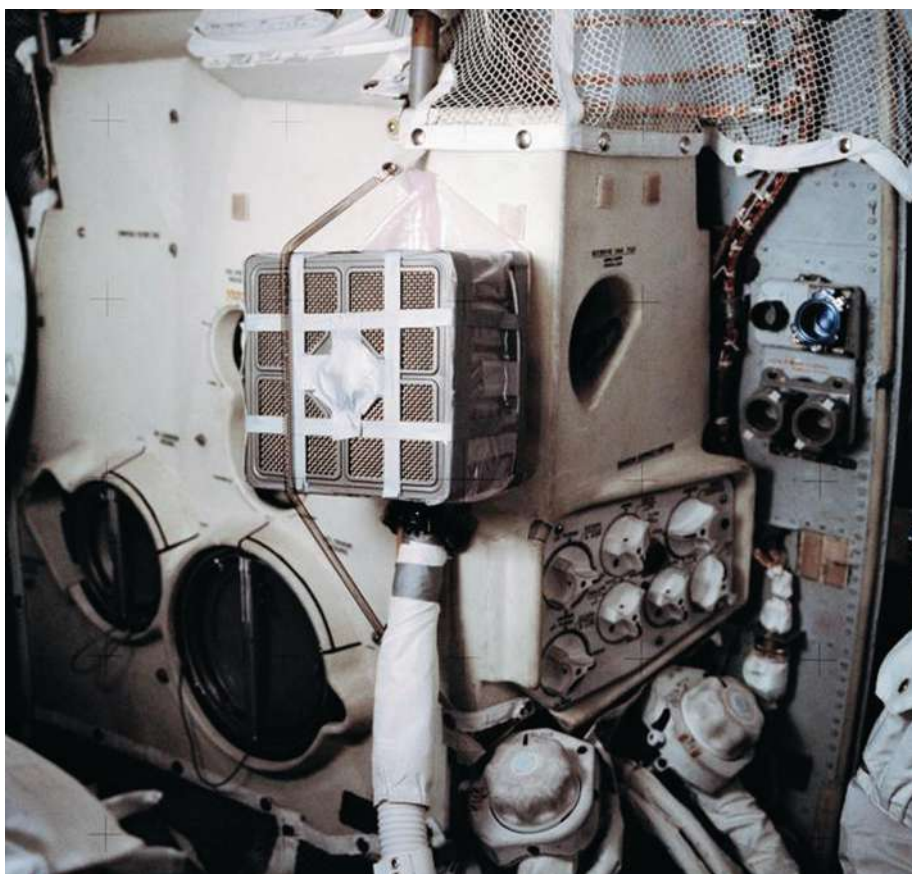
Vejen hjem

Da uheldet skete, var rumskibet 320.000 km fra Jorden, men på en rute, som ikke automatisk sikrede en tilbagevenden til Jorden – det var af hensyn til det planlagte landingssted i Fra Mauro. Det gav to store udfordringer: For det første skulle navigationsdata fra Apollo ekspres overføres til computeren i landingsfartøjet,

og for det andet skulle kursen ændres, så Månens tyngdekraft nu ville afbøje banen og sende rumskibet mod Jorden. Den opgave skulle have været klaret af den store raketmotor i servicemodulet, men nu var man henvist til at bruge den meget mindre motor på Aquarius. Det lykkedes, selv om det var noget af en udfordring for Lovell at styre Apollo fra Aquarius. Det var var bogstaveligt talt 'learning by doing', men det var Lovell heldigvis god til, så med en affyring på 34 sekunder blev Apollo bragt tilbage til en såkaldt "free return trajectory", som ville få den tilbage til Jorden. Men der var stadig lang vej hjem.

Luft og vand bliver nu problemet

Grundlæggende var problemet, at der kun var batterier, luft og vand nok til 40 timer, og hjemturen ville tage 90 timer. Vand var nødvendigt for at afkøle elektronikken, men nu gjaldt det om at lukke alt ned for at spare på batterierne. Hjemturen kom på grund af sparekravene til at foregå i et kun tre grader varmt rumskib. Tre mand i et lille rumskib beregnet til to gjorde hjemrejsen til en prøvelse. Rumskibets vægge var dækket af kondens, det var næsten umuligt at sove. I det iskolde og fugtige rumskib sov astronauterne kun en time eller to ad gangen, og efterhånden blev trætheden et stort problem. Det hjalp heller ikke, at hver astronaut kun måtte drikke to deciliter vand om dagen – og resultatet blev da



Den meget improviserede 'postkasse', som astronauterne byggede for at kunne bruge Lithiumhydroxid beholderne fra Apollo på Aquarius. Aldrig før eller siden har der været klippet og klistret så meget i jordkontrollen. Billede: NASA

også, at Haise pådrog sig en blærebetændelse. Så var der problemet med at få rensset luften for kuldioxid. Der var sådan set ilt nok i Aquarius, men Aquarius var kun beregnet til to personer, og kunne derfor ikke klare at rense luften tilstrækkeligt for CO₂, når der var tre mand i det lille rumskib. Rensningen skete ved at føre luften gennem nogle beholdere med Lithiumhydroxid. På Aquarius fandtes der ikke nok af disse beholdere til at klare opgaven, men det var der, hvis astronauterne også brugte beholderne på Apollo. Der var blot et problem: På Apollo havde beholderne firkantede åbninger, mens de på Aquarius var cirkulære. Det var her, jordkontrollen løste

problemet med brug af de redskaber, som astronauterne havde, altså papir, pap og gaffatape.

Hjemrejsen

På hjemrejsen måtte astronauterne flere gange justere kursen ved brug af motoren på Aquarius. Det var ikke let, for fartøjet var omgivet af en sky af partikler, som sivede ud fra Apollo, og som gjorde navigation ved brug af stjerner umulig. Jordkontrollen udtænkte derfor metoder, der gjorde det muligt at styre efter Solen i stedet. Da Apollo 13 nærmede sig Jorden, var det altoverskyggende spørgsmål, om systemerne ombord på Apollo kunne vækkes til live igen.



Det svært beskadigede servicemodul fotograferet få timer før landingen, hvor servicemodulet blev frigjort. Det var første gang, astronauterne direkte kunne se skaderne. Billede: NASA

Væggene, instrumentpanelerne, elektronik og ledningsbundter bag instrumentpanelerne var gennemvåde af kondens. Ville de elektriske systemer kortslutte, når de blev tændt

igen? Ville der være batterikraft nok til landingen? Som vi ved, gik det godt. Apollo 13 foretog en af de mest præcise landinger i Apollo projektets historie.

Men det var noget af et chok for astronauterne at se, hvor ødelagt servicemodulet var, da det blev frigjort kort før landingen. Et helt panel var revet af, og skaderne var meget omfattende.

I dag ved vi, at problemet blev skabt flere måneder tidligere, da et varmelegeme, som kun kunne tåle 28 volt ved en fejl blev udsat for 65 volt under en afprøvning.

Apollo 13 viste, hvor farlige flyvningerne var – og stadig er. NASA klarede Apollo 13 hændelsen med stor teknisk kompetence, bare to år senere, var der opstået et helt andet problem, som kunne have ført til, at astronauterne ikke havde overlevet. Et voldsomt soludbrud af dødbringende stråling indtraf nemlig i august 1972.

Det var heldigvis i pausen mellem Apollo 16 og 17, men den slags udbrud kan potentielt blive en udfordring på lange rumrejser i fremtiden – fx til Mars.



Tre trætte, men glade, astronauter efter landingen. Fra venstre er det Fred Haise, James Lovell og John Swigert.

Billede: NASA

Luna 16 og Luna 17 - 50 år

TEKST: FINN WILLADSEN, næstformand i Dansk Selskab for Rumfartsforskning

Fra 1959 til 1976 gennemførte den daværende Sovjetunion et succesfuldt program til udforskning af Månen. Det kulminerede i 1970-1971, altså for netop 50 år siden, med hjemtagning af de første prøver af Månens overflade hentet med et fuldautomatisk fartøj og med landsætning af den første fjernstyrede bil på et fremmed himmellegeme.

Det er i år 50 år siden, at den første ubemandede, fjernstyrede rumsonde hentede prøver af et himmellegeme med tilbage til Jorden. Luna 16 blev opsendt den 12. september 1970 fra det daværende Sovjetunionen. Rumsonden gik i bane om Månen den 20. september efterfulgt af en blød landing i Rolighedens hav 0 grader 41 minutter syd og 56 grader 18 minutter øst.

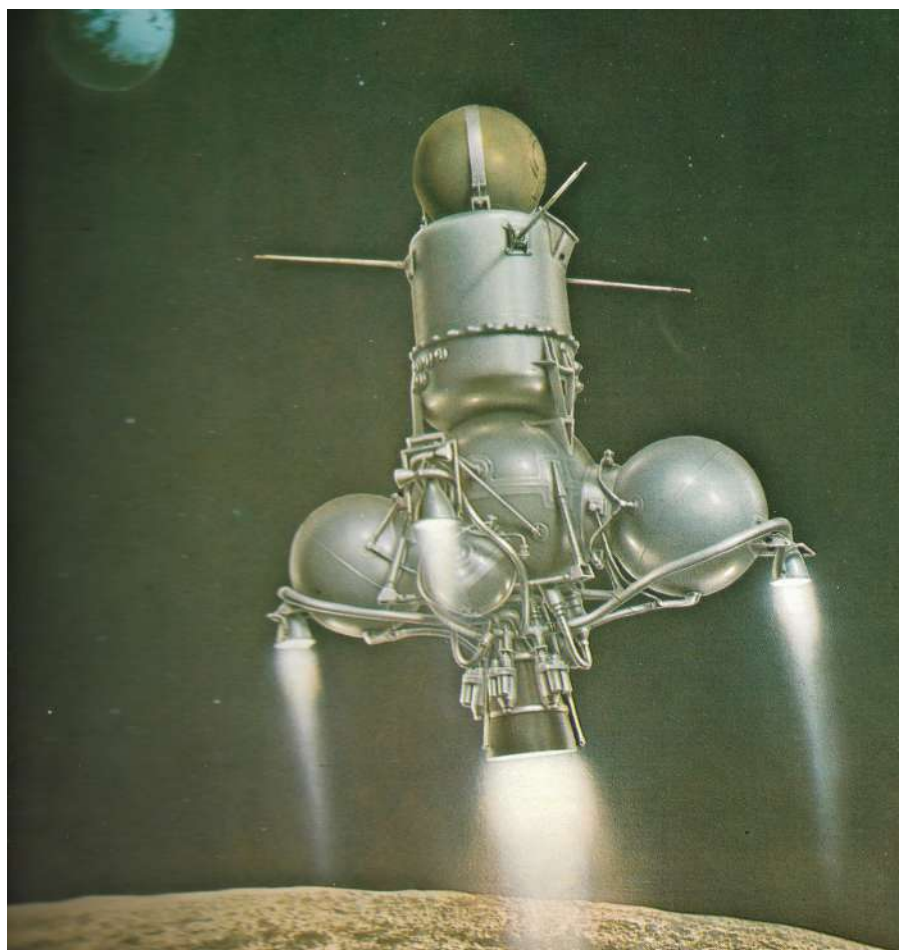
Sonden var udstyret med et bor, der udtog en boreprøve ned til 35 centimeters dybde på i alt 100 gram. Sonden lettede igen fra måneoverfladen den 21. september og landede den 24. september 1970 i det nuværende Kazakhstan, som dengang var en del af Sovjetunionen. Under Luna 16 blev den første prøve af et himmellegeme hentet med en ubemandet sonde.

Luna 16 var dog ikke det første forsøg fra Sovjetunionens side på at hente prøver af Månen tilbage til Jorden. Luna 14 og Luna 15 havde også til formål at hente prøver af Månen. Luna 14 blev opsendt den 7. april 1968; men sonden svigtede inden et landingsforsøg. Luna 15 blev opsendt den 12. juli 1969, kun fire dage inden Apollo 11, og den gik i bane om Månen.

Sovjetunionen fortalte intet om formålet med Luna 15. Den var

egentlig kun et mulehår fra at hente de første prøver af Månens overflade før Apollo 11. Men der opstod problemer, da sonden skulle lande på Månen. Landingen blev udsat, men der findes optagelser fra et videokamera, som Neil Armstrong og Buzz Aldrin havde opstillet på Månen, hvor Luna 15 passerer hen over Apollo 11's landingsfartøj, Eagle. Da Luna

15 endelig forsøgte at lande på Månen, den 21. juli 17 grader nord og 60 grader øst, blev den knust imod Månens overflade. Trods fiaskoen kom Sovjetunionen blot med en lakonisk meddelelse om, at Luna 15 havde udført sine opgaver. Den 10. november 1970 opsendte Sovjetunionen Luna 17. Den landede på Månens overflade den 17. november



I 1970 blev de første prøver af et himmellegeme hentet med en ubemandet, fjernstyret rumsonde, Luna 16. "Luna" er det russiske navn for Månen). Billede: Det sovjetiske nyhedsbureau TASS.

1970, hvor den landsatte den første månebil, Lunokhod 1. Det var første gang, en bil kørte på Månens overflade, og første gang et fjernstyret køretøj udforskede et himmellegeme in situ. Lunokhod fungerede i 321 døgn på Månens overflade. Den optog videobilleder og undersøgte månestøv, og den havde et laserspejl, som kunne bruges til at bestemme afstanden mellem Månen og Jorden med centimeters nøjagtighed.

Samtidens oplevelse

I deres samtid blev Luna 16 og 17 ikke oplevet som nogen store triumfer. Det havde flere årsager.

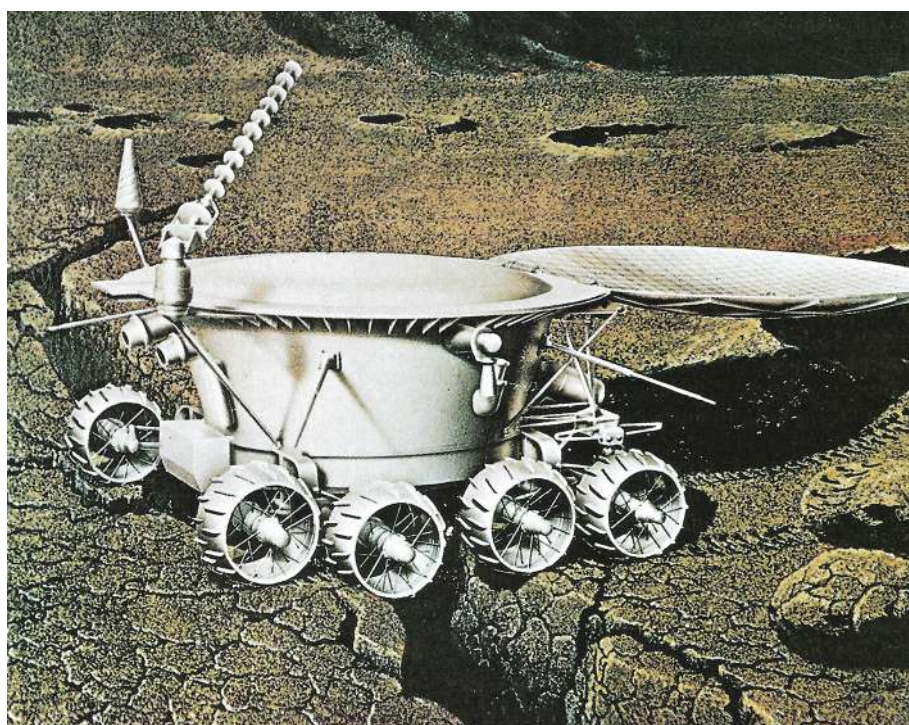
For det første synede Luna 16's 100 gram månemateriale ikke af meget ved siden af de omkring 21 kilo, som den bemandede Apollo 11 mission havde hjembragt året før, i 1969. Desuden havde Apollo 12 allerede hjembragt endnu mere månemateriale, ligeledes i 1969.

For det andet var der i efteråret 1970 optræk til opbrud og politisk krise i Mellemøsten, samtidig med Luna 16 og 17's opsendelser. Den 13. september 1970 gennemførte Jordans kong Hussein (1935-1999) en militær uddrivelse af de palæstinesiske kampgrupper under PLO (den palæstinensiske befrielsesorganisation), der havde taget ophold i Jordan. Samme måned døde den egyptiske præsident Gamal Abdal Nasser (1918-1970) efter at have været præsident siden 1956 og en ledende politisk skikkelse i den arabiske verden i mange år. Begge begivenheder indtraf, mens Luna 16 var på vej til Månen. Med en truende krig i Mellemøsten var der ikke mange, der bemærkede, at der var hentet 100 gram af måneoverfladen.

Sovjets måneprogram

Begivenhederne i 1970 i Mellemøsten medførte ikke en stor krise eller krig. Luna 16 hjembragte imidlertid de første

prøver af et himmellegeme hentet med en fjernstyret rumsonde. Luna 17 landsatte det første fjernstyrede køretøj på overfladen af et himmellegeme – nemlig Lunokhod 1. Begge missioner var egentlig store teknologiske præstationer og var kulminationen af et meget succesfuldt sovjetisk måneprogram, der startede med Luna 1 i januar 1959. Luna 1 blev opsendt den 2. januar 1959 og fløj forbi Månen i en afstand af cirka 6.000 kilometer. Luna 1 var den første vellykkede rumsonde til Månen. Den 3. marts 1959 lykkedes det USA af få en rumsonde, Pioneer 4, sendt forbi Månen i en afstand af 32.000 kilometer. Med Luna 2 ramte Sovjetunionen Månen direkte den 12. september 1959, og med Luna 3 fotograferede man for første gang Månens bagside den 7. oktober 1959. Det var dog ikke Sovjetunionen, der indledte forsøgene på at nå Månen. USA forsøgte allerede den 15. maj 1958 at sende en rumsonde til Månen, men



Tegning af Lunokhod.

Opgaven med at konstruere Lunokhod kunne udføres takket være Sovjetunionens dengang legendariske kampvognsindustri. Opgaven lød: Lav en kampvogn, der skal køre et usædvanlig sted – på Månen.

Kilde: Officiel sovjetisk tegning

opsendelsen mislykkedes. Opsendelsen blev fulgt af flere mislykkede opsendelser. Pioneer 4 var det første succesfulde forsøg fra amerikanernes side, men rumsonden passerede som nævnt i en væsentlig større afstand end Luna 1.

Amerikanernes mål var ellers at bringe USA i førertrøjen, efter at Sovjetunionen var kommet først i rumkapløbet med en kunstig satellit den 4. oktober 1957. Sovjetunionen fortsatte sit forspring med Luna 9, der var den første bløde landing på Månens overflade den 3. februar 1966. USA fulgte efter med Surveyor 1, der landede på Månens overflade den 2. juni 1966. Luna 10 blev opsendt den 31. marts 1966 og blev den første rumsonde til at gå i bane om Månen den 3. april 1966. USA opsendte Lunar Orbiter den 10. august 1966, og den gik i bane om Månen den 14. august 1966.

Egentlig fulgte Sovjets måneprogram et mønster, der nok vil gentage sig for andre kloder: først en forbiflyvning, så en sonde i bane om kloden. Derefter en blød landing på overfladen efterfulgt af et fjernstyret køretøj og automatisk hentede prøver af overfladen. Bemandede missioner kommer først længe efter. I perioden 1959 til 1976 udførte Sovjet en sådan udforskning af Månen – et hestehoved foran USA. Men USA sprang trinnene med automatiske rumsonder over og landsatte som bekendt mennesker på Månen allerede i 1969.

Luna 16 og Luna 17 var videnskabelige og tekniske triumfer, men de blev finansieret

af politiske grunde. Set fra et politisk synspunkt var de en begrænset succes, da de kom til at stå i skyggen af Apollo-programmet. I dag kan vi se dem som milepæle i udforskningen af Månen.

Måne bilen Lunokhod og efterfølgere

Lunokhod 1 blev fulgt op af Lunokhod 2, der blev landsat på Månen med Luna 21, der landede på Månen i januar 1973. Derefter gik der mere end 20 år, før man igen landede en fjernstyret bil på et himmellegeme. Det skete den 4. juli 1996, hvor NASAs Sojourner landede på Mars. Sojourner kørte rundt på Mars i 3 måneder mod den planlagte 1 måned. Sojourner var en lille marsbil; men den blev fulgt op af to noget større marsbiler, Spirit og Opportunity, der landede på Mars henholdsvis den 3. januar 2004 og den 24. januar 2004. Sojourner er siden blevet fulgt op af flere marsbiler, og de har vist sig at være et meget værdifuldt redskab til studiet af geologien på Mars. Og så har flere af marsbilerne haft dansk måleudstyr ombord, og danske forskere har også været aktive i studiet af geologien på Mars. Kina landsatte den første månebil med Chang-e 3-missionen, der landede på Månens overflade den 14. december 2013 med den lille månebil Yutu. Yutu må betegnes som en teknisk triumf – til trods for, at udviklingen af elektronik havde gjort det meget lettere at lande fjernstyrede biler på himmellegemer i 2013, end det var i 1970-erne. Bepi-Colombo er ESAs (den

europæiske rumorganisation) første mission til planeten Merkur. Missionen er et samarbejde mellem Europa og Japan og sender to rumsonder i bane om Merkur. De oprindelige planer for BepiColombo-sonden til Merkur indeholdt en merkurbil, der skulle landsættes på overfladen af Merkur. Den blev dog fjernet inden rumsonden blev sendt afsted. Der er således ikke landsat fjernstyrede biler på andre kloder end Månen og Mars. Men det er formodentlig kun et spørgsmål om tid før det sker.

Prøver af himmellegemer

Luna 16 bragte som nævnt de første prøver af Månen, der var hentet af et fjernstyret fartøj. Men de var ikke de første prøver af Månens overflade. De blev hentet af Apollo 11 under den første bemandede landing på Månens overflade i juli 1969. Luna 16 blev fulgt op af Luna 20 og Luna 24, der hentede flere prøver af Månen. Sovjetunionen hentede i alt 300 gram af Månens overflade, hvilket ikke synes af meget i forhold til de mere end 300 kg, som Apollo-missionerne bragte tilbage til Jorden.

Men hvad med Luna 18, Luna 19, Luna 22 og Luna 23? Luna 19 gik i bane om Månen den 2. oktober 1971 og var en succesfuld rumsonde i bane om Månen, som ikke skulle lande på overfladen. De øvrige var mislykkede forsøg på at hente prøver af Månen – ligesom Luna 14, i øvrigt.

Apollo-missionerne til Månen stoppede i 1972, og Luna 24 hentede de hidtil seneste prøver af Månen den 19. august 1976.

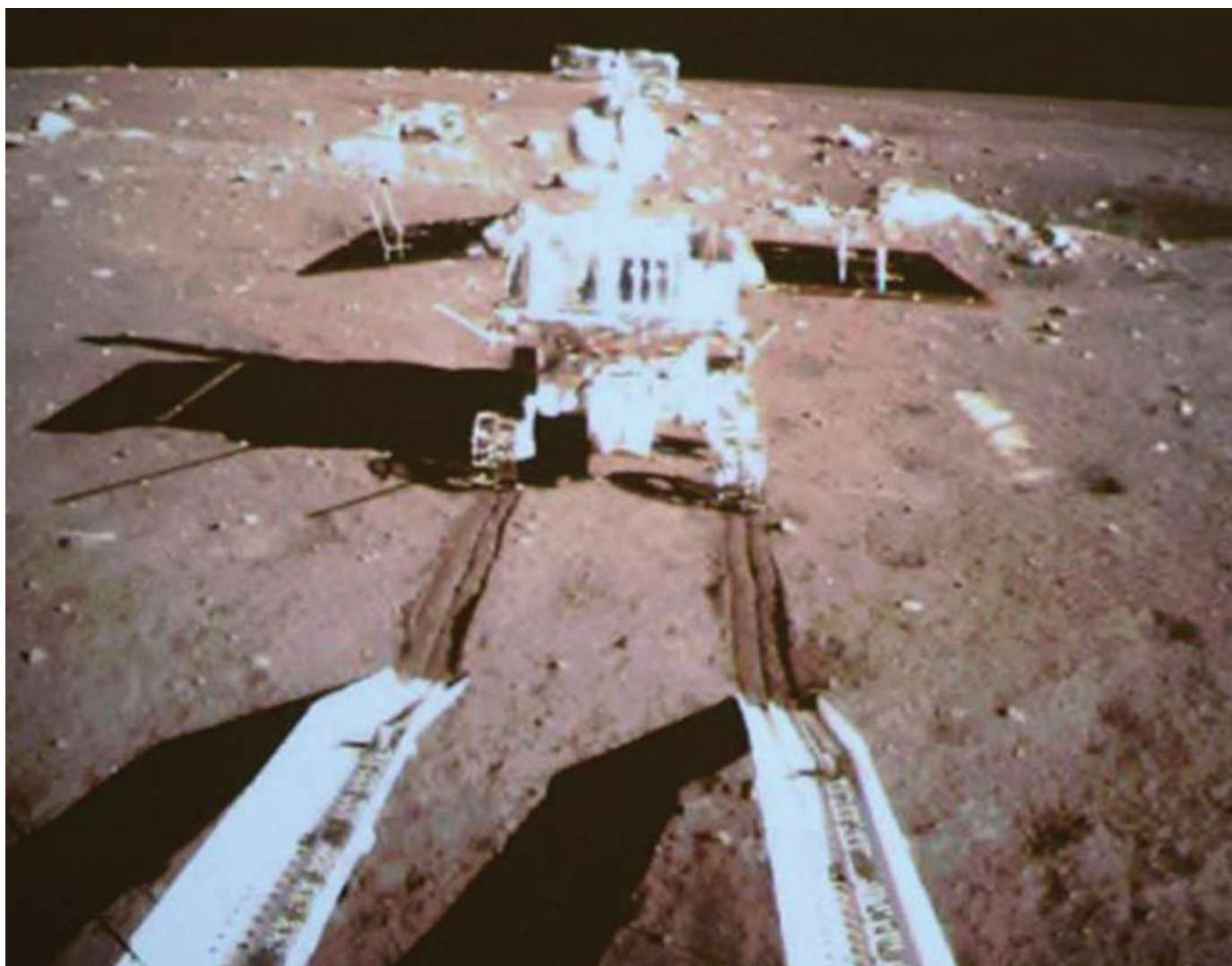
Efter Luna 24 er der således ikke hentet prøver af Månens overflade. Faktisk var den næste månemission i det hele taget rumsonden Clementine, der blev sat i bane om Månen 19. februar 1994.

Selvom der ikke er hentet prøver af Månens overflade siden Luna 24, er der hentet prøver af andre himmellegemer. Den 7. februar 1999 blev rumsonden Stardust blev opsendt af NASA. Den bragte - mikroskopiske prøver af solvinden tilbage den 15. januar 2006. NASAs rumsonde Genesis blev opsendt 8. august 2001 og bragte prøver af solvinden tilbage til Jorden den 8. september 2004. Japans

Hayabusa-rumsonde indsamlede i november 2005 prøver af en asteroide. Man kan således diskutere, hvilken rumsonde der var den første til at bringe prøver tilbage fra rummet efter Luna 24. Det afhænger af, om man regner med tidspunktet for rumsondens opsendelse eller tidspunktet for prøvernes ankomst til Jorden. Alle disse prøver var dog mindre end et gram.

Prøver på flere gram kan forventes snart. Der er både NASAs rumsonde Osiris-rex, opsendt 8. september 2016, der er Hayabusa 2, opsendt den 9. december 2014, og der er Luna 25 til opsendelse i 2021.

Hayabusa 2 forventes at returnere prøver af asteroiden 162173 Ryogo til Jorden den 3. december 2020. Hayabusa 2 landsatte desuden et par hoppere på Ryogo - det vil sige landingssonder, der kan hoppe til et andet sted på asteroidens overflade. Der er planlagt flere missioner, der skal hente prøver af Månens overflade i den nærmeste fremtid (dette årti). Det er de russiske missioner Luna 26 til Luna 30. De er dog blevet udsat flere gange; men Luna 28 og Luna 29 skal efter planerne hente prøver af Månens overflade. Også Kina planlægger at hente prøver af Månens overflade med Change 5 missionen.



Månebil Yutu. Med Chang-e 3 missionen landede den 14. december 2013 den første månebil efter Lunokhod 2, der landede på Månen i januar 1973. Billedkilde: CNTV

Månens indflydelse på Jorden

TEKST: IB LUNDGAARD RASMUSSEN, Senior Rådgiver Emeritus ved DTU Space

Oprindeligt var der ingen forbindelse mellem Jord og Måne. I det geocentriske verdensbillede var Månen en del af det himmelske, totalt adskilt fra det jordiske. Den eneste forbindelse var, at Månen som en af de traditionelle astrologiske planeter øvede indflydelse på vi jordboeres gøren og laden.

Historiske forestillinger

Så sent som omkring 1600 var man ikke klar over forbindelsen mellem Månen og tidevandet. Selv de fremmeste videnskabsmænd var uenige, som det

fremgår af følgende citat fra Galilei: "Men blandt alle de store mænd, som har grublet over denne ejendommelige effekt, er jeg mest forfærdet over Kepler. Trods hans åbne og klare

intelligens, og skønt han kan de bevægelser, der tilskrives Jorden på fingrene, har han alligevel lånt øre og givet samtykke til ideen om, at Månen dominerer vandet, og til okkulte egenskaber



Billede: NASA

og den slags pueriliteter.”

Vi ved nu, at Kepler havde ret, og Månen styrer tidevandet. Vi har højvande to gange i døgnet: Når Månen står over os, og når Månen er på den modsatte side af Jorden. Solen har en tilsvarende, omend noget mindre, effekt. Når Måne og Sol danner højvande samtidig, har vi springflod, og når de modvirker hinanden, er der nipflod. Det er noget nemmere at forklare, hvorfor der er højvande, når Månen står over os, end det er at forklare det modsatte højvande, når Månen er på den anden side af Jorden. Det bliver endnu vanskeligere at forklare for folk, der bor i de områder af Jorden, hvor der kun er højvande en gang i døgnet. Tidevandet er et meget kompliceret fænomen, der afhænger stærkt af lokaliteten, vind og vejr, temperatur og mindre variationer i Månens bane.

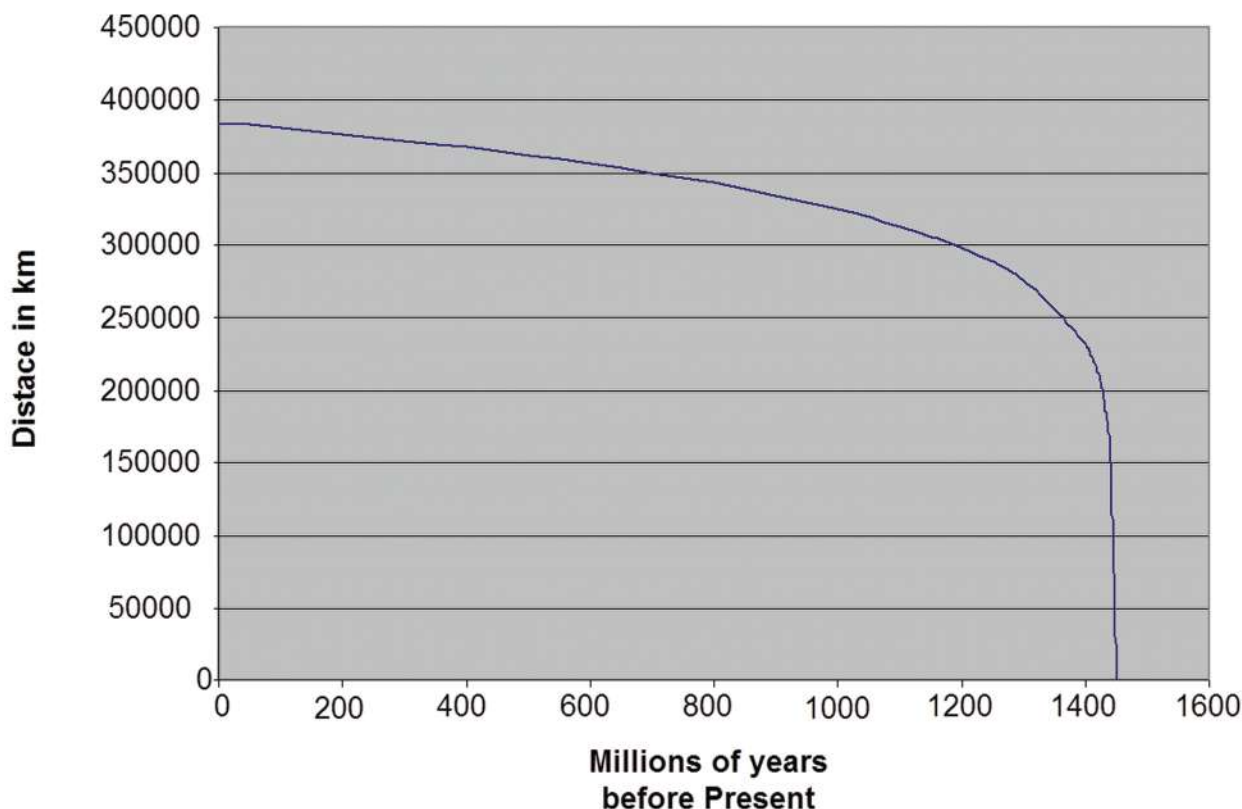
Rumalderens tiltag

For at få bedre viden om Månens bevægelser, placerede Apollo astronauterne en reflektor på Månens overflade. Denne reflektor kaster lys tilbage i samme retning, som det kommer fra. I de mere end 50 år der er gået siden Apollo missionerne, har man sendt korte pulser af laserlys mod Månen og målt, hvor lang tid der går, inden man ser glimtet af lys på Månens overflade. Derved har man utallige gange præcist målt afstanden til Månen og derigennem fastlagt Månens bevægelse.

Man har herved fundet ud af, at Månen bevæger sig bort fra Jorden med en hastighed på 3,82 cm/år. Det er ikke nogen stor hastighed. Antager vi, at hastigheden er konstant og går tilbage i tiden, så er Månen kun nået mindre end halvvejs til Jorden, da Solsystemet startede for 4,567 milliarder år siden.

Årsagen til Månens bevægelse bort fra Jorden er, at tidevandet ikke vokser og aftager symmetrisk omkring forbindelseslinien mellem Jord og Måne. For at få højvande skal der strømme vand til fra andre steder, og det tager tid. Tilsvarende skal vandet løbe bort, når højvandet er overstået. Så længe Jorden roterer hurtigere, end Månen kredser om Jorden, så vil denne forsinkelse af tidevandet betyde, at tidevandsbulen ligger foran forbindelseslinien. Tidevandet trækker derfor i Månen. Månen får tilført energi. I et kredsløb omdannes denne energi til potentiel energi, og derfor bliver Månens bane større. Når tidevandet trækker i Månen, så trækker Månen også i tidevandet. Derved bremses Jordens rotationshastighed, og døgnet bliver længere. Da årsagen er tidevandet, så er Månens hastighed ikke konstant; den vokser, når afstanden bliver

Månens afstand til Jorden med den nuværende tidevands effekt. Afstandsvariation er inkluderet.



mindre. Hvor tyngdekraften er omvendt proportional med kvadratet af afstanden mellem de legemer, der påvirker hinanden, så er tidevandskræfterne omvendt proportionale med tredje potens af afstanden. Det betyder, at når vi går baglæns i tiden, så bevæger Månen sig hurtigere og hurtigere mod Jorden. Samtidig vokser tidevandsbølgen også med tredje potens, så Månens hastighed vokser med sjette potens. Nu er Månens hastighed på 3,82 cm/år så stor, at Månen når ind til Jorden på blot 1,4 milliarder år.

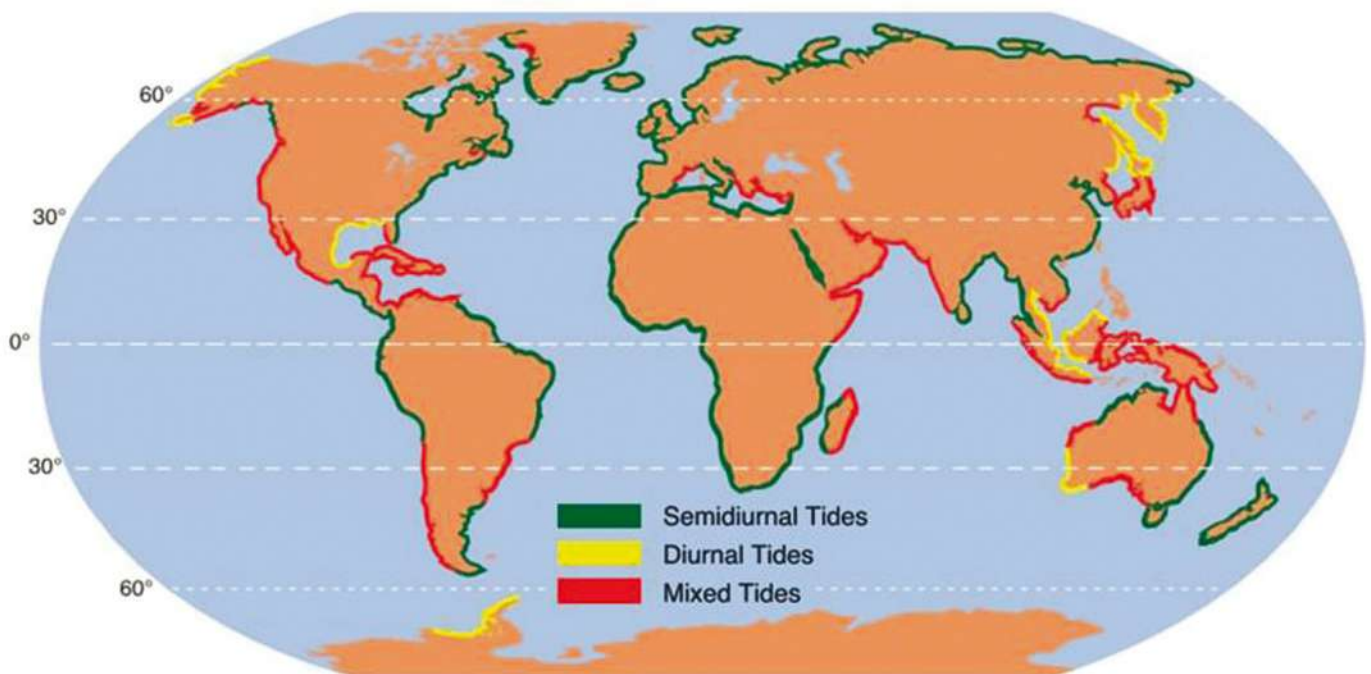
Det strider imod alt, hvad vi ved om Solsystemets udvikling. Vi har kunnet aldersbestemme de sten, Apollo astronauterne bragte med tilbage til Jorden. De viser, at Månen er mindst 4,2 milliarder år gammel. Hvis Månen først skal komme tæt på Jorden ved Solsystemets begyndelse, skal hastigheden

reduceres til under en tredjedel, til 1,2 cm/år. Det viser, at vi lever i en tid med meget stor tidevandseffekt, en usædvanlig tid. Det passer godt med, at mellemistider som vor tid kun udgør 10 % af tiden, og at istider er det normale. I istider er vandstanden meget lavere og tidevandseffekten derfor mindre. Der har været perioder i Jordens historie, hvor kontinenterne har været samlet i superkontinenter med mindre kystregioner og derfor mindre tidevandseffekt. Imidlertid er det umuligt at lave beregninger over effekten tilbage gennem Solsystemets historie, fordi tidevandet afhænger af mange dårligt bestemte parametre. Hvad man kan sige er, at hvis Månen er dannet tæt på Jorden (som følge af sammenstødet mellem Jorden og en forbigående planet), så ville døgnet dengang være meget kortere end nu. Mindsteafstanden er ca. 40.000 km, lige udenfor Roche

grænsen, hvilket giver et døgn på 6 timer og et tidevand på flere hundrede meter, hvis der var vand på Jordens overflade på den tid. Sammenstødet var så voldsomt, at alt vand på Jordens overflade fordampede. En del er nok kommet tilbage, efterhånden som overfladen blev koldere. I hvert fald ved vi, at der var vand på overfladen ca. 4 milliarder år før vor tid, for der har vi de ældste spor af liv på Jorden, og livet er opstået i flydende vand.

Månen og klimaet

Ud over at have indflydelse på Jordens rotationshastighed så har Månen også stabiliseret rotationsaksen. Rotationsaksens hældning i forhold til ekliptika er nu om dage 23,45 grader. Den har varieret mellem 21,8 og 24,4 grader. Til sammenligning har Mars rotationsakse varieret mellem 0 og 60 grader. Mars har to små måner, der er uden betydning i denne sammenhæng. Nogle astrobiologer går så vidt



Billedet viser tidevandets variation på Jordens kyster. Grønt angiver to højvande om dagen, gult et højvande om dagen og rødt er blandingsformer mellem de to ekstremer.

som til at hævde, at Månens stabiliserende virkning er en forudsætning for, at livet er opstået på Jorden. Det vil reducere antallet af exoplaneter, hvor muligheden for liv er tilstede. Ikke alene skal planeten have den rigtige størrelse og ligge i den beboelige zone (den afstand fra stjernen, hvor der kan være flydende vand på planetens overflade), men nu også have en stor måne. Det er ikke sikkert, at Månen er en nødvendig betingelse for livets opståen. Variationer i rotationsaksens hældning er langsomme, og evolutionen kan løbe hurtigt. Vi ved fra studier af øjets udvikling hos trilobitter, at det kun tog to millioner år fra den første lysfølsomme plet til det fuldt færdige øje med fokusering og farvesyn. Med en mere variabel akse, kunne udviklingen lægge mere vægt på mobilitet. Det kunne være interessant at finde liv, hvor æblet falder langt fra stammen.

Månen har også indflydelse på den måde, vi opfatter Jordens historie på. Jorden er en levende klode, og dens overflade forandres og fornys hele tiden gennem pladeteknikken, hvor kontinenterne bevæger sig rundt mellem hinanden. Dele af overfladen forsvinder, og andre dele dannes på ny. Der er meget få steder på Jordens overflade, der er rigtig gamle. Spor af tidligere tiders voldsomme begivenheder forsvinder, Jorden glemmer. Månen derimod er en død klode, her forbliver sporene af tidligere begivenheder som det store bombardement for 4 milliarder år siden. Månen er Jordens historiebog.



Månens forside.

Månen og fremtiden

Månen vil i fremtiden også spille rollen som Jordens trædesten på vejen ud i Solsystemet. Alle de ressourcer, vi kan bringe op fra Månens overflade til brug for vor videre færd, vil være langt billigere end tilsvarende ressourcer bragt op fra Jordens overflade. Det vil selvfølgelig kræve noget infrastruktur på Månen. Hvis vi udvikler fusionsenergi på Jorden, vil forekomsten af He3 i Månens øvre lag kunne betale for udviklingen af infrastruktur på Månen. Allerede nu kan det betale sig at bygge ud på Månen, da fundet af is i Månens sydlige kratere danner basis for raketbrændstof. Vand kan som bekendt spaltes til ilt og brint, og den nødvendige energi leverer Solen.

Lad mig slutte, som jeg begyndte, nemlig med Månens

betydning for vi jordboeres gøren og laden. Mange har hævdet, at Månen har indflydelse på vor opførsel. Den såkaldte fuldmåneeffekt bevirker, at der fx er flere på skadestuen, og der sker flere mord, når det er fuldmåne. Argumentet er, at Månen påvirker vandet, vi består af meget vand, derfor påvirkes vi af Månen. Denne effekt er særlig stor, når Måne og Sol arbejder sammen, som ved fuldmåne. Statistikstudier viser dog intet belæg for den påståede effekt. Desuden skulle det rettelig være en nymåneeffekt, da Sol og Måne da arbejder sammen på samme side af Jorden; men hvem har hørt om nymåneeffekten? En reel indflydelse på vor gøren og laden har Månen dog: Der er flere romantiske måneskinsture, når det er fuldmåne.

Lunar Flashlight - en videnskabelig cubesat mission til Månen

TEKST: JENS FREDERIK DALSGAARD NIELSEN, Aalborg Universitet, lektor, PhD og civilingeniør

Når NASA sender Artemis 1 missionen af sted mod Månen, planlagt til 2021, vil der være 13 cubesats med som "secondary payload" - en af dem er Lunar Flashlight, der skal søge efter vand ved Månens sydpol.

Cubesats - hverdagskost

Cubesats er efterhånden blevet "daily business". Her i 2020 er der allerede opsendt op imod 300 cubesats i det første kvartal med en stor overvægt af kommercielle missioner. Kigger vi bare 20 år tilbage, var vi i den spæde start med cubesats, og der blev kun sendt nogle ganske få stykker op hvert år. Det var projekter for amatører og ingeniør-studerende. Vi skylder alle professor Bob Twiggs stor tak for hans ideer, der gjorde dette muligt.

Der skal blot en løfteraket til at sende en satellit i jordkredsløb. Det tager kun få minutter fra launch, og til man er i LEO (Low Earth Orbit), hvor man så frit kan svæve rundt fra måneder til mange år.

Cubesat-missioner væk fra Jorden

For vel snart 10 år siden begyndte rumfartsorganisationerne at se seriøst på, om cubesat-konceptet kunne anvendes til missioner væk fra Jorden i forbindelse med deres ambition om at komme tilbage til Månen og måske endda videre til Mars.

En cubesat-mission til Månen er en helt anden og større udfordring end en "normal" cubesat-mission i LEO.

Cubesats på Mars - MarCO A/B

NASA har faktisk prøvet det før. MarCO A/B (Mars Cube One A og B) var, som navnet antyder, to 6U cubesats, der fungerede som relæstationer på NASAs Insight Mission til Mars i 2018. Deres opgave var at "forwarde" telemetri, billeder m.m. fra Insight. Dataraten var 8 kbit/sek og der var UHF-link op til MarCO A/B og 5 W 8 kbit/sek til Jorden. MarCO-delen af missionen kørte nogle måneder, og betragtes som en succes.

Månen - man er udfordret

Missioner til Månen er som missioner til Mars udfordret på en række områder. Der er intet magnetfelt til at beskytte satellitten mod stråling fra Solen, så der er helt andre krav til kritiske komponenter (CPU m.m.). Mangel på magnetfelt gør også, at man ikke kan styre sin orientering vha. spoler (elektromagneter), som man ofte gør på cubesats i kredsløb om Jorden. Det vil sige, at man kun kan manøvrere og styre attitude ved en kombination af

Lidt om forskellen mellem jord- og månekredsløb

En tilnærmelse af Keplers love giver satellitens hastighed i et cirkulært orbit til at være $v = \sqrt{(G \cdot M)/R}$

G er den universelle tyngdekonstant ($6.674 \times 10^{-11} \text{ N} \cdot \text{m}^2 \text{ kg}^{-2}$)

M: planetens masse.

Jorden: $5.972 \times 10^{24} \text{ kg}$ $g=9.82 \text{ m/s}^2$

Månen: $7.342 \times 10^{22} \text{ kg}$ $g=1.62 \text{ m/s}^2$

R: baneradius fra planetens center [m]

Kender man radius af bane og hastighed, kan man nemt regne orbitvarighed ud. For lavt måneorbit er det ca. 2 timer, og for lavt jordorbit er det ca. 90 minutter.

Radiokommunikation:

Signaleffekt aftager med kvadrat på afstand. Så dobbelt radioafstand giver 1/4 signalstyrke.

Der er ca. 300.000 km til Månen, og en lav jordbane har en radioafstand på 400-2.000 km. Så et radiosignal fra Månen er mellem $(300.000/400)^2$ og $(300.000/2.000)^2 = 22.500 \rightarrow 562.500$ eller 43-57 dB svagere. Det gør ikke livet nemmere.

momenthjul og raketmotorer. Dertil kommer påvirkning af satellittens bane fra Jordens tyngdefelt, som kan få satellitten til flakke mere eller mindre i sin bane. LEO-cubesats ligger normalt komfortabelt i tæt på cirkulære kredsløb i 4-600 kilometers højde.

Så er der kommunikation. Der er 300.000 km hjem, som er meget mere end de 400-2.000 km, der typisk er på en LEO-cubesat mission. Men som MarCO viste, kan det lade sig gøre fra Mars, som er "lidt" længere væk.

Udforskning af Månens overflade fra en satellit i kredsløb om Månen har til gengæld en række fordele, sammenlignet med satellitter i kredsløb om Jorden: Der er ingen atmosfære til at ødelægge

kamera observationer, og man kan være i et meget lavt kredsløb – under 70 km og ca. 2 timers omløbstid. Med det rette kredsløb kan man i en del af kredsløbet komme helt ned i 10-15 kilometers afstand fra Månens overflade. Det er langt over en faktor 10 tættere på, end hvis det var omkring Jorden.

"Free Ride to the Moon"

Man kan komme til Månen på to måder. Enten ved selv at flyve derop ved eget motorsystem, eller ved at få et lift som sekundær payload i forbindelse med en større mission.

Faktisk har ingeniørstuderende rundt om i verden gennem de sidste 15 år mere eller mindre for sjov regnet på, om det kan lade sig gøre. Det er en lang historie. Den korte version er, at

det er noget svært at komme til Månen. Hvis man vil basere sig på ion-motorer, vil det tage op til to år. Det nemmeste er at få et "free ride" på en stor mission.

Forhistorien: NASA, SLS og Artemis 1

NASA har længe haft et ønske om at komme tilbage til Månen og derefter videre til Mars. Derfor satte man i 2014 gang i udviklingen af SLS (Space Launch System) som - noget forsimplet - er en kraftig løfteraket med inspiration og genbrug fra rumfærgen. I 2021 er den første flyvning planlagt - Artemis 1. SLS skal bringe en ny, tom mandskabskapsel, Orion MPCV (Multi-Purpose Crew Vehicle), med på test tur til Månen. Prisen for Artemis 1 er ca. 1.000 mio. US\$.

SLS (Space Launch System) under opsendelse - USA's næste store løfteraket (artistisk fremstilling).
Billede: NASA/Mack Crawford NASASpaceflight.com



Cubesats på Artemis 1 - Lunar Flashlight

NASA kunne jo se, at der er en rivende udvikling indenfor cubesats, og de besluttede derfor at tage 13 stk. 6U cubesats med på Artemis 1 som "secondary payload" – "a free ride". De er alle professionelle missioner fra især NASA og universiteter i USA, men også fra bl.a. ASI (Italien) og JAXA (Japan). Det ville have været spændende med en ren studentsatellit, men det ser vi nok en anden gang. Missionerne har alle et professionelt og/eller videnskabeligt formål.

En af missionerne er Lunar Flashlight, der er en

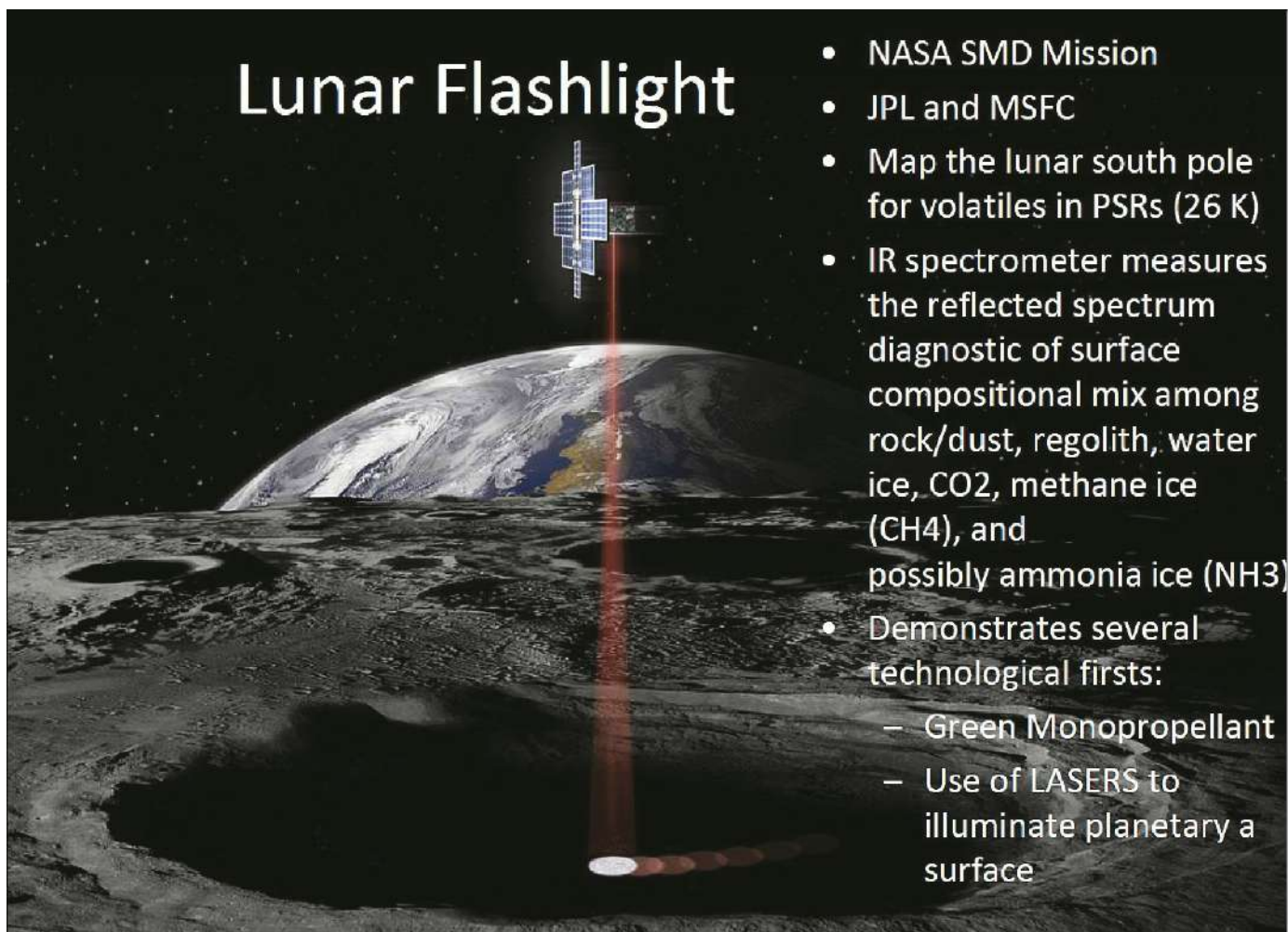
videnskabelig cubesat mission til Månen. Forslagsstillerne er NASA Jet Propulsion Laboratory(JPL) og The Marshall Space Flight Center. De to organisationer har tilsammen 12.000 ansatte og er begge en del af NASAs organisation.

NASA beskriver Lunar Flashlight missionen med disse ord: "... this innovative, low-cost secondary payload concept will map the lunar south pole for volatiles and demonstrate several technological firsts, including being the first CubeSat to reach the Moon, the first planetary CubeSat mission to use "green" propulsion, and the first mission to use lasers to look for water ice." [1]

Missionen indgår i NASAs Strategic Knowledge Gaps (SKGs). Med deres egne ord: "Strategic Knowledge Gaps, or SKGs, represent gaps in knowledge or information required to reduce risk, increase effectiveness, and improve the design of robotic and human space exploration missions. NASA uses SKGs to help inform research and investment strategies, and prioritize technology development for human and robotic exploration." [2]

[1]
https://www.jpl.nasa.gov/cubesat/missions/lunar_flashlight.php
[2]
<https://www.nasa.gov/exploration/library/skg.html>

Lunar Flashlight under målinger (artistisk fremstilling). Billede: NASA



Lunar Flashlight - en 6U cubesat

Lunar Flashlight er – som de andre – en 6U cubesat.

Opgaven er at se, om der kan findes vand eller is (vandis) på Månen.

På det meste af Månen er sandsynligheden for forekomst af vand meget lav. Der er varmt, når solen skinner, og der er nærmest ingen atmosfære, så vand fordamper og bliver blæst væk af solvind. Men på sydpolen af Månen er der områder nede i kratere, der altid er i skygge. Gennemsnitstemperaturen på sydpolen er -6°C , men meget lavere i områder med permanent skygge (ned til $-247^{\circ}\text{C}/26^{\circ}\text{K}$). Så skal der findes vand på Månen, skal man hente is i dybe kratere på sydpolen. Disse områder kaldes "cold lunar traps". Fordi der er så koldt, kan vandmolekyler ikke modtage så meget energi, at de kan "komme væk". Derfor kan der i kratere være vand, der er nærmest lige så gammelt som kraterne selv.

Missionen - vand

Man vil "kigge" efter vand med "near-infrared" lasers, hvor det reflekterede lys undersøges ved hjælp af spektrometre. Lys i dette frekvensområde absorberes meget af vand. Den enkle forklaring er, at hvis der reflekteres lys, har laserens belyst klipper, grus eller sten. Hvis der "intet" lys reflekteres, er laserens lys absorberet af vandis. Det kan derfor kun afgøres, om der er is på overfladen, men ikke længere nede i "jorden".

Oprindeligt var konceptet et 80 m² stort solsejl, der skulle reflektere solens stråler ned i kratere. Et solsejl eller en

solreflektor på 80 m², der skulle udfoldes fra en 6 liters-cubesat, var ikke helt trivielt og blev nok vurderet som for stor en risiko for missionen, så undervejs blev det ændret til, at der benyttes et sæt af "near-infrared" lasers i stedet.

Udover vand kan der også spores CO₂, metan-is (CH₄), regolit (støv) og muligvis også ammoniak (NH₃) på samme måde, som der testes for vand. Det forventes, at vandkoncentrationer ned til 0,5 % kan detekteres.

Selve missionen og kredsløb

Missionen er planlagt til at vare mindst to måneder.

Man vil gerne tæt på overfladen af hensyn til målingerne, og det forventes, at sydpols passager ligger i mellem 12,6 og 52,4 kilometers højde.

Derfor flyves der i et "near-rectilinear orbit", hvor man i en del af kredsløbet er meget tæt på Månens overflade og i andre dele langt væk. Man kan groft beskrive det som et elliptisk, skævt centreret kredsløb, hvor man flyver lavt henover sydpolen.

Der er planlagt i alt 11 forskellige "near-rectilinear orbits" for de to måneder, og de ligger indenfor 10 grader væk fra sydpolen.

Målinger vil foregå ved at sende lasersignaler i 1 millisekund og måle i 1 millisekund. Man er i ca. samme orbit i nogle dage, og ved at sammenholde data fra de enkelte ens kredsløb kan højere kvalitet af målinger opnås.

Selve satellitten

Lunar Flashlight er på mange måder en arketypisk cubesat-mission. Den bruger mange COTS (Commercial Off-The-Shelf) subsystemer: momenthjul, CPU boards, solpaneler, batteripakker, stjerne kamera mv. JPL leverer selv kommunikation i X-bånd (i 7-8 GHz området), som har vist sig anvendelig i MarCO missionen. Det kemiske propulsion-system medbringer 2 kg grønt brændstof (monopropellant), og systemet fylder 3U. Det betyder, at det dels er muligt at manøvrere og dels at fjerne energi fra momenthjul. Da Månen jo ikke har et beskyttende magnetfelt, er kritiske komponenter såsom onboard computere strålingstolerante (RAD: "radiation tolerant"). Det er noget, man normalt ikke ser i cubesats i lave jordomløb – det er relativt dyrt og godt.

Så alt i alt en flot 6U cubesat lavet med høj kvalitets COTS-komponenter, som gør, at udvikling og konstruktion kan gøres på relativ kort tid.

Hvis missionen lykkes, er det det første store skridt på vejen mod anerkendelsen af nytten af cubesat-missioner indenfor science væk fra Jorden.

Pøj pøj

Vi krydser alle fingre for missionen og håber, at den lykkes.

Og prisen? Det er en billig mission ifølge NASA. Den er prissat til omkring \$ 8 mio.

Projekt LUNARK

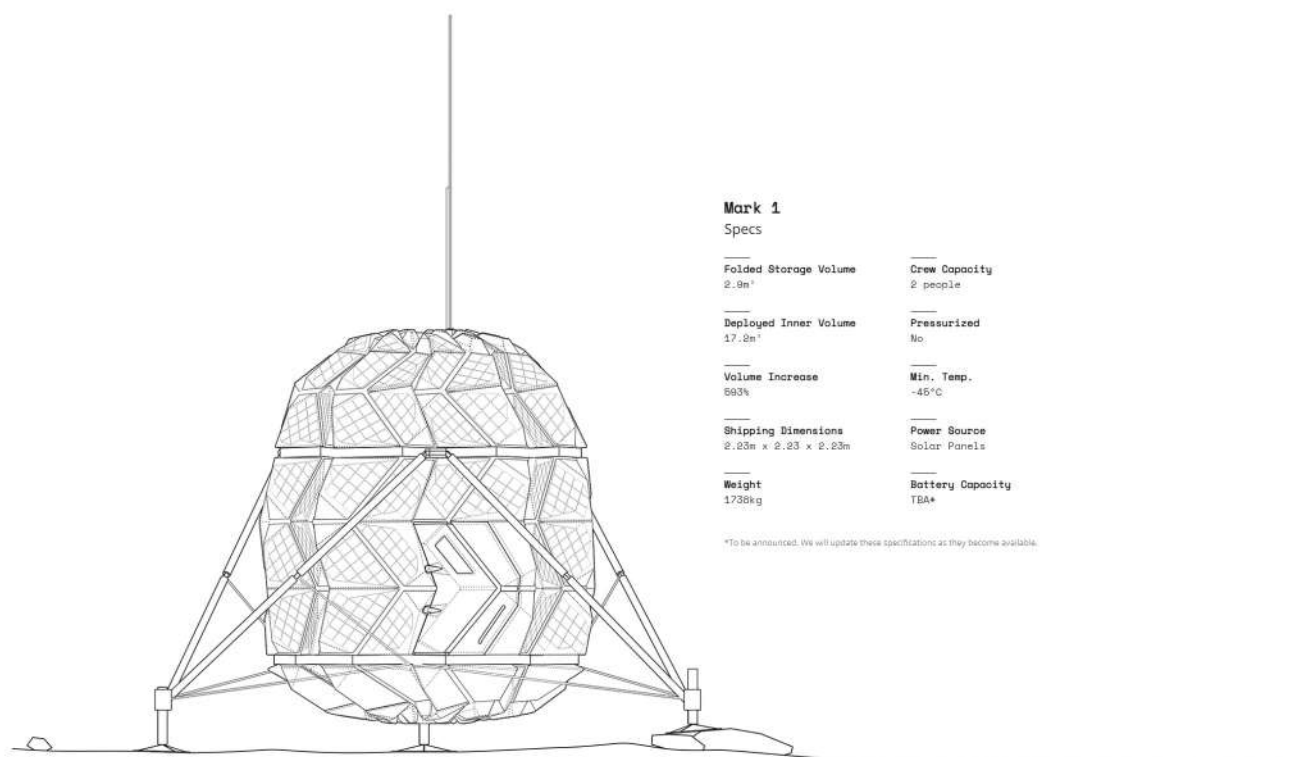
Udviklingen af et prototype månehabitat til en simuleret månemission i Nordgrønland.

TEKST: SEBASTIAN ARISTOSTELIS og KARL-JOHAN SØRENSEN,
SAGA Space Architects

Hvad skal der til for at bygge på Månen? I løbet af det sidste år har vi i SAGA Space Architects, gennem projekt LUNARK, undersøgt dette spørgsmål ved at designe et prototype-månehabitat. Nu skal vi i gang med at bygge det, og herefter vil SAGAs grundlæggere, Sebastian Aristotelis og Karl-Johan Sørensen, tilbringe 3 måneder i det færdige habitat, på den første simulerede månemission i Nordgrønland.



Rendering af Habitatet. Billede: SAGA Space Architects



Opstalt af Habitatet med specifikationer. Billede: SAGA Space Architects

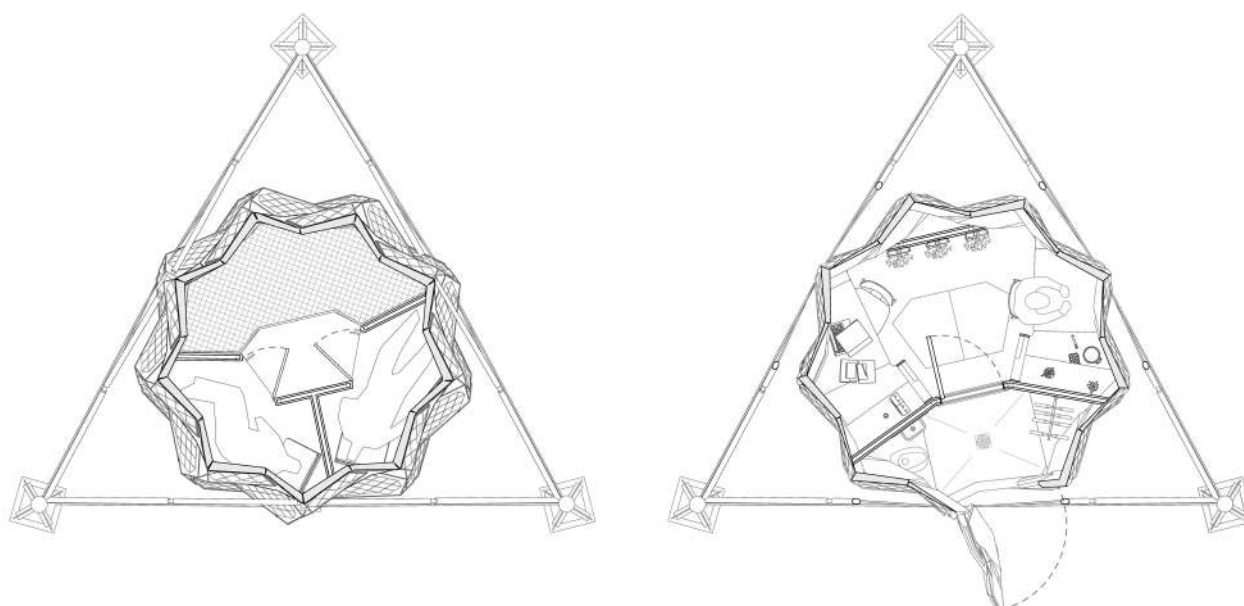
Projektet ledes af Karl-Johan og Sebastian, som har vundet flere priser for deres kreative arbejde i SAGA. De har nu kastet sig ud i deres hidtil mest ambitiøse projekt, understøttet af et hold på 11, bestående af arkitekter, ingeniører, programmører,

psykologer, industrielle designere mm.

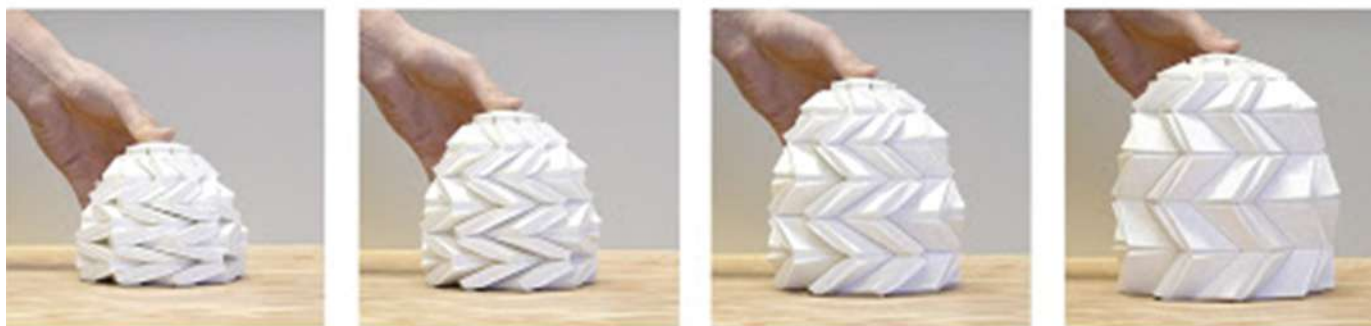
Isoleret fra omverdenen, i et af klodens mest barske klimaer, skal habitatet udholde temperaturer ned til 30 minusgrader og isvinde af

orkanstyrke, samt forsyne dets to beboere med mad, varme og stimulus til at bekæmpe den ekstreme monotoni.

Hvorfor kaster vi os ud i sådan et vanvittigt projekt? Fordi snart drager mennesker mod Månen



Plan-snit af Habitatet - sovekupeer og hovedrummet. Billede: SAGA Space Architects



Fotoserie af vores 3D-printede foldelige arbejdsmodel. Billede: SAGA Space Architects

igen – og denne gang er det ikke for blot at plante et flag, men for at bosætte sig. Hvis mennesker skal bo på Månen eller andre planeter, er det vigtigt, at vi er omhyggelige med, hvordan vi designer hjemmene til disse pionerer. I rummet udgør dit habitat hele din verden – der eksisterer ikke noget natur, ingen ændring i omgivelserne, eller nogen form for variation.

Der er kun dig og din kapsel.

Hvis vi fortsætter med at designe sterile overlevelsesmaskiner, vil de fremtidige astronauter visne af mangel på natur og sensorisk stimuli. Forskningen viser, at isolation, indespærring og mangel på stimuli bliver store udfordringer i fremtidens langtids-rumrejser. Derfor bruger vi Projekt LUNARK til at udvikle og teste et radikalt nytænkende månehabitat, hvor arkitekturen hjælper til at modvirke monotoni, klaustrofobi og psykisk stress.

Vi vil forstå på vores egen krop, hvad der præcis er vigtigt, når man lever i isolation under disse ekstreme forhold. Som arkitekter føler vi et ansvar for fremtidige bosætteres sundhed og trivsel. Derfor har vi påtaget os den

opgave at fordybe os totalt i problemstillingen.

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

Psykologiske studier er desuden begrænset af stramme etiske forholdsregler. Missionerne kan ikke udsætte deltagerne for større fare eller mentalt stress, end hvad de er vant til i deres dagligdag. Dette gør studierne, i vores optik, for komfortable.

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

Vores Habitat skal ligge tæt på Thulebasen, og grunden til, at vi valgte netop dette sted, er blandt andet, at det er vigtigt, at projektet finder sted i et miljø,

som ligner og opfører sig som Månens overflade. Nordgrønland har nogle unikke egenskaber, som gør det til et ideelt sted at teste koncepter til Månen. Landskabet er øde og livløst, solen følger ikke en normal døgnrytme, og i stedet for en rumdragt, skal man have polardragt på, for at overleve kulden.

Den planlagte destination for de første bosættelser på Månen er på Månens sydpol, også kendt som "The Peak of Eternal Light". Ligesom i Nordgrønland er der dagslys i flere måneder ad gangen. Hver gang vi skal ud af Habitatet, skal vi også have ordentlig beklædning på, der kan modstå temperaturer, der når under -30°C . Der ingen plads til fejltagelser – i Nordgrønland behøver man ikke at lade som om, man er afskåret fra resten af verden. Transport- og kommunikationsmulighederne er næsten så begrænsede som på Månen.

Fragt til Månen eller Grønland er besværlig. Vi har brugt et år på at udvikle en unik, udfoldelig struktur, for at spare plads under transport og maksimere pladsen efter udfoldelsen. For at gøre det

har vi undersøgt den 400 år gamle japanske origami-tradition, en teknik til foldning af papir. Teknikken er tidligere blevet brugt til at designe udfoldelige solpaneler, men udfordringen ligger i at omsætte origami fra tynde til tykkere paneler, som kan isoleres, men som stadig kan foldes. Habitatet skal passe ind i en standard container, og parallelt skal et månehabitat passe ind i en raket. Habitatet udvider sig 560 % i volumen, fra kompakt til udfoldet.

I dets komprimerede stadie er der stadig nok plads inde i Habitatet til at rumme dele af interiøret, der skal indrette Sebastians og Karl-Johans omgivelser under missionen. Indenfor SAGA siger vi, at det er "bygget som en tank, indrettet

som et hjem." Habitatet skal introducere "hygge" til rumarkitektur, men samtidig være robust nok til at modstå de ekstreme forhold på både Månen og i Grønland.

Vi vil blandt andet introducere en "circadian simulator" gennem lyspaneler, der kan skabe en døgnrytme. Forestil dig et loft, der langsomt ændres i farvetone og lysstyrke over dagen; lyst om morgenen til at vække dig og glødende i nuancer af pink og orange, mens du går i seng. Derudover skal vi have en vejr simulator, som kan tilføje overraskelser i det langvarige ophold i Habitatet. I stedet for at bo i en kapsel, hvor hver dag er den samme, kan du vågne op til en stormfuld dag, lyden af regn eller en regnbue af farver. Vi mener, at dette kan være en

nøgle til at bryde rummets monotoni.

Habitatet er totalt off-grid – al energien kommer fra solpaneler i skallen af strukturen. I en tid, hvor energibehov er stærkt voksende, undersøger vi med LUNARK, hvordan man kan lave et bæredygtigt hjem. Den ekstreme virkelighed i det arktiske klima forstærker automatisk en zero-waste og energieffektiv levemåde.

LUNARK er en platform for accelereret læring i bæredygtigt design – også til Jorden. Vi håber, at erfaringerne fra missionen vil bringe innovation til det byggede miljø i Danmark.

Læs mere om projektet her:
www.lunark.space



Visualisering af Habitatet. Billede: SAGA Space Architects

"Rundt om Månen" udstillingen i Rundetaarn

TEKST: LYKKE PEDERSEN, formand for Dansk Selskab for Rumfartsforskning

I oktober 2019 fejrede Dansk Selskab for Rumfartsforskning 50 året for den første bemandede landing på Månen med udstillingen "Rundt om Månen" i Bibliotekssalen i Rundetaarn. Udstillingen var en del af vores Space Days 2019.

Vi viser her en række billeder fra udstillingen og derpå følger tre artikler skrevet af studerende, der var udstillingssguider og lavede workshops under udstillingen indenfor emnerne: programmering, brug af Augmented Reality (AR) og rummad. Deres projektrapporter kan læses på spacedays.dk.

Nåede du ikke at se udstillingen i Rundetaarn, så kan du tage til Brorfelde Observatorium, hvor en del af udstillingselementerne vises frem til årsskiftet. Derefter kommer udstillingen til København, hvor den vil blive vist i Lundehusskolens flotte aula på Østerbro, og blive udbudt til skolebørn. Så vil endnu flere få glæde af udstillingen.



Ved billetlugen i Rundetaarn.
Billede: Ulla Håkansson



Udsigt over udstillingen. I midten på podiet ses en 3D-printet model af Månen, skabt af Lukas Christensen, PhD studerende, DTU Space. Billede: Henrik Vagner



Lampe (2 m i diameter) med Månens forside og til højre kort over Månen fra 1967 med forslag til landingssteder. På bordet 3D-print af Apollo missionerne landingssteder (3D-printet af TPU). Billede: Henrik Vagner



60'er stue med fjernsyn, hvor man kunne sidde og se månelandingen. Møblerne var lånt af bl.a. en spejderklub og det gamle fjernsyn lånte vi af Danmarks Tekniske Museum. Billede: Jeanette Bursche



Under udstillingen var der andre aktiviteter, f.eks, jazz koncerten "Univers på Vers". I baggrunden ses film om Apollo 11 missionen, der kørte i loop i åbningstiden. Filmen var sammensat af Mediehuset i samarbejde med Finn Willadsen og blev vist med tilladelse fra Ben Feist, NASA. Billede: Lykke Pedersen



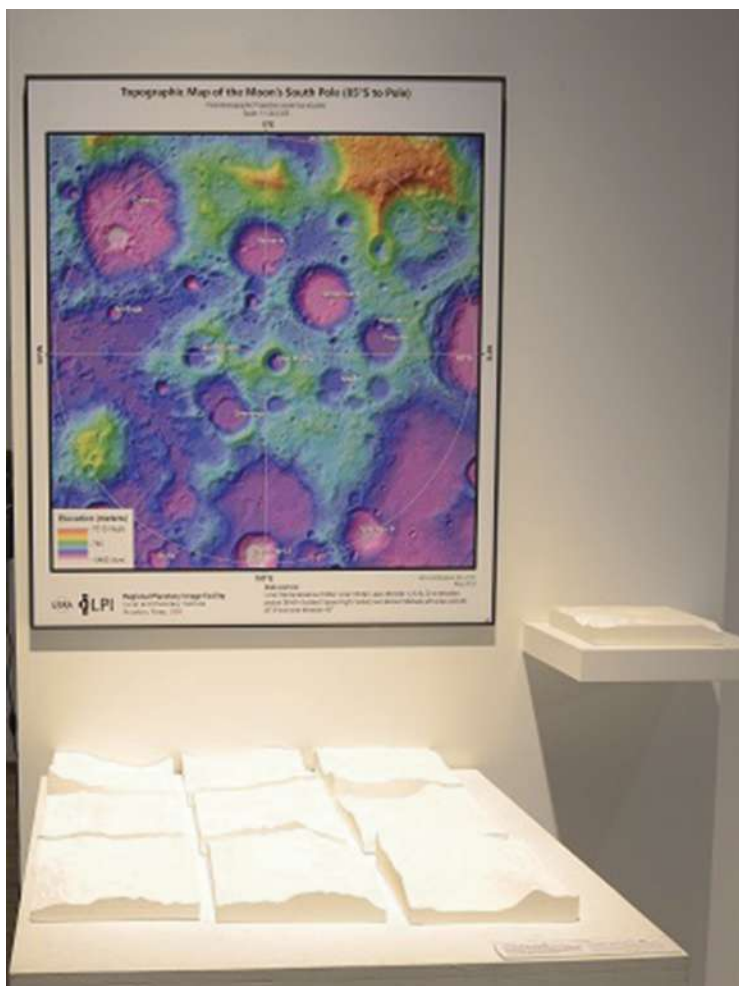
Modeller af rumfartøjer fra den amerikanske side og den sovjetiske side stillet side om side. Modellerne er bygget af Peter Batenburg fra Det Hollandske Rumfartsselskab. Peter tog turen i sin bil til København fra Holland og tilbage to gange for at aflevere og opstille modellerne og senere for at pakke og køre dem hjem.

Billede: Henrik Vagner

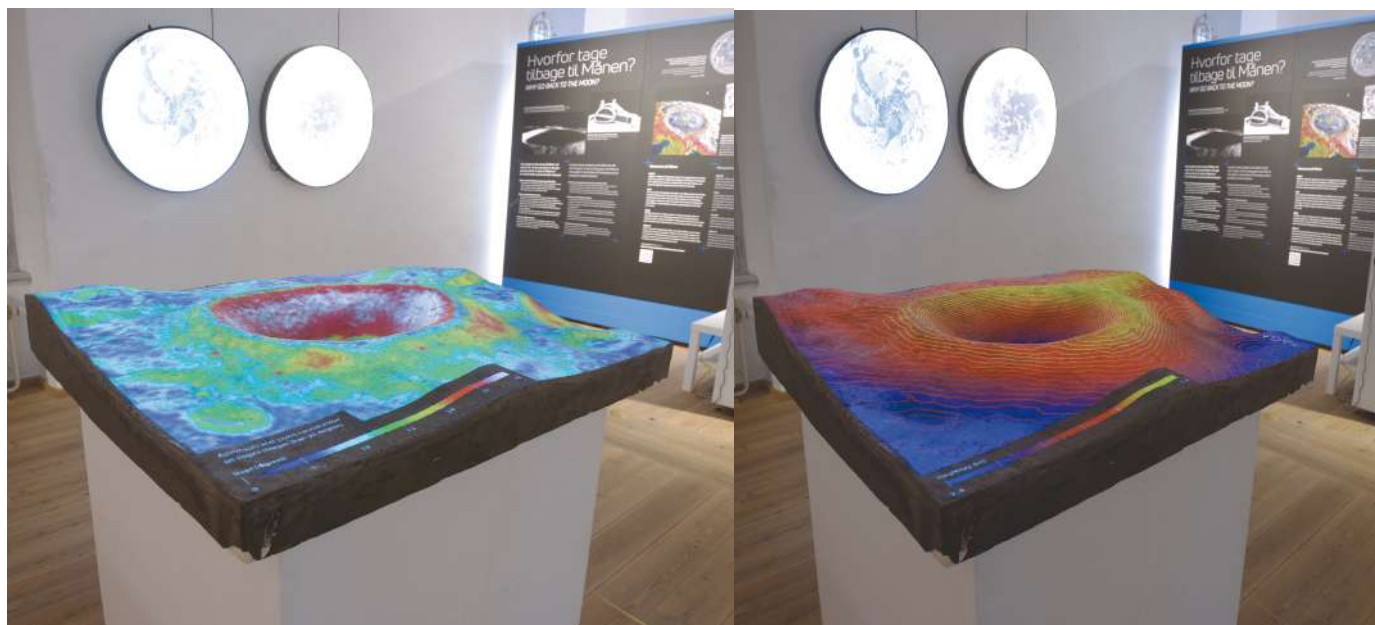


3D-printet puslespil af Månens sydpol. Brikkerne er printet af SAGA Space Architects og filerne til 3D-printet blev lavet af Emily Law fra NASA. På væggen hænger et topografisk kort over Månens sydpol udviklet af Lunar and Planetary Institute, USA. Billede: Henrik Vagner

I anledning af 50 året for månelandingen og Apollo 11 missionen havde DTU Space skabt kunstværket "Mirror Stage" i samarbejde med kunstneren Honey Biba. "Mirror Stage" (på gulvet) er en model af laserreflektor eksperimentet, som blev opstillet på Månen, da Neil Armstrong og Buzz Aldrin befandt sig på Månen. Billede: Henrik Vagner



"Augmented Reality Sandbox" udlånt af DTU Compute, hvor man kunne lave månekratere og få vist højder i forskellige farver, der ændrede sig realtime, når landskabet ændrede form. Billede: Jeanette Bursche



Model af Shackleton-krateret, der ligger ved Månens sydpol. Fra en projektor i loftet vises en animation med farveoplysninger om krateret. Farverne til venstre viser bakkernes hældning i landskabet. Farverne til højre viser højder i landskabet. Modellen er lavet af SAGA Space Architects. Billede: Henrik Vagner



Tre af gæsterne till åbningen af udstillingen var kommet helt fra USA for at være med. Fra venstre er det John Horack, professor og Neil Armstrong Chair in Aerospace Policy, The Ohio State University, den danske astronaut Andreas Mogensen og Emily Law fra NASA's Jet Propulsion Laboratory. Yderst til højre ses formand for Dansk Selskab for Rumfartsforskning, Lykke Pedersen, der fik ideen til udstillingen og var primus motor for realiseringen af udstillingen.

Foto: HASSE FERROLD



Paneldiskussion "How do we return to the Moon?" i Rundetaarns Bibliotekssal den 5.oktober. Fra venstre ses John Horack (The Ohio State University), Andreas Mogensen (ESA astronaut), Gitte Bailey Hass (formand for Danmarks Fysik og Kemilærerforening), Sebastian Aristoteles (SAGA Space Architects), Peter Batenburg (Det Hollandske Rumfartsselskab) og Emily Law (NASA JPL). Foto: Sarunas Kazlauskas



Til Tower Talk den 10. oktober valgte vi at give børn og unge mulighed for at fremlægge projekter om rummet og Månen. Her er det elever fra femte klasse på Bellahøj Skole, der lavede en præsentation. Der var også oplæg af gymnasieelever fra ZBC Ringsted og PUK-kursister fra Københavns Universitet. Billede: Lykke Pedersen

Jakob Arthur Andersen, astrofotograf, holdt foredrag om at tage billeder af Månen. Billede: Fini Alring



Læring med leg: Programmering af månemissioner

TEKST: METTE BAUNGAARD, Astrofysik Bachelor Studerende, PUK-kursist under udstillingen i Rundetaarn. Læs hele projektet under www.spacedays.dk/guider/ under "Robotter og fremtidens missioner"

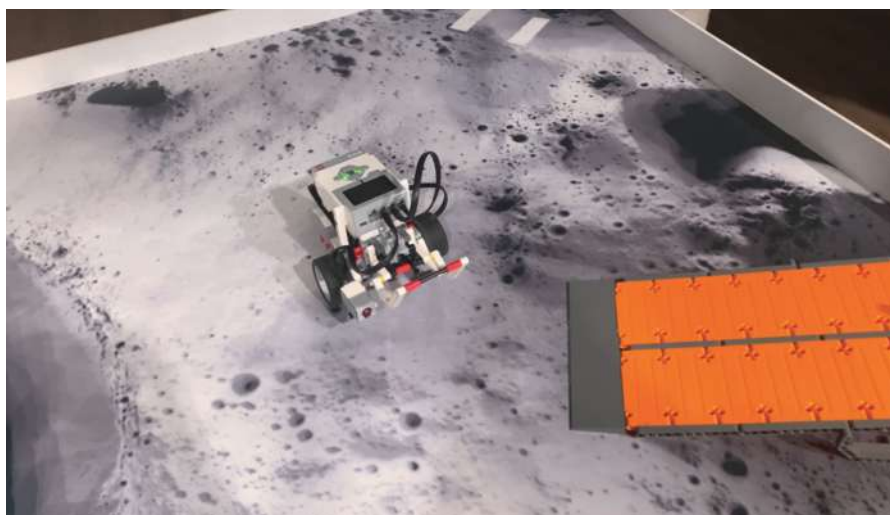
Vi lever i en verden, hvor der dagligt bliver produceret meget data. Det kræver, at vores data bliver behandlet, hvilket gør dataindsamling og dermed programmering til en del af vores dagligdag. Programmering kan være svært, men er en vigtig del af vores hverdag. Programmering er meget sensitiv, hvilket bevirker, at det kan være svært og kompliceret at lære og at undervise i. Men hvordan kan man tilrettelægge og planlægge undervisning for børn og unge, så det er muligt at vække deres interesse og styrke deres viden på området? I forbindelse med udstillingen "Rundt om Månen" i Rundetaarn fik min studiekammerat, Carl Rosenberg, og jeg muligheden for at udforske netop dette område.

At formidle programmering med LEGO-robotter

I forbindelse med udstillingen "Rundt om Månen" blev der oprettet et nyt kursus på Københavns Universitet, som vi kaldte for PUK (Projekt Udenfor Kursusregi). Kurset gjorde det muligt for os PUK'ere at bruge udstillingen som en kilde i et formidlingsprojekt. Dette var et nyt og anderledes kursus, som ikke var udbudt før. Da det omhandlede Månen og landingerne herpå, var jeg med det samme interesseret. Kurset indebar, at vi lavede et projekt om formidling til den brede befolkning, der besøgte udstillingen i Rundetaarn. Vi arbejdede med, hvordan vi kunne skabe og planlægge en aktivitet, der brugte udstillingen til at formidle programmering til børn og unge. Personligt har programmering altid været meget svært for mig, og jeg er stadigvæk i processen, hvor jeg selv skal udforske det meget mere. Da jeg var yngre, blev jeg ikke undervist i programmering, hvorfor jeg selv har lyst til at arbejde videre med dette område og anser det for at være

et vigtigt element i STEM-undervisning af børn og unge. Vores formidlingsprojekt blev til en aktivitet med brug af Mindstorms LEGO-robotter. Disse aktiviteter havde udgangspunkt i programmering af robotterne til at udføre missioner. Vi ønskede på den måde at løse følgende problemstilling: Hvordan kan vi bruge LEGO-robotterne til at formidle, at programmering er sjovt og spændende, samtidig med at vi viser vigtigheden af programmering, samt hvilken forbindelse det har til arbejdet med Månen og rummet?

LEGO robot på måne bane.



Formidlingsprojektet

Kurset var bygget op omkring de didaktiske metoder indenfor formidling, hvor vi blev undervist i nogle grundlæggende didaktiske metoder. Vi arbejdede bl.a. med 6F-modellen, som er en undervisningsmodel, der deler undervisningsprocessen op i seks faser. Vi brugte denne model til at udforme en aktivitet, som både kunne anvendes til udstillingen og til skoletjenester. Som en del af planlægningsfasen var vi ude og interviewe gymnasieelever for at få en ide om, hvordan vi skulle udføre projektet, så det fungerede bedst muligt for alle. Vi fandt frem til, at eleverne ønskede at udforske



Carl og jeg "fanger" eleverne til skoletjenester.

robotten selv. De ønskede ikke instrukser i, hvordan aktiviteten skulle laves, men de ville gerne have muligheden for at få mere hjælp, hvis de fik brug for det. Vi planlagde vores aktivitet således, at eleverne fik mulighed for selv at finde ud af, hvad de forskellige knapper betød, men at de, der havde brug for hjælp, kunne få det fra os undervisere, ligesom de kunne få en detaljeret vejledning, som vi havde lavet. Denne metode kaldes "Læring med leg".

Aktiviteten og udstillingen

Vores projekt var opdelt i to dele, en aktivitet til skoletjenester samt en til udstillingens generelle gæster. Under skoletjenesten kom skoleklasser ind til udstillingen og havde to timer til at lege med robotterne og udføre missionerne. Aktiviteten til udstillingen gav gæsterne 10 minutter til at lave en lille mission. Til skoletjenesterne havde vi meget fokus på at fange elevernes interesse, inden de gik i gang med aktiviteten. Vi havde lavet en PowerPoint-præsentation, der forklarede lidt om Månen og de

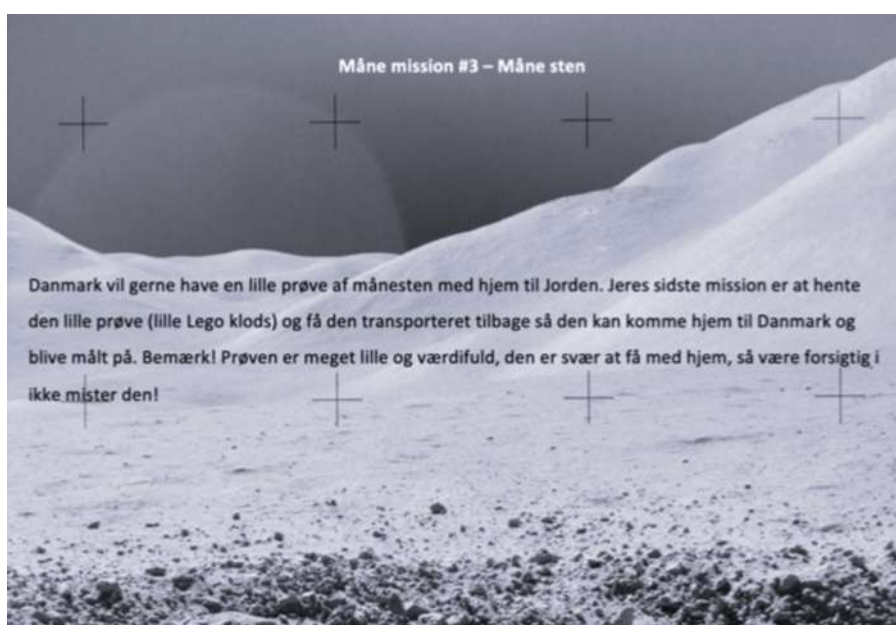
fremtidige missioner, og hvordan programmering spiller ind i den ligning. Det viste sig at være meget sværere at fange gæsterne til udstillingen, da de havde for kort tid.

Hvad lærte vi?

Igennem projektet undersøgte vi, hvordan man kan bruge metoden "Læring med leg" til at formidle programmering til unge. De to aktiviteter brugte vi til at undersøge, hvordan de forskellige læringsmiljøer hjalp vores formål med projektet.

Gennem refleksioner og feedback fra både egne undervisere, medstuderende samt gæsterne fra både skoletjenesterne og udstillingen kan vi konkludere, at læringsmiljøet for skoletjenesterne var meget bedre egnet til at opfylde vores formål. Det var vigtigt, at man havde tid til at fange interessen, men også til at udføre aktiviteten, da aktiviteten kunne virke "skræmmende" for dem, der ikke kendte meget til programmering.

Måne mission til gæster og elever.



Om brugen af Augmented Reality til videnskabsformidling

TEKST: SIMONE VEJLGAARD NIELSEN, Bachelorstuderende i astrofysik ved Niels Bohr Institutet, PUK-kursist under udstillingen i Rundetaarn. Læs hele projektet www.spacedays.dk/guider/ under "Månens dannelse og geologi"

Optagelsestallene for studieåret 2019/2020 efterlader ikke meget til fantasien. På bacheloruddannelserne er optagelsen en generelt stødt stigende kurve, men ikke alle områder følger trop. Inden for STEM-fagene ("Science, Technology, Engineering and Mathematics") skiller det naturvidenskabelige fagområde sig ud som det eneste, der ikke kan vise fremgang. Er naturvidenskaben et færdigt kapitel, sådan som Lord Kelvin beskrev det i sin berømte "Two clouds"-tale* til Royal Society i år 1902? Augmented Reality lader børn og unge se et mere nuanceret billede af naturvidenskabens nutidige rolle.

"Rundt om Månen"

Da Dansk Selskab for Rumfartsforskning afholdt udstillingen "Rundt om Månen" i Rundetaarn i forbindelse med 50-året for Apollo 11 missionen, blev jeg og andre studerende fra Københavns Universitet tilbudt at bruge udstillingens rammer som grundlag for projektarbejde. Det overordnede emne for alle projekterne var at undersøge, hvordan man udfører videnskabsformidling i et uformelt læringsmiljø.

DTU Compute havde stillet denne "Augmented Reality Sandbox" til rådighed for udstillingen. Her ses den med den opsætning, der var benyttet i "Rundt om Månen". Billede: Simone Vejlggaard Nielsen

Mit projektarbejde byggede jeg op omkring en såkaldt "Augmented Reality Sandbox" (i det følgende kaldet ARS), der var stillet til rådighed af DTU Compute. Som flere af udstillingens gæster udbrød efter at have set det, som I kan se på billedet nedenfor, er det naturlige spørgsmål selvfølgelig: Hvad i alverden er det?

Den moderne sandkasse

En ARS består i al sin enkelthed af en sandkasse, hvorpå man

har monteret en detektor og en projektor. Med forbindelse til en computer kan det samlede elektroniske system opdatere ændringer i sandets fordeling på et projiceret topografisk kort i realtid. På den måde kan man forme sit eget (måne)landskab ved at grave fordybninger, bygge bakker i sandet og ved brug af et højdekort på sandkassens side oversætte farverne til en virkelighedstro størrelsesskala. Onde tunger vil sikkert sige, at den slags teknologi distraherer mere, end den vækker oprigtig interesse for naturvidenskab, hvilket mit projektarbejde også indikerer, at de kan have ret i, hvis ARS'en ikke anvendes hensigtsmæssigt. Inden vi når til en nærmere beskrivelse af den optimale anvendelse, er det dog



*Også kaldet "Lord Kelvin, Nineteenth Century Clouds over the Dynamical Theory of Heat and Light", Notices of the Proceedings at the Meetings of the Members of the Royal Institution of Great Britain with Abstracts of the Discourses, Volume 16, trykt i Philosophical Magazine, 2, 1–40 (1901)



Kunstnerisk fortolkning af, hvordan "Big Splash" kunne have set ud.
Billede: NASA JPL/Caltech

værd at overveje, hvad målsætningen er.

I mit projektarbejde er målet at vise børn og unge, hvordan vores nuværende viden om Månens oprindelse er indsamlet, og at påpege, hvordan Månens oprindelse hænger sammen med Jordens udvikling. Baseret på kvalitative interviews af en mindre gruppe danske folkeskole- og gymnasieelever tegner der sig nemlig et billede af, at børn og unge savner indblik i, hvorfor nutidig rumfartsforskning er relevant for dem og deres egne liv. Undersøgelserne indikerer også, at dette kan hænge sammen med, at de ikke er bekendt med de indbyggede usikkerheder, der findes i forskning inden for rumfart og astrofysik. Således kan målgruppens naturvidenskabelige himmel være meget lig den næsten klare himmel, Lord Kelvin beskrev for Royal Society.

Naturvidenskabelig metode

Når man arbejder med astrofysik, støder man ofte på en udfordring, der ellers ikke forbindes med naturvidenskab: Det er nemlig meget svært at lave eksperimenter, hvorigennem man direkte efterprøver sin teori. Et relevant eksempel er den såkaldte "Big Splash"-hypotese**. Hypotesen beskriver dannelsen af Månen som et resultat af et voldsomt sammenstød mellem en tidlig udgave af Jorden og en protoudgave af Månen, der skulle have været omtrent på størrelse med den nutidige udgave af Mars. I stedet for at genskabe denne kostbare og besværlige proces observerer man Jorden og Månen for at finde ud af, om noget tyder på, at sammenstødet kan have fundet sted.

De månesten, som Apollo-missionerne tog med hjem, har samme indhold af stabile isotoper som sten fra Jorden, hvilket indikerer, at de er skabt af det samme materiale, sådan som man ville forvente ved et voldsomt sammenstød. Derudover viser undersøgelserne, at Månens overflade engang har været så varm, at den er smeltet, hvorved "Big Splash"-hypotesen igen styrkes. Bemærk her ordet 'styrkes' frem for 'bekræftes'. Et lignende ordvalg kan komme frem ved brug af ARS'en i flere forskellige rammesætninger. Resultaterne af mit projekt indikerer, at det kan have en positiv effekt at give målgruppen en kort introduktion til selve ARS'en og derefter give dem plads til uforstyrret at undersøge måneoverfladen og "Big Splash"-hypotesen. Der observeres også tegn på gavnligt udbytte af efterfølgende hjælp til formulering af en konklusion.

En opfordring

På dette grundlag skal den optimale anvendelse af ARS'en vise, at resultater inden for rumforskning ofte opnås ved at regne baglæns, og at de derfor er forbundet med en vis usikkerhed. Mit projektarbejde indikerer, at dette også er tilfældet i praksis, men da projektet ikke arbejder med en kontrolgruppe, er flere undersøgelser af Augmented Reality til videnskabsformidling nødvendige.

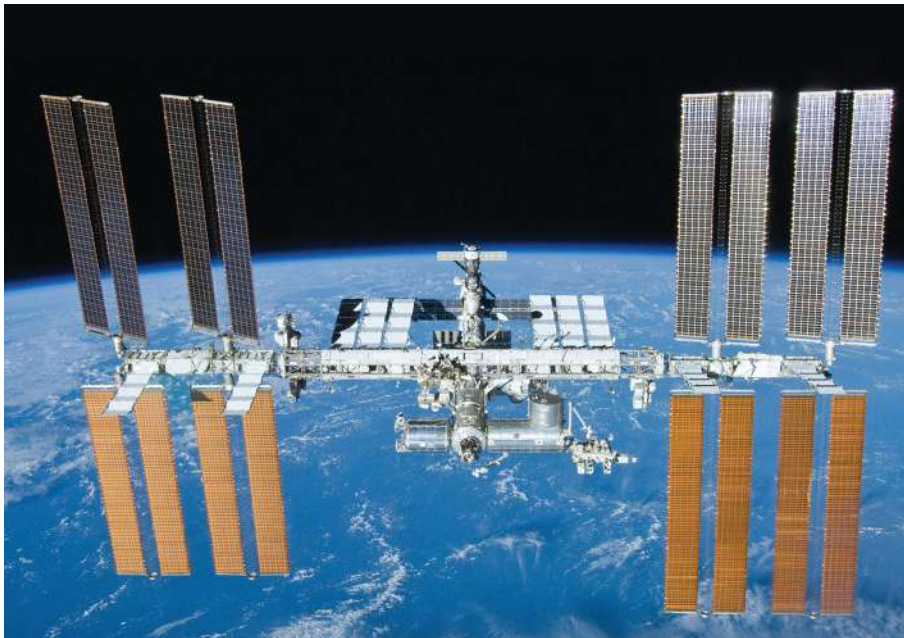
*** "Big Splash" teorien kaldes også kollisionsteorien. Læs mere hos Young et. al.: The Apollo Lunar Samples: Collection Analysis and Results, trykt af Springer (2017).

En hverdag i vægtløshed

TEKST: IBEN NIKOLAJSEN,

Stud.scient., molekylær biomedicin, Københavns Universitet, PUK-kursist under udstillingen i Rundetaarn. Læs hele projektet på www.spacedays.dk/guider/ under "Mennesker i rummet"

Livet ombord på Den Internationale Rumstation minder på mange måder om hverdagen på Jorden. Der er dog nogle nødvendige tilpasninger, der må til, for at astronauterne kan bevare hverdagen i vægtløs tilstand. For hvordan spiser man et måltid, når ting svæver rundt om ørerne på én? Hvordan får man væske nok, når der kun kommer nye forsyninger hver tredje måned? Og hvordan holder man sig i form, når en håndvægt ikke vejer noget?



Den Internationale Rumstation. Billede: NASA

Hverdagsting som for eksempel at spise og drikke er sjældent noget, man bruger meget tid på at overveje, når man befinder sig på Jorden. Men for bemanningen på Den Internationale Rumstation er disse hverdagskoncepter ikke helt så simple. Det er nemlig ikke al mad, der kan begå sig i et miljø uden tyngdekraft. Når man på Jorden for eksempel spiser et stykke knækbrød, falder krummerne ned på jorden. Men i vægtløs tilstand vil de små krummer kunne have alvorlige konsekvenser, hvis de svæver ind i øjnene på bemanningen eller havner i maskineriet. Af

denne årsag bliver alle fødevarer grundigt screenet, før de kan sendes ud i rummet. Tortillaer er et godt alternativ til krummende brød og spises flittigt på rumstationen. Desuden påføres alle fødevarer et stykke velcro, så astronauterne kan fastgøre maden til bordet, så det ikke svæver væk.

Vægtløshed ændrer vores smagssans

Det er ikke kun de fysiske aspekter af fødevarer, der skal overvejes. Livet uden tyngdekraft får nemlig den væske, der findes i kroppen, til at fordele sig anderledes. Dette medvirker, at ens hoved svulmer op, og

slimhinderne i næsen blokeres – ganske som når man er forkølet. Dette påvirker i høj grad astronauternes smagssans. En måde, man selv kan teste dette på, er ved at tage et stykke persille og holde sig for næsen. Put persillen ind i munden og tyg godt på det, og slip så næsen. Man vil opleve, at man kun er i stand til at smage krydderurten, når man har sin lugtesans. Derfor er eksempelvis smagen af persille ubrugelig i vægtløs tilstand. Til gengæld er chili et godt eksempel på et krydderi, der kan smages uden brug af lugtesansen – og chilisovs er også en fast del af madsortimentet på rumstationen.

Et æble til 6.000 kroner

Udover smag er holdbarhed og vægt vigtige faktorer for den mad, der spises på Rumstationen. Ifølge NASA koster det omkring 4.500 amerikanske dollars, eller lige knap 30.000 danske kroner, at sende et kilo gods i kredsløb om Jorden[1]. Dette betyder, at et æble på 200 gram koster omkring 6.000 danske kroner at sende til rumstationen. Derfor er det vigtigt, at de fødevarer, der sendes, har den højst mulige ernæringsværdi for bemanningen, så der ikke



En "rumcheeseburger" lavet med en tortilla svæver i Den Internationale Rumstation med Peggy Whitson fra NASA. Astronauter bruger ofte tortillaer som alternativ til andet brød, da normalt brød ofte krummer og svæver i vægtløshed. Billede: NASA

spildes ressourcer. En god måde at spare på vægten, mens man bevarer ernæringsværdien, er ved frysetørring. Denne proces eliminerer nemlig en stor del af vandet i fødevaren, mens den ernæringsmæssige sammensætning forbliver den samme. I madsortimentet på rumstationen finder man både frysetørret frugt og frysetørret is.

Træning uden tyngdekraft

Selvom man sjældent tænker over det, bruger man en masse muskelkraft på at holde sig oprejst, at sætte sig ned i en stol, og at rejse sig op fra sin seng. Dette skyldes alt sammen tyngdekraften. Lever man i vægtløs tilstand, vil ens muskelmasse lynhurtigt svinde ind, da der ikke er nogen modstand på ens bevægelser. Af denne årsag er det vigtigt, at bemanningen på Den Internationale Rumstation opretholder muskelmasse ved at træne. Men i vægtløs tilstand er håndvægte ikke meget værd, så astronauterne benytter sig af modstandstræning. Det svarer til at udskifte håndvægte med elastikker her på Jorden. På

rumstationen findes der specialdesignede maskiner, som udgør en vægtmodstand, når astronauterne træner.

Genanvendt morgenkaffe

Det ville hurtigt blive meget dyrt at sende den nødvendige mængde væske til rumstationen. Derfor er der et avanceret genanvendelsessystem på stationen, hvor op til 80 % af al væske genanvendes [2]. Denne væske kommer for eksempel fra udåndingsluft, sved og urin, der renses kemisk og mekanisk, før det kan genanvendes som drikkevand. Det vil sige, at gårsdagens sved kan udgøre dagens morgenkaffe. Urin opsamles ved en svag udsugningsmekanisme i toiletterne. Skal astronauterne mere end blot at tisse, genanvendes dette dog ikke. Derimod samles det sammen med alt andet affald i kapsler, der en gang imellem skydes ud fra rumstationen for at brænde op i Jordens atmosfære. Tænk på det, næste gang du ser et stjernesud!



Astronauten Rick Mastracchio fra NASA benytter træningsmaskinen ombord på Den Internationale Rumstation. Maskinen kan simulere en belastning på op til 270 kilo. Billede: NASA

[1]
<https://www.nasa.gov/centers/marshall/news/background/facts/astp.html>

[2]
<https://blogs.esa.int/VITAmi ssion/2017/09/01/recycling-water-on-the-iss-an-infographic/>

Forskelligt

Space Exploration Danmark



Dansk Selskab for Rumfartsforskning er med i partnerskabet "Space Exploration Danmark", der er et nationalt partnerskab for Danmarks deltagelse i bemandet og ubemandet udforskning af rummet i perioden 2020 – 2022. Der er nedsat en række arbejdsgrupper til at arbejde med forskellige temaer. Partnerskabet koordineres af Kontoret RUM i Uddannelses- og Forskningsministeriet, der udover Space Exploration (rumstation, Månen og Mars) koordinerer andre partnerskaber indenfor disse spor: "Science" (planetforskning), "Rumbaserede uddannelser" samt "Anvendelse af satellitdata i Danmark og Arktis".

Vandreudstillingen "Rundt om Månen" i Nakskov

Vandreudstillingen "Rundt om Månen" kan ses på Nakskov Bibliotek fra 31. august til 12. september 2020. Udstillingen er opsat af bibliotekets medarbejder Alfred Christensen og Ole Henningsen, Søllested, der har været medlem af Dansk Selskab for Rumfartsforskning i 60 år. Ole udstiller selv en række nyere og ældre bøger om Månen og om rumfart, ligesom han udstiller en stump af Månen i form af et lille stykke af en meteorit (se billedet), der stammer fra Månens overflade. Ole Henningsen vil være til stede på åbningsdagen.

Et lille stykke af en meteorit, der stammer fra Månens overflade.
Billede: Ole Henningsen



IAC i Dubai udsættes til 2021 - virtuel IAC i 2020

På grund af situationen omkring COVID-19 er det besluttet at udsætte IAC (International Astronautical Congress) i Dubai til den 25.-29. oktober i 2021. I stedet for afholdes IAC 2020 i år virtuelt fra den 12.-14. oktober. IAC 2020 har temaet "IAF Connecting @All Space People": virtually and for free, we will embrace resilience by being connected together.

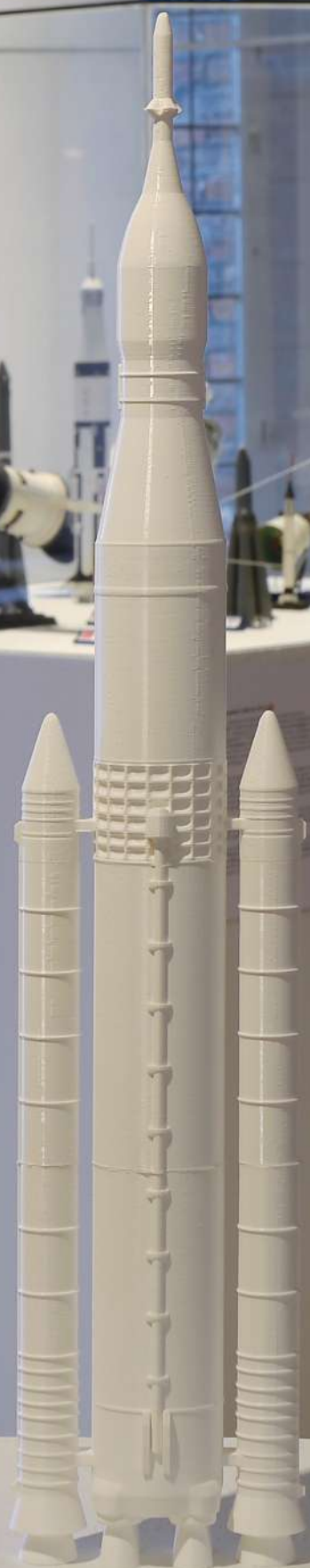
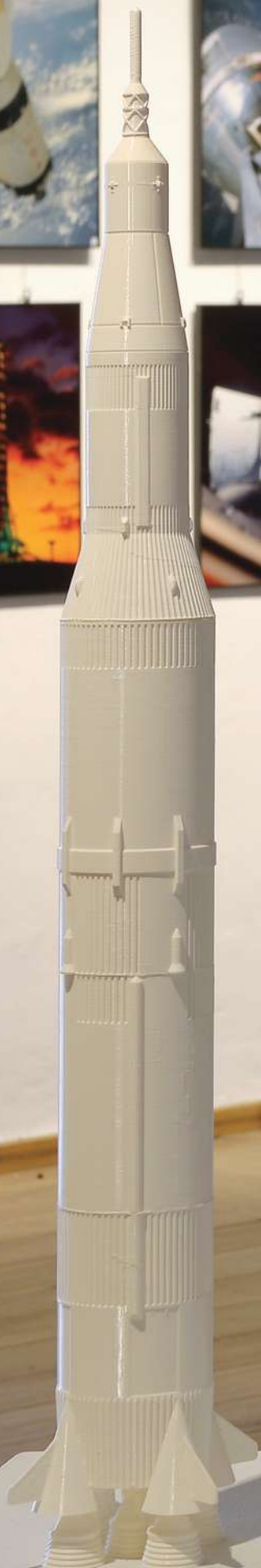
Deltagelse i årets IAC er gratis. IAC arrangeres af IAF (International Astronautical Federation).
Følg med på www.iafastro.org





Fra udstillingen "Rundt om Månen". To modeller af Saturn V raketten. Til venstre ses en model af den Saturn V raket, der blev brugt til at sende rumstationen Skylab i rummet. Modellen er bygget af Peter Batenburg fra Det Hollandske Rumfartsselskab. Til højre ses en 2,85 m høj LEGO model af Saturn V, bygget af Marek Kuzimski. Marek er skolelærer og har realiseret en drengedrøm: at skabe en LEGO model af Saturn V raketten. Her er den så - opbygget af ca. 77.000 LEGO klodser!

Billede: Palle Sonne



Small text label at the bottom of the page, likely providing information about the rocket models.