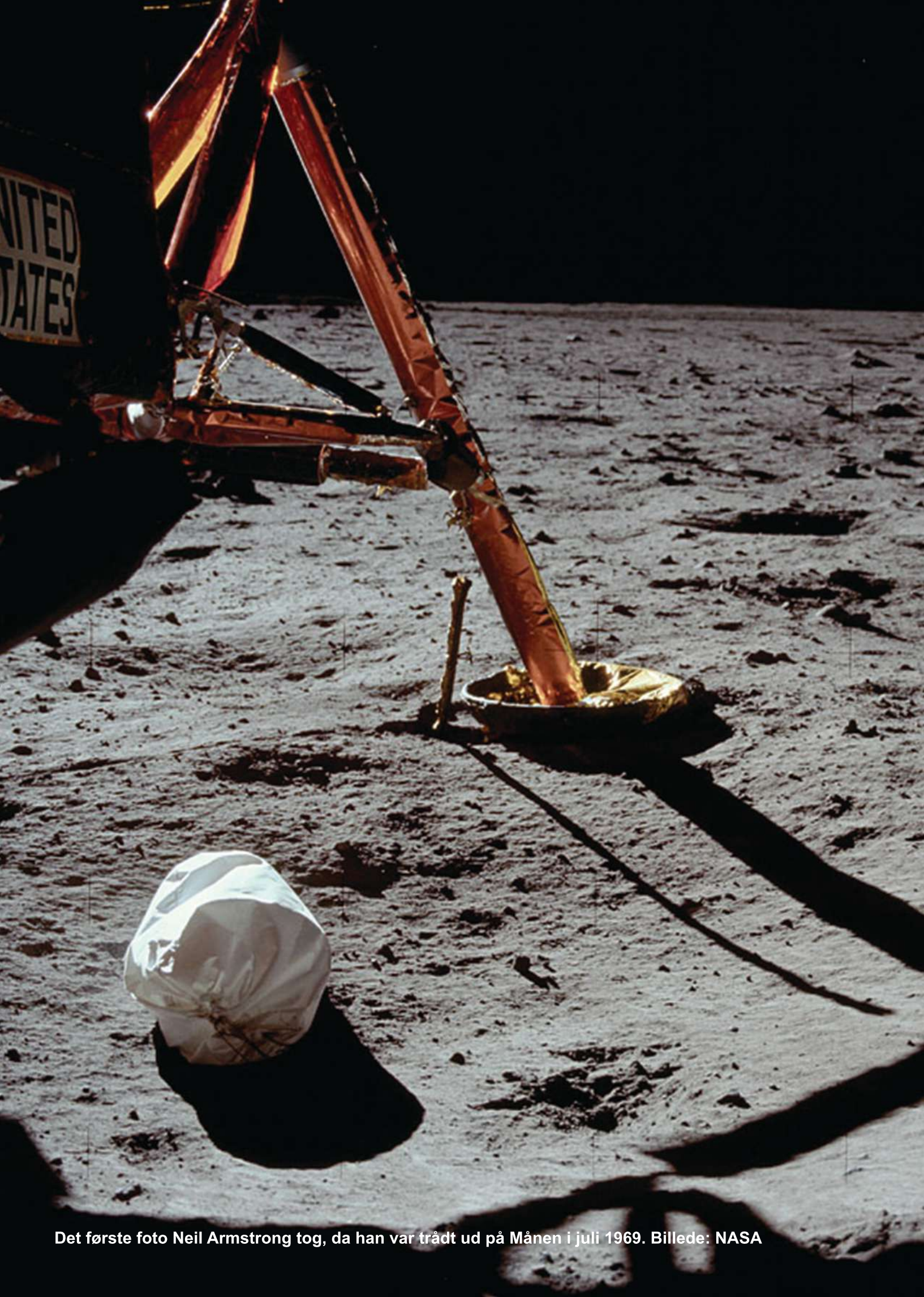


Dansk **Rumfart**

Nr. 76
Juli 2019



Månen som tema
Fejring af 50 året for månelandingen
Selskabet fylder 70 år
Space Days 2019: Rundt om Månen



Det første foto Neil Armstrong tog, da han var trådt ud på Månen i juli 1969. Billede: NASA



Dansk Selskab for Rumfartsforskning

Redaktionelt

Udgiver: Dansk Selskab for Rumfartsforskning
Dansk Rumfart nr. 76, 2019
ISSN 0905-2410

Redaktionen:

Lykke Pedersen (ansvarshavende redaktør)
Christina Toldbo
Marie Svejstrup
Finn Willadsen

Kontakt redaktionen

info@rumfart.dk

Tryk: Jannerup

Oplag: 1.500

Layout: Cristina Benescu

Forsidebillede: Månen

Billede: Jakob Arthur Andersen

Bagsidebillede: Astronauten Buzz

Aldrins støvle og fodaftryk på Månen

Billede: NASA Image and Video Library

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:

Som medlem af selskabet får man tilsendt bladet Dansk Rumfart og det norske blad Romfart, der udkommer fire gange årligt. Desuden udsender vi et nyhedsbrev med oplysninger om arrangementer og aktuelle nyheder.

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.

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





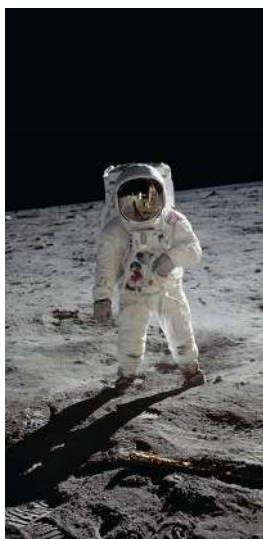
s.5

Dansk Selskab for Rumfartsforskning fylder 70 år



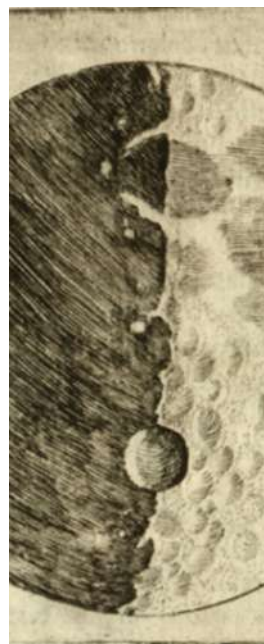
s.6-7

SpaceDays og udstilling i Rundetaarn



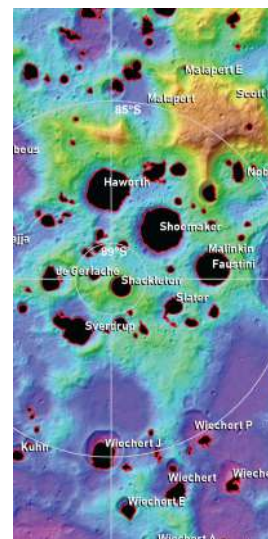
s. 8-17

Rejsen til Månen



s.18-21

Videnskab på Månen i går, i dag og i morgen



s. 22-25

Fremad til Månen



s.26-27

Fremtidens månemissioner



s.28-29

Hvem ejer Månen?



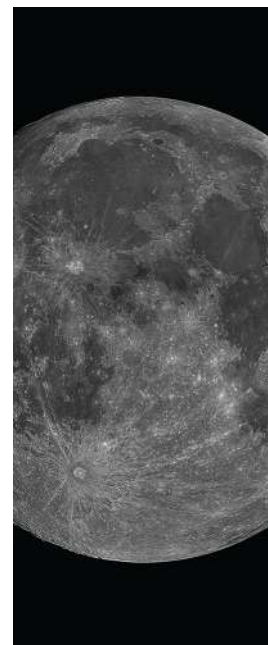
s.30-31

Verden udenfor vores verden - en kronik om Månen



s.32

Månen for mig



s.33

Undervis med Månen

s.34 Forskelligt

Dansk Selskab for Rumfartsforskning fylder 70 år

Det er i år 70 år siden, at Dansk Selskab for Rumfartsforskning blev grundlagt. Det var løjtnant Erling Buch Andersen, der tog initiativ til at oprette selskabet, der blev grundlagt den 20. september 1949. Den 1. oktober 1950 udkom "Meddelelse Nr.1", der orienterede om arbejdet med selskabets opstart samt om to foredrag.

Kimen til dette blad "Dansk Rumfart" blev skabt i 1989 i form af et nyhedsbrev. Det er i år 30 år siden, at det første nyhedsbrev udkom, og vi er nu fremme ved nr. 76 af Dansk Rumfart. Grundideen med bladet, som det fremstår i dag, er at få skribenter med forskellige baggrunde fra

forskellige dele af Danmark til at skrive på dansk om forskellige emner med relation til rumfart og rummet. Det kan være inden for arkitektur, biologi, medicin, fysik, kunst, jura, astronomi, kunstig intelligens, undervisning eller noget helt andet – der er mange emner at tage udgangspunkt i, når det handler om rummet - også mange flere end dem, der er nævnt her.

Vi har valgt Månen som tema i dette nummer af Dansk Rumfart for at markere 50-året for den første bemandede landing på Månen i juli 1969, Apollo 11-missionen. Til efteråret afholder vi desuden "Space Days 2019", der bl.a. omfatter en udstilling i Bibliotekssalen i Rundetaarn.

I anledning af selskabets 70 års jubilæum i år er det en stor glæde at kunne viderebringe en hilsen til Dansk Selskab for Rumfartsforskning (på engelsk "Danish Astronautical Society") fra Bill Anders, der deltog i Apollo 8-missionen. Det var Bill Anders, der under Apollo 8-missionen tog det berømte billede "Earthrise". Se billedet nedenfor.

God fornøjelse med læsningen!

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



NASA astronaut William A. Anders
and his famous Earthrise-photo, Apollo 8, December 24, 1968.



TO DANISH ASTRONAUTICAL SOCIETY
WITH BEST WISHES
Bill Anders Apollo 8

Hilsen fra Bill Anders til Dansk Selskab for Rumfartsforskning i anledning af 70 år jubilæet. Billeder: NASA

Space Days 2019: Rundt om Månen



I anledning af 50 året for den første bemandede månelanding inviterer vi hele Danmark med til at fejre en af menneskehedens største bedrifter. Fra 5. oktober til 3. november 2019 afholder vi udstillingen "Rundt om Månen" i Bibliotekssalen i Rundetaarn i hjertet af København. Vi vil ikke blot kigge bagud og fejre den historiske bedrift for 50 år siden, men præsentere en udstilling der også henvender sig til de unge, og som kigger fremad og stiller spørgsmålet: Hvad er Månen for den næste generation?

Rundetaarn er et af Danmarks mest kendte bygningsværker og blev bygget af kong Christian 4. mellem 1637 og 1642.

Rundetaarn er Europas ældste fungerende astronomiske observatorium, og det blev brugt af Københavns Universitet indtil 1861. I dag bliver Observatoriet brugt af amatørastrofotografen og andre, der vil gå på opdagelse i himmelrummet.

Rundetaarns Observatorium

Rundetaarns Observatorium har åbent om aftenen tirsdage og onsdage i udstillingsperioden og du vil få mulighed for at se Månen helt tæt på.

Hvad kan du opleve?

Vi samarbejder i oktober og november 2019 med Cinemateket i København, som viser måne-relaterede film med spændende og relevante oplæg og paneldiskussioner før filmene vises. Trinitatis kirken ved Rundetaarn vil også lave arrangementer om Månen i udstillingsperioden. Via Rundetaarns skoletjeneste udbydes der workshops for børn og unge.

En af de spændende ting vi præsenterer til udstillingen er en Augmented Reality app, der kan vise den mægtige Saturn V raket i sin fulde størrelse: Hele 111 m! Raketten er ca. tre gange så stor som Rundetaarn og nu vil man for første gang på dansk jord have muligheden for at se denne enorme raket med egne øjne. Kom forbi udstillingen i Rundetaarn til oktober 2019 hvor appen udgives og kig op under motoren på raketten, som sendte menneskeheden til Månen!

Film i Cinemateket

2. oktober - "Hidden Figures" filmvisning og Q&A
6. oktober - "Apollo 13" filmvisning i Cinemateket med Science Faction
14. oktober - "Først til Månen", en film for børn
20. oktober - "The Right Stuff"
24. oktober - "In the Shadow of the Moon"
27. oktober - "The Dish"
3. November - "Moon"

Arrangementer i Rundetaarn

5. oktober - Paneldiskussion: "How do we return to the Moon?"
10. oktober - Tower Talk i Rundetaarn
15. oktober - Bogpræsentation ved Tina Ibsen
17. oktober - "Gennem linsen - hvordan tager man et godt billede af Månen" foredrag ved astrofotograf, Jakob Arthur Andersen
29. oktober - "Protecting Human Heritage in the Cradle of our Spacefaring Civilization" foredrag med Michelle Hanlon, USA

Kulturnatten

11. oktober - Kulturnatten i Rundetaarn, København: Aktiviteter for børn i Månens tegn "Træn som en astronaut i Rundetaarn".

Efterårsferien

Coding Pirates workshops for børn og unge.

Folkeuniversitetet

Folkeuniversitetet udbyder fire mandage i oktober foredrag om Månen. Foredragene foregår i Bibliotekssalen i Rundetaarn. Tilmelding foregår via Folkeuniversitetets hjemmeside: <https://www.fukbh.dk/>



SPACE DAYS

Følg med på spacedays.dk - opdateres løbende med information om flere aktiviteter.

SPACE DAYS

2 0  1 9

— RUNDT OM MÅNEN —

Udstilling 5. oktober - 3. november i
Bibliotekssalen i Rundetaarn

I 2019 er det **50 år** siden,
at vi for første gang satte mennesker på **Månen**.
Tag med **Dansk Selskab for Rumfartsforskning** på
en tur rundt om Månen: Sammen udforsker vi den
historiske månelanding og stiller spørgsmålet:
"Hvordan vender vi tilbage til Månen?".



Se mere på
www.spacedays.dk

Rejsen til Månen

TEKST: MICHAEL LINDEN-VØRNLE

Astrofysiker og chefkonsulent, DTU Space

I år er det 50 år siden mennesket for første gang satte fod på Månen – en rumfartsmæssig bedrift, der stadig ikke er overgået.

"A small step for man – a giant leap for mankind"

Sådan faldt ordene d. 21. juli 1969 kl. 02:56 verdenstid, da den amerikanske astronaut Neil Armstrong som det første menneske nogensinde trådte ud på Månens overflade. Begivenheden blev fulgt af tv-seere over hele kloden og var ubetinget det tidspunkt i verdenshistorien, hvor rumfart var mest i den brede offentligheds søgelys.

Landingen var kulminationen på mere end otte års arbejde, der blev sat i gang d. 25. maj 1961. Denne dag holdt, den på det tidspunkt nyindsatte amerikanske præsident, John F. Kennedy, en skelsættende tale for den amerikanske kongres. I talen annoncerede han, at USA ville landsætte et menneske på Månen og bringe ham sikkert tilbage til Jorden – og det skulle vel at mærke ske inden udgangen af 1960'erne.

I dag kan det være svært at forholde sig til, hvor stor denne udmelding fra præsident Kennedy i virkeligheden var. Det sætter dog sagen i perspektiv, at talen blev holdt kun knap tre uger efter, at Alan Shepard som den første amerikaner var kommet ud i rummet. Shepards flyvning d. 5. maj 1961 i Mercury-rumskibet Freedom 7 var endda kun en suborbital

flyvning, hvor rumskibet landede umiddelbart efter start uden at gå i kredsløb om Jorden. Springet fra Shepards rum-hop til en bemanded månerejse var enormt, men det var grundlæggende set også hele idéen med projektet: Siden opsendelsen af den første satellit, Sputnik 1, d. 4. oktober 1957 havde Sovjetunionen haft førertrøjen på i rumkapløbet, der var en af de teknologiske slagmarker i den kolde krig. Sovjetunionen var kommet først på alle fronter og satte triumf på d. 12. april 1961, hvor kosmonauten Yuri Gagarin blev det første menneske i rummet og gennemførte et kredsløb om Jorden.

USA havde altså brug for et storstilet projekt, der kunne vise Sovjetunionen og resten af verden, at amerikanerne teknologisk set kunne udkonkurrere alle andre. Den bemandede mission til Månen var netop et projekt af den kaliber, der én gang for alle kunne lukke diskussionen om, hvilken nation i verden der havde den ultimative teknologiske overhøjde. Rejsen til Månen blev således født som et politisk projekt, men den kom også til at spille en betydelig videnskabelig og teknologisk rolle.

Netop det forhold, at månerejsen var drevet af politiske ambitioner, er givetvis en væsentlig del af forklaringen på, at USA rent faktisk lykkedes med at sende mennesker til Månen. Projektet fik vidtstrakte økonomiske rammer, og da John F. Kennedy blev myrdet i november 1963, blev månerejsen nærmest et minde over ham og hans politik. Desuden var Kennedys vicepræsident, Lyndon B. Johnson, der blev indsat som USA's præsident efter mordet på Kennedy, meget entusiastisk i forhold til rumprogrammet, og han var desuden en meget dreven politiker, der var god til at få aftaler i hus. Det var faktisk Johnson, der var en af de centrale aktører, der fik tanken om en bemanded mission til Månen ført ind i det Hvide Hus. Lyndon B. Johnson bør derfor fremhæves på lige fod med John F. Kennedy, når det handler om, hvordan USA's bemandede måneflyvninger kom på banen – og overlevede flere valgperioder.

Vejen til Månen

For at sende mennesker til Månen havde USA tre store udfordringer, der skulle overvindes:

1. De skulle bygge en raket, der kunne bruges til månerejserne

2. De skulle bygge et fartøj til at gennemføre rejsen til Månen
3. De skulle bygge et månelandingsmodul til at lande på Månens overflade

Før dette overhovedet kunne sætte i gang skulle de udforske Månen med ubemandede rumsonder for at bane vejen for de bemandede flyvninger. Desuden skulle de forberede og træne astronauterne til at klare de udfordringer, en bemandedt rejse til Månen ville medføre.

I forhold til at udvikle en raket, der kunne bringe astronauter til Månen, var tyskeren Wernher von Braun helt central. Von Braun havde i mange år haft en ambition om at sende mennesker ud i rummet, og de første skridt i den retning blev taget i slutningen af 1920'erne, hvor han blev medlem af et privat raketselskab. Under Anden Verdenskrig var von Braun den centrale person for

udviklingen af nazisternes raketvåben V-2. Efter krigens afslutning sørgede von Braun for at befinde sig i den del af Tyskland, hvor amerikanske styrker ville rykke ind. Von Braun og flere af hans kolleger lod sig frivilligt tage til fange for at komme til USA og fortsætte deres arbejde med at udvikle og bygge raketter.

Kulminationen på von Brauns anstrengelser var udviklingen af den raket, der bragte amerikanske astronauter til Månen under Apollo-programmet: Saturn V. Von Brauns ambition var en raket, der kunne starte fra Jorden, flyve til Månen og returnere til Jorden i ét stykke – det vi i dag kalder "single stage to orbit". Det viste sig dog hurtigt, at en bemanded mission til Månen kun ville kunne lade sig gøre med en flertrinsraket, hvor kun et lille rumfartøj gennemførte hele rejsen. Resultatet – Saturn V –

var den kraftigste raket, der til dato er bygget.

Verdens største raket

Saturn V var på alle måder en ekstrem maskine. Den var 111 meter høj og vejede ved opsendelsen mere end 3000 ton. Langt størsteparten af startvægten var brændstof, idet Saturn V uden brændstof vejede godt 183 ton. Raketten bestod af tre trin, hvor det første - S-IC - blev drevet med petroleum og flydende ilt, mens andet og tredje trin – S-II og S-IVB – blev drevet med flydende brint og ilt. Første trin var udstyret med en klynge på fem motorer af typen F-1, der hver forbrændte næsten tre ton brændstof og ilt pr. sekund – altså i alt næsten 15 ton for hele klyngen pr. sekund. Andet trin havde en klynge på fem J-2-motorer, mens tredje trin havde en enkelt J-2. I toppen af Saturn V sad nyttelasten, der for de bemandede måneflyvninger var kommando- og servicemodulet samt månelandingsmodulet.



Wernher von Braun og præsident John F. Kennedy. Billede: NASA

Apollo-programmet blev ikke forskånet for uheld – endda med tab af menneskeliv til følge. Den 27. januar 1967 gik Apollo-astronauterne Edward White, Virgil "Gus" Grissom og Roger Chaffee ombord i kommandomodulet på toppen af en Saturn V på rampe 34 på Cape Kennedy. De skulle gennemføre en test på rampen som forberedelse til deres flyvning kaldet AS-204, der var planlagt til d. 21. februar samme år. Under testen opstod der brand i kommandomodulet, der kostede alle tre astronauter livet. Det viste sig, at branden var

opstået på grund af dårligt isolerede ledninger, og den havde bredt sig lynhurtigt i den iltrige atmosfære i rumkapslen. Lugen på kapslen var så uhensigtsmæssigt designet, at astronauterne omkom, inden teknikerne på rampen kunne få den åbnet. Som konsekvens af den tragiske ulykke blev kommandomoduliet bygget om med forbedret isolation af kilometervis af ledninger, ændring af luftens sammensætning og et nyt design af lugen, så den kunne åbnes på mindre end ti sekunder. Testen, der kostede White, Grissom og Chaffee livet, blev efterfølgende betegnet Apollo 1.

Ulykken betød at man ændrede på designet og foretog flere ubemandede tests. Den første opsendelse af en Saturn V blev den ubemandede testflyvning ved navn Apollo 4. Den foregik 9. november 1967 og forløb som planlagt. Faktisk forløb alle bemandede opsendelser med Saturn V uden større problemer. Ved opsendelsen af Apollo 13 i april 1970 - altså efter den første månelanding - svigtede en af J-2-motorerne på andet trin, men problemet blev håndteret ved at lade de øvrige fire motorer køre en smule længere.

Sovjetunionen prøver – og fejler

Da præsident Kennedy i 1961 præsenterede planerne om at sende mennesker til Månen, blev der ikke umiddelbart reageret fra Sovjetunionens side. Der blev som udgangspunkt ikke etableret et ambitiøst centraliseret program i

stil med Apollo-programmet i USA. Sergei Korolev, der var Sovjetunionens svar på Wernher von Braun, arbejdede med at udvikle raketter og rumfartøjer til månerejser, men først i 1965 overtog Korolev ansvaret for Sovjetunionens måneprogram.

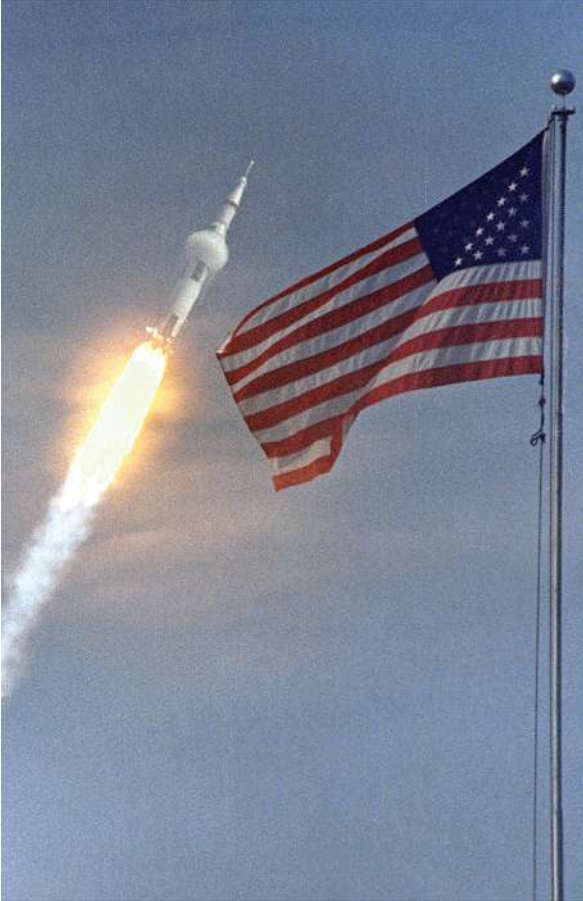
Det sovjetiske modstykke til von Brauns Saturn V var den mægtige N-1-raket. Den var lige så stor som Saturn V, men kom aldrig til at fungere. Den sovjetiske industri kunne ganske enkelt ikke levere varen, og situationen blev ikke bedre af, at Sergei Korolev var dybt uenig med raketmotor-konstruktøren Valentin Glushko om valget af motor til N-1. Korolev gik til en anden raketmotor-konstruktør, Nikolai Kuznetsov, men det lykkedes aldrig at få N-1 til at virke. Korolev døde i januar 1966 og nåede aldrig at se N-1 flyve og fejle. I alt fire opsendelser af N-1 – to i 1969, en i 1971 og en i 1972 – endte alle i, at N-1 eksploderede på vej ud i rummet. Efter den sidste fejlslagne opsendelse i 1972 blev hele programmet lukket.

"Earthrise"

Sovjetunionen fik dog alligevel en betydelig indflydelse på USAs bestræbelser på at komme til Månen. I efteråret 1968 gennemførte Sovjetunionen flyvninger til Månen med et rumskib ved navn Zond, hvor bl.a. et par skildpadder blev sendt en tur rundt om Månen. Disse flyvninger blev taget meget alvorligt i USA og resulterede i, at NASA besluttede at sende astronauter i kredsløb om Månen allerede i december 1968. Missionen var Apollo 8, hvor Frank Borman, James Lovell Jr. og William Anders i juledagene 1968 kredsede om Månen. Under missionen optog William Anders det berømte billede af Jorden, der står op over måneranden. Dette billede – "Earthrise" – viste os for første gang Jorden som en smuk blå klode i skarp kontrast til det mørke verdensrum og den grå, golde måneoverflade. Nogle mener, at miljøbevægelsen blev født som resultat af William Anders' billede. Under alle omstændigheder var Apollo 8 en



"Earthrise" – Jorden står op over Månen set fra Apollo 8. Billede: NASA



Til venstre: Opsendelsen af Apollo 11. Billede: NASA

Nedenunder: Apollo 11-missionens mærke: Ørnen, der lander på Månen.



måtte nøjes med at se, men ikke røre.

Ørnen er landet

Kulminationen på Apollo-projektet blev den første bemandede månelanding i juli 1969. Saturn V-raketten løftede

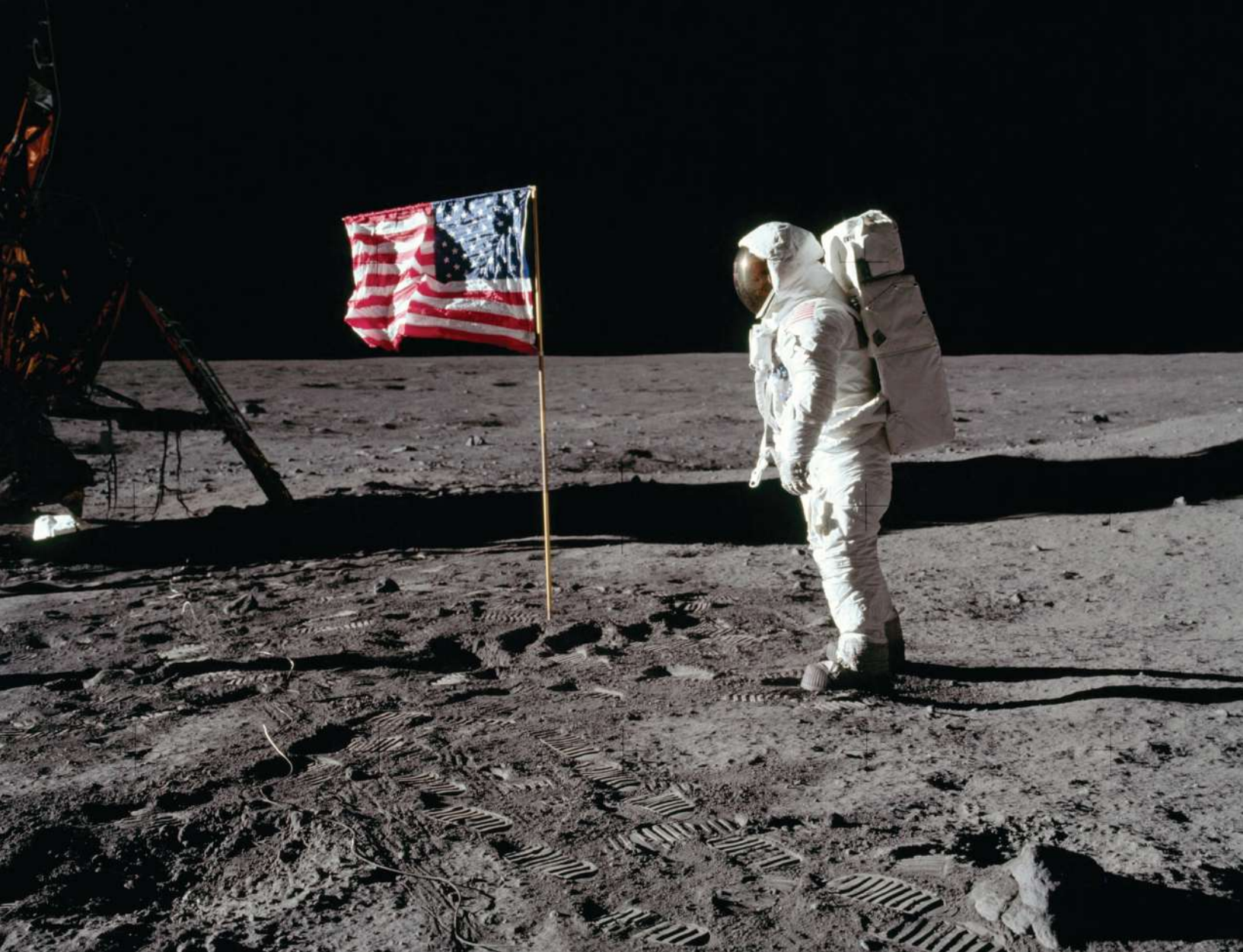
sig fra rampe 39A på Cape Kennedy d. 16. juli 1969 kl. 13:32 verdenstid, og efter knap 12 minutter var Apollo 11 med astronauterne Neil Armstrong, Edwin E. "Buzz" Aldrin Jr. og Michael Collins i kredsløb om Jorden. Efter to timer og 44 minutter – halvandet kredsløb om Jorden – blev tredje trin affyret for at bringe Apollo 11 af sted mod Månen. Turen tog godt tre dage, så d. 19. juli kl. 17:27 verdenstid var Apollo 11 i kredsløb om Månen. Godt et døgn senere tog chefen for missionen, Neil Armstrong, og månemodulspiloten, Buzz Aldrin Jr. afsted i landingsmodul Eagle, og efter en udfordrende nedstigning, hvor Armstrong måtte styre landingsmodul forbi ujævnt terræn, landede Ørnen i Stilhedsens Hav d. 20. juli 1969 kl. 20:17 verdenstid. Meldingen til Jorden var: "Tranquility base here ... the Eagle has landed."

banebrydende mission, hvor mennesket for første gang nogensinde forlod Jorden og gik i kredsløb om et andet himmellegeme. Missionen var et risikabelt sats fra NASAs side, men alt forløb helt efter planen, og resultatet var klart: USA var klar til at tage det ultimative skridt med en bemanded landing på Månen.

De efterfølgende missioner – Apollo 9 og 10 – var den direkte forberedelse til landingen. Apollo 9 i marts 1969 var den første afprøvning af Saturn V med kommando- og servicemodul samt månelandingsmodul. Missionen foregik dog i bane om Jorden, mens Apollo 10 var den helt store generalprøve, der foregik i kredsløb om Månen. Missionen løb af stablen i maj 1969, hvor månelandingsmodul Snoopy fløj ned til en højde på ca. 20 km over måneoverfladen. Chefen på Apollo 10, Thomas Stafford, og piloten af månemodul, Eugene Cernan



Månelandingsmodul for Apollo 11 "Eagle" (Ørnen) på vej mod Månen. Billede: NASA



Edwin "Buzz" Aldrin med det amerikanske flag. Billede: NASA

Forberedelserne til at træde ud på måneoverfladen begyndte godt tre en halv time senere og kl. 02:39 verdenstid blev landingsmodulets luge åbnet og Neil Armstrong bevægede sig ud. Efter 17 minutter stod Armstrong på Månens overflade som det første menneske nogensinde. Aldrin fulgte efter og stod kl. 03:15 verdenstid på Månen sammen med Neil Armstrong. Aldrin opholdt sig en time og 33 minutter på Månens overflade, mens Neil Armstrong i alt var 2,5 time på måneoverfladen. Den 21. juli kl. 17:54 forlod Armstrong og Aldrin igen Månen, og dagen efter begyndte rejsen tilbage til

Jorden. Apollo 11 blev afsluttet med en perfekt landing i Stillehavet d. 24. juli 1969 kl. 16:50 verdenstid, hvor det amerikanske orlogsskib USS Hornet ventede på at bjærge de hjemvendte astronauter.

NASA havde indfriet præsident Kennedys løfte om at sende mennesker til Månen inden udgangen af 1960'erne. Det mest interessante ved Apollo-projektet er dog hverken de 382 kg månesten, der er blevet bragt tilbage til Jorden, eller de teknologiske landvindinger, der blev gjort for at muliggøre rejserne til Månen. Det mest interessante er, at vi mennesker

er i stand til at nå ufatteligt langt, hvis vi sætter os et klart mål og samtidig er villige til at afsætte de nødvendige midler og ressourcer for at nå målet. Apollo-projektet er et vidnesbyrd om menneskets evne til at række ud efter det tilsyneladende uopnåelige og komme sikkert i havn.

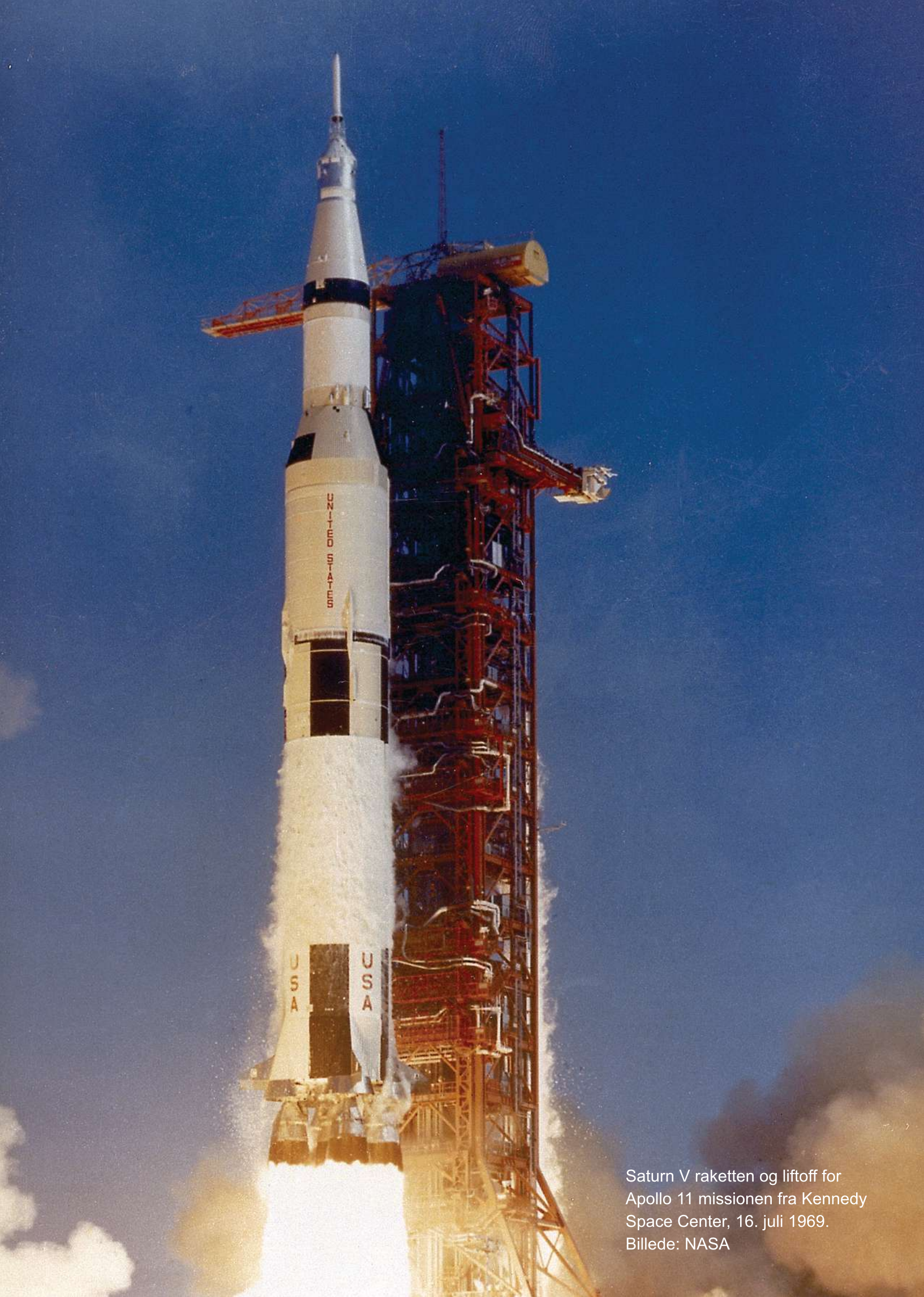
Oplev Apollo 11 missionen:
<https://apolloinrealtime.org/11/>
Ben Feist, softwareudvikler og historiker hos NASA har med sit team udviklet denne fine hjemmeside, hvor du kan følge Apollo 11 missionen real time.

Apollo 11 besætningen siger farvel.
Billede: NASA

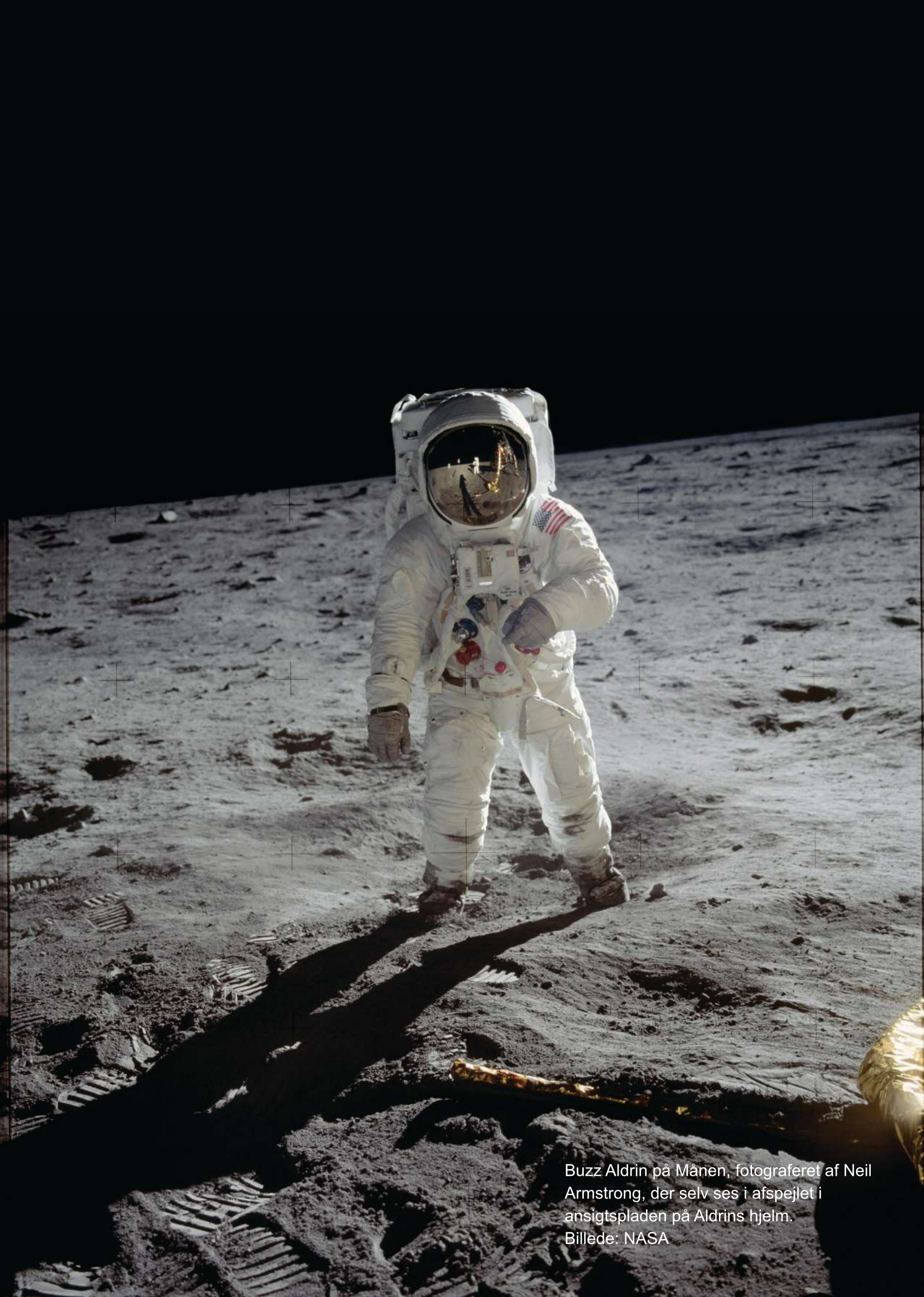


Apollo 11 besætningen, Neil
Armstrong, Michael Collins og
Buzz Aldrin.
Billede: NASA

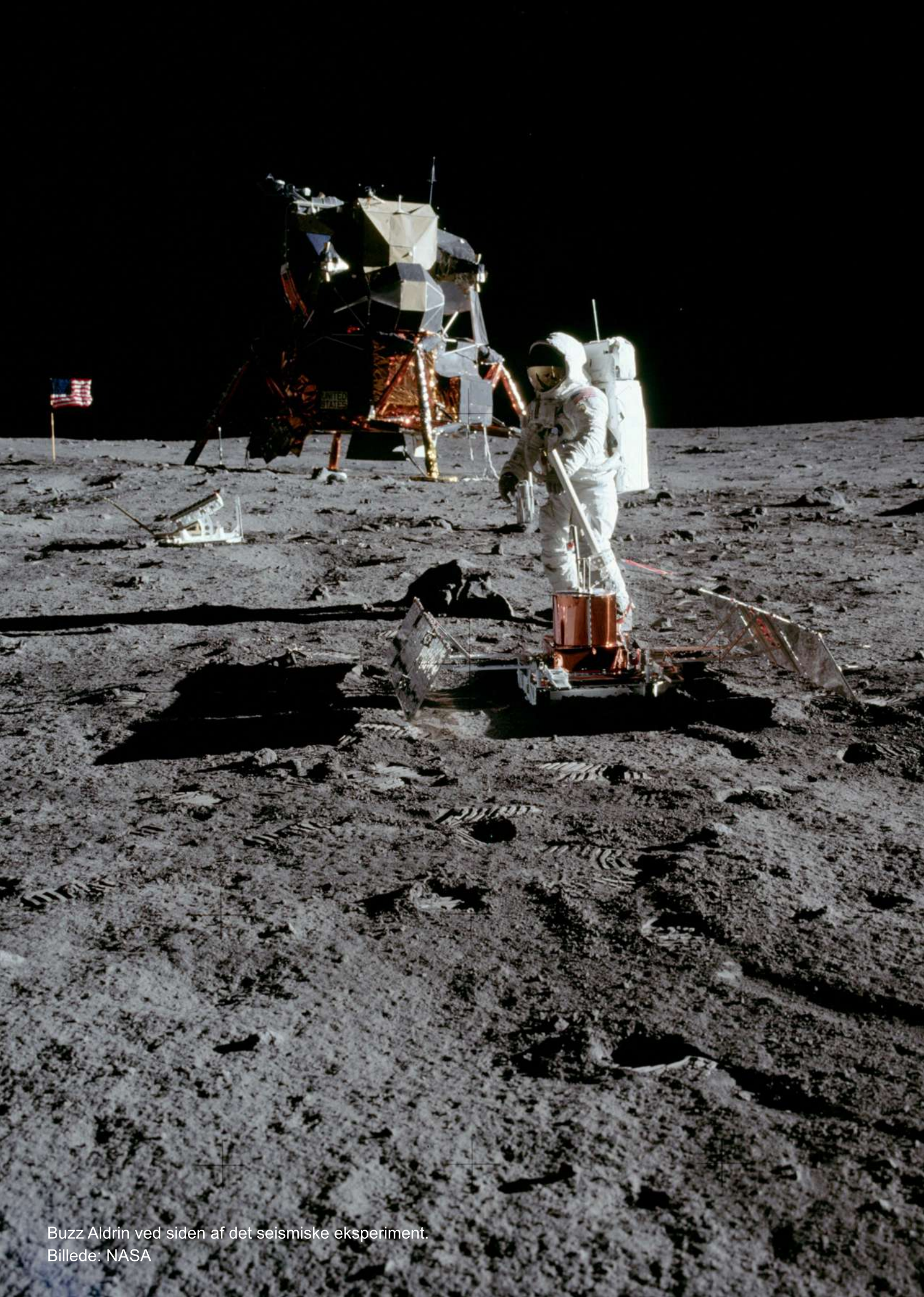




Saturn V raketten og liftoff for
Apollo 11 missionen fra Kennedy
Space Center, 16. juli 1969.
Billede: NASA



Buzz Aldrin på Månen, fotograferet af Neil Armstrong, der selv ses i afspejlet i ansigtspladen på Aldrins hjelm.
Billede: NASA



Buzz Aldrin ved siden af det seismiske eksperiment.
Billede: NASA



Apollo 11 besætningen venter på at blive samlet op af en helikopter efter "splashdown" på Stillehavet 24. juli 1969.
Billede: NASA

Videnskab på Månen i går, i dag og i morgen

TEKST: KJARTAN KINCH
Lektor i planet- og astrofysik
Niels Bohr Institutet

Månen, vores velkendte nabo, er en geologisk skattekasse der indeholder hemmelighederne om vores solsystem- og Jordens oprindelse. De bemandede Apollo missioner til Månen for 50 år siden bragte 380.96 kg månesten med hjem. Hvad lærte vi sidst vi var på Månen og hvad er der at vende tilbage efter når det kommer til videnskab?

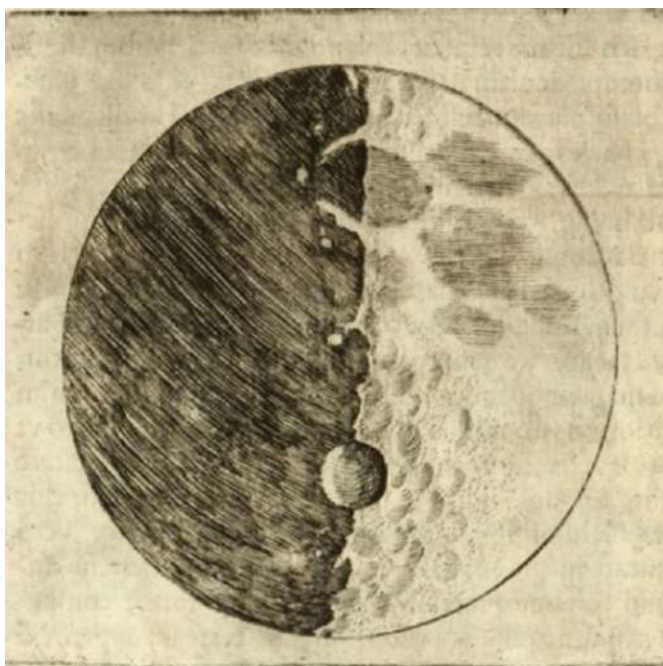
I fortællingen om de første månelandinger bliver der ofte fokuseret på de tekniske landvindinger, der muliggjorde dem, og de dramatiske og personlige historier om de 12 mennesker, der satte fod på Månen i årene 1969-1972. Det kommer dog ofte til at skygge for de videnskabelige opdagelser, der også kom ud af kapløbet til Månen. På samme måde er det videnskabelige udbytte sjældent et argument i diskussionen om fremtidige missioner til Månen, og det på trods af, at Månen stadig bærer et enormt potentiale for fundamentale videnskabelige landvindinger.

Månens overflade er langt ældre end Jordens, og den bærer vidnesbyrd, som rækker helt tilbage til Solsystemets tidligste historie. Centrale dele af vores nuværende forståelse af Solsystemets dannelse og historie bygger på resultater fra de amerikanske og sovjetiske måneprogrammer i 1950'erne til 1970'erne: Apollo- og Luna-programmerne. Især Apollo-programmet, bragte en stor skattekasse af geologiske prøver med tilbage, som stadig kaster ny viden af sig. I de seneste år har man igen studeret Månen intensivt ved hjælp af en række ubemandede landere, rovere og satellitter. Denne artikel handler

om Månen geologisk i fortiden, nutiden og fremtiden.

Månen i går

Galileo Galilei var i 1609 den første, der studerede Månens overflade gennem en kikkert. Han observerede, at "terminator" – grænsen mellem den belyste og ubelyste del af Månen – ikke har en glat overgang, men derimod er kantet og uregelmæssig. Galilei konkluderede, at Månen har bakker, bjerge og kratere i mange forskellige størrelser. Dette var i modstrid med den klassiske opfattelse af alle himmellegemer som værende perfekt kugleformede.



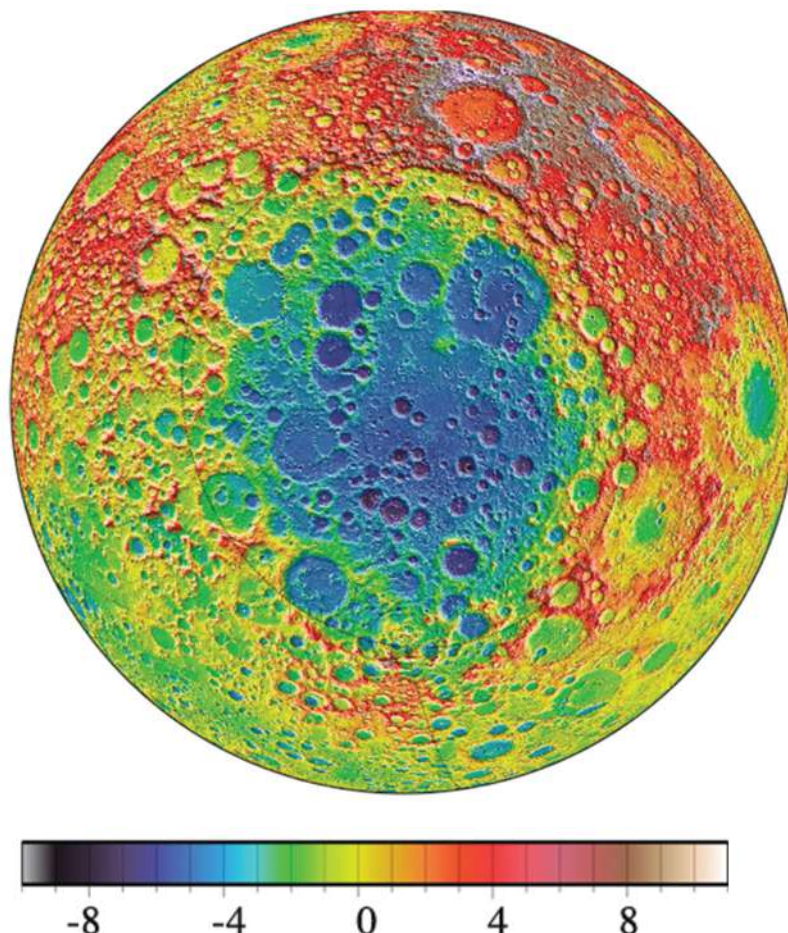
Figur 1: Håndtegnet skitse af Månen fra Galileis "Sidereus Nuncius" fra 1609 (venstre) sammenlignet med et moderne fotografi (højre). Det ses tydeligt at terminator ikke er en glat overgang fra lys til mørke.

Galilei begyndte dermed at se Månen som en klode ligesom Jorden og hans opdagelse blev startskuddet til en langvarig diskussion om de mange kraters oprindelse. Det var den dominerende opfattelse, indtil langt op i det tyvende århundrede, at kraterer havde vulkansk oprindelse også selvom en alternativ hypotese, at kraterne var dannet ved meteornedslag, blev formuleret af Robert Hooke allerede i 1665.

Diskussionen om månekraternes oprindelse blev først endeligt afgjort med de geologiske prøver hjembragt med Apollo-missionerne. De dokumenterede, at meteornedslag var en dominerende faktor i hvordan Månens overflade kom til at se ud.

I modsætning til Månens overflade, omdannes Jordens overflade hele tiden pga. tektoniske plader og vulkansk aktivitet. Det betyder at kun de færreste af de meteornedslag, som er sket i løbet af Jordens historie, stadig kan ses. Månen, derimod, er dækket af meteorkraterer. Det fortæller os, at alle planeterne - også Jorden - er blevet ramt af meteoriter i alle størrelser gennem hele Solsystemets historie.

Efterhånden som vi har fået billeder i høj opløsning fra en lang række legemer i Solsystemet, er denne indsigt kun blevet forstærket: Meteornedslag er en af de helt dominerende processer, der former planeters, månens og asteroiders overflader.



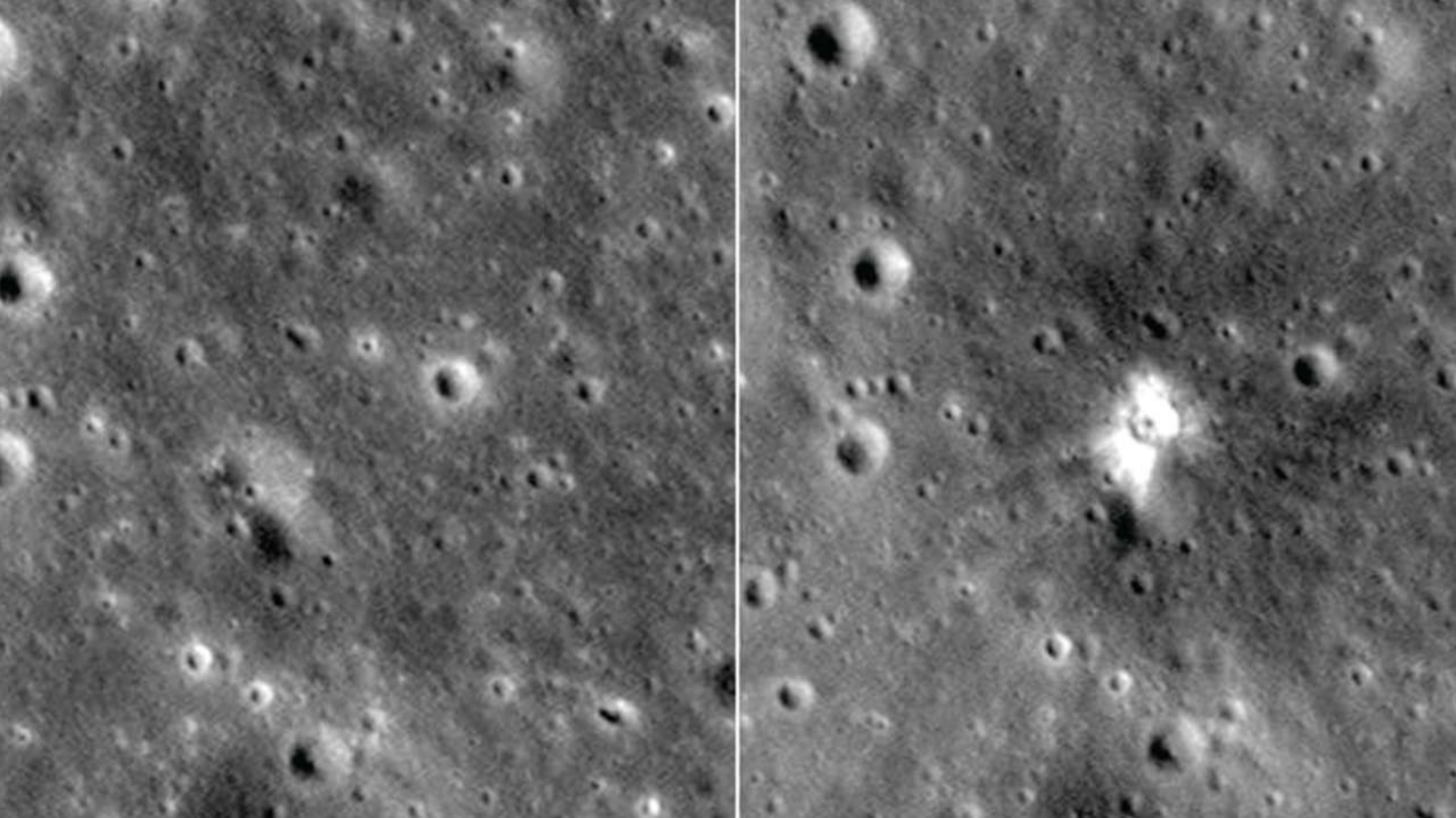
Figur 2: Højdekort over Månens bagside baseret på data fra Lunar Orbiting Laser Altimeter. Her ses det enorme Sydpol-Aitkenbassin, et af de allerstørste identificerede nedslagskraterer i Solsystemet. Billede: NASA/Goddard

Prøverne fra Apollo- og Luna-programmerne analyseres stadig aktivt. For eksempel diskuteres Månens præcise alder stadig, og der er i øjeblikket en aktiv kontrovers mellem to grupper af forskere, som mener, at Månen er henholdsvis 4,51 milliarder og 4,42 milliarder år gammel. De to tal lyder måske ikke så forskellige, men kontroversen går ud på, hvorvidt Månen er dannet 60 eller 150 millioner år efter Solsystemets dannelse.

De prøver der blev bragt tilbage til Jorden under månekapløbet kan man datere, dvs. aldersbestemme, meget præcist.

Man kan også udlede alderen af et areal på Månens overflade ved at se på fordelingen og størrelse af meteorkraterer. Denne form for analyse satte gang i en stadig aktiv diskussion: hvorfor har overflader ældre end ~3,8 milliarder år mange flere kraterer end yngre overflader? Man diskuterer, om det kan skyldes en enkeltstående begivenhed med mange meteornedslag på kort tid (for mellem 3,8 og 3,9 milliarder år siden) en epoke man kalder det "sene, tunge bombardement".

Vores nuværende forståelse af Månens dannelse bygger også på resultaterne fra



Figur 3: Nyt meteorkrater dannet d. 17. marts 2013 her set i billeder fra LROC. Glimtet fra nedslaget blev observeret af teleskoper fra Jorden, og derfor kendes den præcise dato. På billedet til venstre ses området før krateret blev dannet. Billedet til højre viser det nye krater. Foto: NASA/ASU

månekapløbet. Den videnskabelige konsensus er, at Månen blev dannet, da den tidlige Jord kolliderede med en klode på størrelse med Mars. I denne voldsomme kollision blev en del af kappen og skorpen fra begge planeter kastet ud i kredsløb om Jorden, hvor de siden dannede Månen. Denne forklaring er understøttet af de prøver man analyserede fra Månen. De har bl.a. vist at Jorden og Månen er meget ens i isotopsammensætning for en række almindelige grundstoffer, og at Månen har et forholdsvis lavt jernindhold. Næsten al vores viden om Månens indre struktur er fremkommet takket være fire seismiske stationer, som Apollo 12, 14, 15 og 16 placerede på Månens forside. Fra disse lærte man at Månen kun har en lille metallisk kerne, hvilket passer med at den er dannet af de ydre

dele af de to kolliderede planeter.

Månen i dag

Den videnskabelige interesse for Månen er på ingen måde udtømt, og udforskningen af Månen tager i dag fart, ikke mindst takket være en strøm af nye data fra lang række nye ubemandede missioner. For eksempel har Grail-missionen kortlagt Månens tyngdefelt med meget høj præcision, og Lunar Orbiting Laser Altimeter (LOLA) på satellitten Lunar Reconnaissance Orbiter (LRO) har leveret et detaljeret og præcist højdekort (se figur 2).

Den stadig aktive LRO-mission har været en af de vigtigste. Det er ikke mindst takket være kameraet Lunar Reconnaissance Orbiter Camera (LROC), som siden 2009 har

taget billeder af Månens overflade med en opløsning på 0,5 meter per pixel, hvilket har muliggjort en lang række nye studier. For eksempel har LROC observeret en række nye meteornedslag på Månen ved gentagne observationer af de samme områder (se figur 3).

Et andet uhyre aktuelt emne er de betydelige forekomster af vand-is, som man har identificeret i områderne nær Månens nordpol og sydpol. Inde i dybe kraterer nær Månens poler findes der områder, som altid er i skygge. I disse områder er der så koldt, at is er blevet akkumuleret og bevaret på trods af den manglende atmosfære. Is (og dermed vand) på Månen er enormt interessant fordi det udgør en ressource. Vand kan spaltes til oxygen (O) og hydrogen (H), som også er essentielle ressourcer, og som



Figur 4: Månens bagside og Jorden fotograferet af den kinesiske Chang'e 5T1 satellit i 2014.
Foto: CNSA, Xinhuanet

på længere sigt kan bruges til at producere raketbrændstof. På grund af Månens lavere tyngdekraft er det meget lettere at løfte materiale (f.eks. vand) af Månen end at løfte det op fra Jorden, og disse betydelige isforekomster på Månen kan potentielt udnyttes ikke kun på Månen men også videre mod Mars. Derfor har en hel række nuværende og kommende missioner haft fokus på at bekræfte, karakterisere og kortlægge disse isforekomster.

Månen i morgen

Den videnskabelige motivation for yderligere studier af Månen og for nye bemandede og ubemandede missioner til Månen er bestemt til stede og potentialet for at afdække yderligere fundamental viden er stort.

I en nær fremtid med nye bemandede månemissioner og potentielt en eller flere videnskabelige baser på Månen, er der en hel række oplagte muligheder for videnskabelige studier. Et større netværk af seismiske stationer med nyere teknologi og placeret over en større del af Månen - inklusiv bagsiden - vil tillade en bedre kortlægning af Månens indre og kerne. Dette vil have relevans for vores generelle forståelse af planeters dannelse og indre struktur. Potentialet for fund af meteoritter på Månen er også stort, og det kan i høj grad tænkes, at fragmenter af den tidlige Jord er bevaret på Månen.

Endelig er der også et betydeligt potentiale for astronomiske studier fra Månen. Interessen samler sig her primært om den

helt lavfrekvente radiostråling under omkring 100 Mhz, som kun vanskeligt kan observeres fra Jorden på grund af støj fra ionosfæren. Månens bagside er ideel til opstilling af et netværk af radiostationer til kortlægning af universet ved helt lavfrekvent radiostråling. Et sådant netværk vil kunne lede til ny viden om perioden fra nogle hundrede millioner år efter Big Bang, og indtil de første stjerner opstod.

Selvom beslutningerne om nye missioner i høj grad er drevet af overvejelser om national prestige og støtte til teknologisk udvikling, så vil betydelige videnskabelige gevinster følge med, i morgen som de gjorde det i går.

Fremad til Månen

TEKST: ADAM MCSWEENY, Systems Engineer,
Thales Alenia Space og MATAJ POLIACEK,
Mission Analyst, Spacemanic

Hvorfor er vi interesseret i at vende tilbage til Månen, eller "fremad til Månen", som en del - især i USA - er begyndt at sige. Og hvad sker der idag?

Hvorfor er vi stadig interesseret i Månen?

Mange er nok overraskede over at høre, at Månen igen er moderne. Rumagenturer verden over, bl.a. NASA og ESA fokuserer i disse år på at sende mennesker tilbage til Månen. Sidste gang der stod et menneske på Månens overflade var i 1972, så hvorfor er det først nu at vi vil sende mennesker tilbage? Og hvorfor er vi overhovedet interesseret i Månen?

En grund er, at den Internationale Rumstation (ISS) nærmer sig sin pensionsalder - i øjeblikket er datoen sat et sted mellem 2024 og 2030. Når rumstationen går på pension frigøres en masse ressourcer i form af arbejdstimer og penge

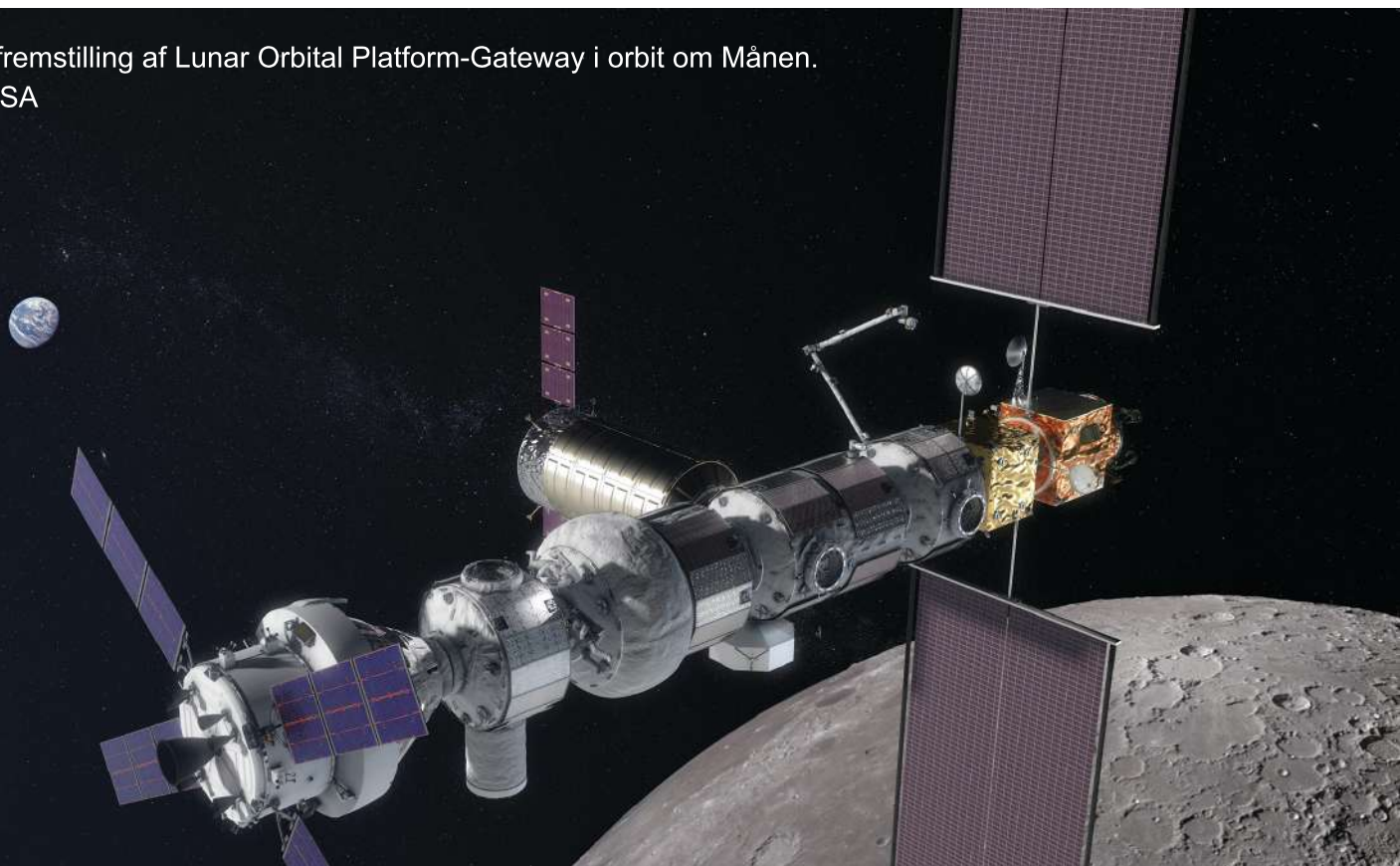
hos de internationale partnere, der sammen har bygget og vedligeholdt ISS. Det drejer sig om USA, Rusland, Japan, Canada og 22 europæiske stater gennem ESA. Disse ressourcer skal bruges til nye missioner i kredsløb om - og på overfladen af Månen - bl.a. er det planen at bygge en ny rumstation, den såkaldte Lunar Orbital Platform-Gateway (LOP-G) i kredsløb om Månen. Platformen skal fungere som gateway for robot- og bemandede missioner til Månens overflade.

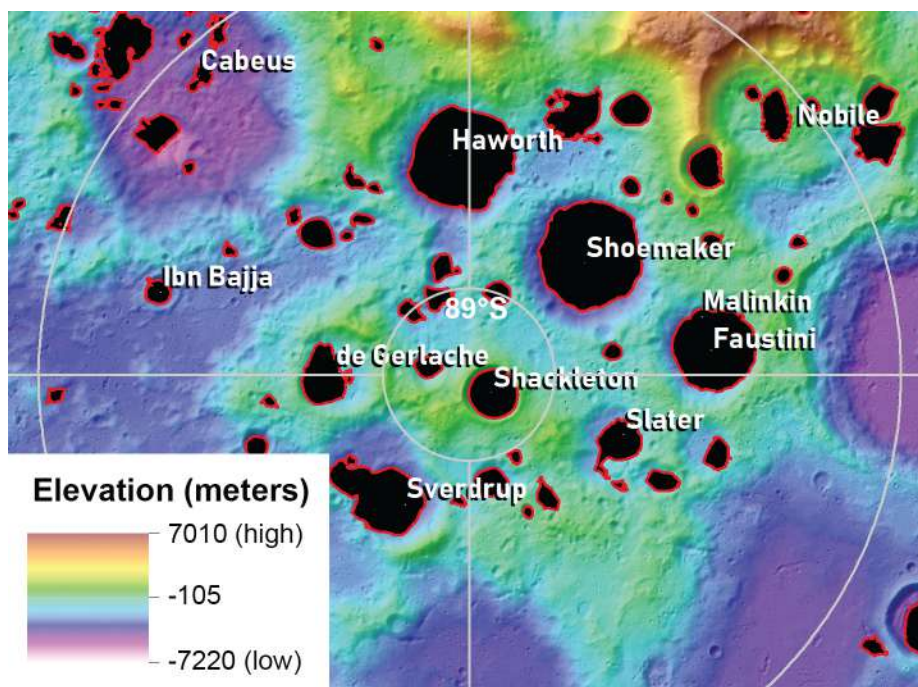
Månen gemmer også på svarene til flere videnskabelige spørgsmål. For selvom vi allerede har været på Månen, har vi lært meget i de sidste 47 år og har opfundet nye

teknologier og analysemetoder. Det er især spørgsmål om solsystemets, Jordens og Månens dannelse og evolution, som videnskaben endnu ikke har et definitivt svar på. Månen har været geologisk inaktiv i flere milliarder år og den har ingen atmosfære - det betyder at Månens overflade er et geologisk arkiv tilbage fra vores solsystems tidlige historie.

Månen er en interessant destination, fordi den gemmer på potentielle ressourcer. Fra nylige robot missioner til Månen har man fundet nye resultater, som er i kontrast til hvad man troede, da man landede på Månen i 1960-70'erne, nemlig at der i bestemte regioner på Månen findes vand-is. Grundet Månens hældning og kredsløb

Kunstners fremstilling af Lunar Orbital Platform-Gateway i orbit om Månen.
Billede: NASA





Månens sydpol er et af de mest interessante steder i solsystemet. Permanent mørke kratere indeholder vand-is, der kunne tjene som en enorm værdifuld ressource for fremtidige opdagelsesrejsende. Billede: Lunar South Pole Atlas, Lunar and Planetary Institute Regional Planetary Image Facility, LPI Contribution.

om Jorden findes der kratere på Månens syd- og nordpol, hvor lyset ikke er nået ned i milliarder af år. Det gør dem til nogle af de koldeste steder i hele solsystemet og det er her at vand-is er blevet lagret.

Vand-is og dermed vand, er af stor betydning da det oftest anses som en af de vigtigste ressourcer. Ikke alene er vand essentielt for at holde mennesker (og astronauter) i live, det kan også splittes i hydrogen og oxygen. Oxygen er en nødvendighed for at vi kan trække vejret, men hydrogen og oxygen kan også bruges til at lave raketbrændstof. En af de største omkostninger inden for rumforskning er opsendelsen af ressourcer i form af bl.a. luft, vand og brændstof. Hvis disse ressourcer kunne udvindes "in situ" (fra latin: på stedet) kan Måne- og Marsboere blive mere selvforsynende og dermed

mindre afhængige af opsendelser fra Jorden. Tilstedeværelse af ressourcer betyder, at en Måne-koloni eller en kommerciel Måne-økonomi måske ikke er så langt ude i fremtiden endda.

På lang sigt kunne udvundne ressourcer fra Månen bruges på Jorden og skabe økonomisk vækst. Elementer, der er sjældne og dyre på Jorden findes i relativ høj mængde på Månen, det gælder f.eks. helium-3. Helium-3 findes på Månen, fordi det er blevet aflejret i Månens regolit efter at være blevet bombarderet af solvinden i milliarder af år. Helium-3 kan bruges som "brændsel" i fusions-reaktorer. Lykkes det os engang at bygge succesfulde fusionsreaktorer, vil Månen være et oplagt sted at skaffe rå-materialet. Det estimeres, at fyldte man en rumfærgeres lastrum med Helium-

3, ville der være nok energi til hele USA i et år.

Tilstedeværelsen af ressourcer og muligheder for vækst kan stimulere investeringer i udvikling af teknologier. Det skaber også et marked og en ny grobund for større involvering i rumfart fra private virksomheder.

Den sidste grund er at selvom Mars er det langsigtede mål for menneskelig kolonisering, så er Månen en nødvendig trædesten på vejen dertil. Månen er en ideel destination til at teste nye teknologier og infrastruktur på en trinvis facon.

Hvordan ville vi bygge en månebase?

Måneudforskningsvisionær Paul Spudis (1952 - 2018) advokerede for at sende mennesker tilbage til Månen for at høste dens fulde potentiale. Han mente, at den mest bæredygtige måde ville være at opbygge en infrastruktur på Månen i fastlagte, logiske faser og ved hjælp af både robotter og mennesker.

I den første fase sendes robotter til Månen. Deres opgave er at undersøge og udvælge det bedste sted for mennesker at slå sig ned. Ligesom på Jorden er det fordelagtigt at bygge sin base i nærheden af ressourcer. Missionerne ville bestå af en række satellitter i kredsløb om Månen og månelandere sendt til udvalgte områder på overfladen af Månen. Robotterne fungerer således som spejdere, der undersøger Månens miljø og fastlægger mængderne af lokale ressourcer i form af primært



ESAs koncept for at konstruere en månebase baseret på 3D print. Oppustede kupler dækkes ved hjælp af robotter med et lag af 3D-printet måneregolit for at beskytte beboerne mod stråling og mikrometeoritter. Billede: ESA/Foster + Partners

vand-is. Når det bedste sted er fundet, påbegyndes eksperimenter og test af isen for bedre at kunne karakterisere det. Dette kan foregå enten på Månen eller ved at bringe prøver med tilbage til Jorden. De første robotter kan sidenhen bruges som infrastruktur for kommunikation.

I fase to er den første base etableret og klar til menneskers ankomst. Mere avancerede robotter sendes til de mest lovende lokaliteter fra fase et. Disse robotter vil begynde at udvinde vand i nærheden af månebasen, mens andre robotter bygger videre på infrastrukturen, som skal understøtte menneskelig beboelse. Det vil f.eks. være beboelses habitater hvor besætningen kan bo; veje og landingsområder og etablering af et energiproducerende system. Dele af denne infrastruktur kunne bygges ved brug af måneregolit (måne-”jord”) som kan opvarmes og bruges til at 3D printe mure og

vægge. Ved slutningen af fase to er basen klar til at modtage mennesker.

Menneskene ankommer i fase tre. Med mennesker på overfladen stiger basens produktivitet og mennesker arbejder sammen med robotter. Menneskene benytter in situ ressourcer og bor i habitater lavet af regolit, mens life-support systemer, der holder astronauterne i live bl.a. udnytter vand høstet fra Månen. Gradvist øges månebasens aktiviteter: Ekstra vand-is mines og bruges til påbegyndelse af in situ produktion af raketbrændstof. Basen udbygges også gradvist til at understøtte flere og flere mennesker, og det bliver i højere grad nødvendigt, at menneskene på overfladen kan producere deres egen føde. Basen er i begyndelsen en station til videnskab og udforskning, men med tiden øges dens muligheder for anvendelse, f.eks. til mine-industri og turisme. Sådan en

vision for en månebase er meget ambitiøs og hvis det skal kunne lade sig gøre, er der behov for internationalt samarbejde ligesom da man byggede ISS!

Hvordan er det at bo på Månen?

Ligesom Månen kan fungere som test for en senere Mars mission, kan vi teste nogle af aspekterne i en månemission her på Jorden. I et forsøg på at forudse hvilke problematikker fremtidens måne-besætninger skal takle, kan man placere mennesker her på Jorden i specielt forberedte omgivelser, som simulerer Månen eller Mars.

Disse ‘analoge missioner’ foregår ofte i nøje udvalgte lokationer, hvor den lokale geologi ligner overfladen af enten Månen eller Mars. Siden disse missioner forsøger at simulere en rigtig rummission, bliver de ‘analoge astronauter’ isoleret fra resten af verden og kan kun kommunikere med

missionens kontrolcenter. Kommunikationen bliver ofte tilført kunstig forsinkelse, som efterligner den forsinkelse man ville opleve på f.eks. Mars. Habitatene hvor analog-astronauterne bor har ingen vinduer og lyset kontrolleres i en kunstig nat- og dag cyklus f.eks. ligesom den man ville opleve på Månen (14 dages lys og 14 dages mørke). Den eneste måde, hvorpå man kan forlade habitatet, er ved at tage en rumdragt på og vente i en luftsluse, hvor man simulerer trykudligning. Når man kombinerer disse aspekter og observerer analog-astronauterne nøje, får man store mængder data vedrørende menneskers kapacitet til at kapere isolation, stress, søvn og dynamikker mellem besætningsmedlemmer.

Et eksempel på en analog mission var LEARN (Lunar Exploration Activities and Remote Navigation). LEARN var en to-ugers mission, som fandt sted i Lunares habitatet i Pila, Polen. Denne mission fokuserede på besætningsdynamikker, og der var en "måneoverflade" i en tilstødende hangar. Dette område, hvor man udfører "rumvandring", fylder omkring 250 kvadratmeter og er belagt med regolit simulat-jord – en nøje forberedt blanding af sten, grus og sand, som efterligner Månens overflade. Under hele missionen ser besætningen på intet tidspunkt naturligt sollys, og derfor kan man ændre på længden af en dag.

Under LEARN missionen var al

føde frysetørret, dvs. hver eneste morgenmad, frokost eller aftensmåltid begyndte med at tænde for kedlen. Varmt vand blev tilført små sølv-poser med forskellige typer mad for at omforme tørret pulver og klumper til et måltid. Dette midlertidige skift i livsstil lægger fundamentet for en strikt daglig kalender, som inkluderer at udvikle og styre en række videnskabelige eksperimenter og daglig motion. Disse betingelser har en indflydelse på besætningen, f.eks. i form af forhøjet stressniveau, søvn- og koncentrationsproblemer eller fysiologiske ændringer grundet diæt og motion. Alle disse ændringer overvåges konstant, ved at notere mad- og vandindtag, forbrændte kalorier, hvornår man falder i søvn og vågner, puls, vægt og meget mere. Under LEARN missionen deltog besætningen også i et forskningsprojekt vedrørende kognitive evner under isolation. Analog missioner undersøger en lang række variable og forbindelsen mellem dem for at man i fremtiden kan sammensætte den helt rigtige besætning med de mest optimale individer.

Hvad sker der i dag?

Vi er i øjeblikket i fase et i Paul Spudis vision. I de kommende år er der planlagt mange ubemandede missioner til Månen fra mange forskellige lande. Disse missioner vil, ligesom i visionen, fungere som spejdere og undersøge forskellige områder på Månen. Mange har Månens nord- og sydpol i sigte grundet vand-is i de permanent ubelyste, dybe kratere. Missioner, som skal

demonstrere, at det er muligt at udvinde ressourcerne er ligeledes under forberedelse. ESA planlægger i øjeblikket en mission til midt-2020'erne, som skal vise at produktion af vand og oxygen på Månens overflade er mulig. Udover ESA, planlægger Kina, Indien, Rusland og USA missioner i de kommende år til Månen.

Det er ikke kun de traditionelle rumagenturer, som deltager denne gang: private virksomheder er også med. Firmaer som SpaceX og Orbital ATK tilbyder allerede opsendelser af forsyninger til ISS. At private virksomheder overtager disse opgaver betyder at NASA og andre rumagenturer kan fokusere på udvikling af ny infrastruktur og aktiviteter. Private virksomheder kunne i fremtiden stå for lignende transport-infrastruktur til og fra Månen. I slutningen af 2018 annoncerede NASA netop dette gennem det nye initiativ "Commercial Lunar Payload Delivery Services", hvor de inviterede den private sektor til at byde på levering af materiel til Månen. I 2018 annoncerede Airbus også at virksomheden støttede det såkaldte 'the Moon Race', som finansierer startups, der kan udvikle nøgle-teknologier til at vende tilbage til Månen. Dette initiativ er støttet af ESA og industrielle virksomheder og fokuserer på at udvikle et marked for produktion af energi, byggematerialer og forbrugsgoder.

Oversat af Christina Toldbo

Fremtidens månemissioner

TEKST: FINN WILLADSEN, CHRISTINA TOLDBO og LYKKE PEDERSEN
Dansk Selskab for Rumfartsforskning

Der er stigende interesse for at vende tilbage til Månen, især til Månens sydpol, hvor man forventer, at man kan udvinde ressourcer. USA, Rusland, Indien, Kina, Korea, ESA og mange flere, arbejder på en række missioner til Månen i 2020'erne.

Internationalt:

LOP-G (Lunar Orbital Platform-Gateway) er en ny international rumstation, som forventes påbegyndt i 2020'erne. Rumstation skal være permanent i kredsløb om Månen og fungere som "gateway" til overfladen af Månen og senere til Mars. Det er et internationalt projekt med deltagelse af NASA, ESA, Roscosmos, JAXA og CSA (Canadian Space Agency).

NASA (USA):

Artemis er NASAs nye månelandingsprogram opkaldt efter Apollons tvillingsøster, der i græsk mytologi var gudinde for Månen.

Artemis 1 vil være ubemandet og opsendelsen er planlagt til 2020. Sammen med Artemis 1 sendes den første CubeSat (kaldet Lunar Flashlight) til Månen. Den skal søge efter is i de permanent mørke kratere ved Månens sydpol.

Artemis 2 er en bemandede månemission planlagt til at gå i kredsløb om Månen i 2022. I så fald bliver missionen den første bemandede mission til Månen siden 1972.

Artemis 3 skal lande en mandlig og en kvindelig astronaut på Månens overflade allerede i 2024.



ROSCOCMOS (Rusland):

Luna 25 er en russisk ubemandet månesonde, der er planlagt til opsendelse i 2021.

Luna 25 skal lande nær Månens sydpol. Herfra skal den hente prøver fra Månens overflade tilbage til Jorden. Den er en opfølgning på Luna 24, der i 1976 hentede 170 gram månemateriale tilbage til Jorden.

Luna 26 er en ubemandet rumsonde planlagt til 2023. Den har til formål at lokalisere og kvantificere ressourcer, der kan bruges ved fremtidige landinger på Månen.

Luna 27 er en ubemandet rumsonde, der er planlagt til opsendelse i 2024.

Rumsonden udvikles i et samarbejde mellem ROSCOSMOS og ESA og den skal lande nær Månens sydpol på Månens bagside. Formålet er at bestemme forekomsten af flygtige stoffer såsom metan, vand, ammoniak etc.

Luna 28 er en ubemandet rumsonde, der skal sendes til Månen i 2025. Rumsonden skal lande nær Månens sydpol. På Månens overflade skal en månebane køre rundt og opsamle prøver af overfladen. Disse prøver sendes tilbage til Jorden.



ESA (Europa):

ISRU Demo (In-Situ Resource Utilisation Demonstration Mission) er planlagt til at skulle lande på Månen i 2025. Missionen har til formål at teste om man kan udvinde ilt og brint fra Månens overflade nær en af Månens poler.



CNSA (Kina):

Chang' E-5 skal lande på Månens overflade, hvor den skal hente omkring 2 kg prøver fra 2 meters dybde der sendes retur til Jorden. Den planlagte opsendelse er december 2019.

Chang'E-6 skal lande nær Månens sydpol og hente prøver tilbage til Jorden i 2023 eller 2024.

Chang'E-7 skal undersøge Månens sydpol for ressourcer i 2023. Den består af et landingsfartøj med en fjernstyret månebil og en del, der skal i bane om Månen.

Chang'E-8 skal undersøge mulighederne for at udnytte ressourcer in-situ. Den skal i 2027 landsætte både en fjernstyret månebil og en fjernstyret drone.



JAXA (Japan):



SLIM (Smart Lander for Investigation of the Moon) er Japans planlagte landingsmission til Månen. Formålet med missionen er at demonstrere og teste landingsteknologi. SLIM er planlagt til 2021.

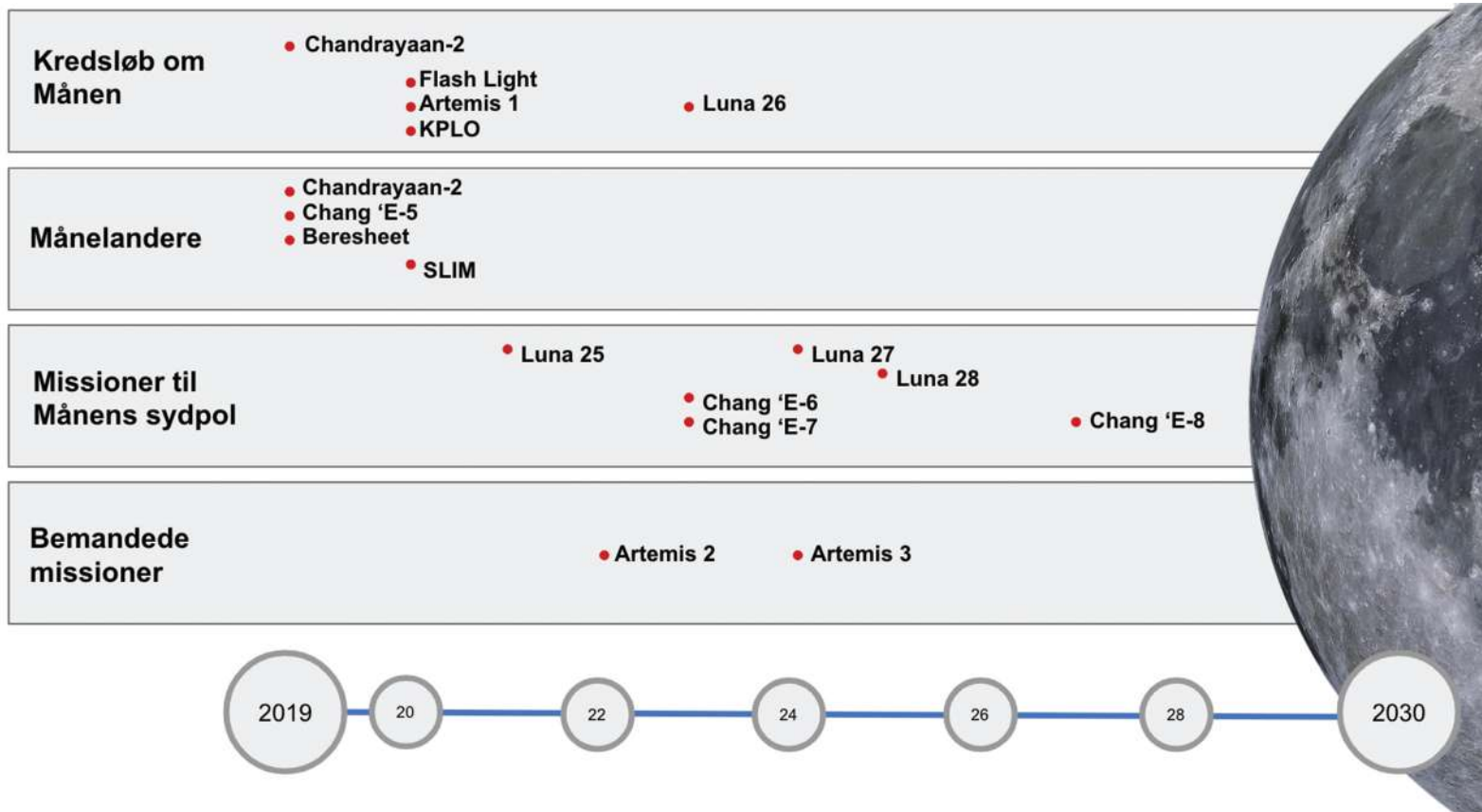
KARI (Sydkorea):

KPLO (Korea Pathfinder Lunar Orbiter) er en sydkoreansk ubemandet rumsonde til Månen. Opsendelsen skal ske i 2020 og den forventes at gå i kredsløb om Månen, hvorfra den skal kortlægge overfladen og foretage andre målinger.



ISRO (Indien):

Chandrayaan-2 er en indisk ubemandet månemission, der skal lande en fjernstyret månebil på Månens forside i 2019. Den er en opfølging på Chandrayaan-1, der gik i kredsløb om Månen den 8. november 2008.



Planlagte missioner til Månen frem mod 2030. Private månemissioner er udeladt.

Grafik: Dansk Selskab for Rumfartsforskning

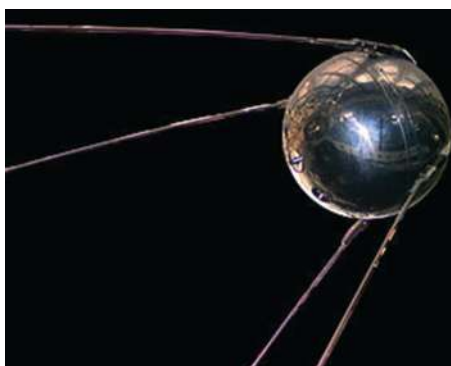
Hvem ejer Månen?

TEKST: AASE THEA FLEM
Rumjurist hos ESA

Når vi vender tilbage til Månen, vil det være for at etablere en permanent outpost på Månen og muligvis udvinde ressourcer. Der vil være nye spillere på banen – både private og nationale aktører. Som rum-jurist beskæftiger jeg mig med lovgivningen i rummet og på Månen. Læseren sidder måske derhjemme og klør sig i hovedbunden. Juridiske regler? På Månen? Det må være, hvad nogle kalder overregulering, men efter at have læst denne tekst, vil stå klart at det netop er regulering, der mangler.

Traktater om det ydre rum

Opsendelsen af Sputnik 1 - den første rumsonde - i 1957 var ikke kun en teknologisk milepæl. Den medførte også en sikkerhedspolitisk trussel pga. risiko for spionage mellem stater, og juridisk regulering af rummet blev nødvendigt. FN nedsatte derfor komitéen for Den Fredelige Brug Af Det Ydre Rum (Committee on the Peaceful Uses of Outer Space), som fastlagde principperne for staters opførsel i rummet. I alt udmundede komitéens arbejde sig i fem traktater (se boksen)



Sputnik 1 (1957), Foto: Model fra National Air & Space Museum

Herudover findes visse traktatfæstede begrænsninger for, hvad der må sendes ud i rummet. Disse begrænsninger omfatter bl.a. et forbud mod at opsende

masseødelæggelsesvåben og mod aktiviteter i rummet, der forårsager unødigt forurening. Folkeretten gælder også i rummet hvilket betyder at stater ikke kan løbe fra deres internationale forpligtelser selv der.

Ingen må eje noget i rummet

En af de vigtigste begrænsninger findes i "Ydre rum traktaten" som inkluderer forbud mod at eje noget i rummet. USA ejer ikke Månen ved at have plantet et flag på overfladen, for "først til mølle"-

Rumtraktater

1. Ydre rum-traktaten

Traktaten omhandler principper vedrørende landes udforskning og brug af det ydre rum, inklusiv Månen og andre himmellegemer. Den har til hensigt at sikre alle stater fri adgang til rummet og retten til at bruge og udnytte det til fredelige formål.

2. Redningstraktaten

Traktaten omhandler staters pligt til at redde og hjælpe alle astronauter uanset nationalitet (idet de anses for menneskehedens udsendte) og returnere objekter, der har været sendt i rummet.

3. Ansvarstraktaten

Traktaten siger at en stat er ansvarlig for objekter, der sendes i rummet fra deres territorium - og hæfter for skader forvoldt af disse objekter.

4. Registreringstraktaten

Traktaten siger at en stat skal informere FN om alle objekter, der sendes i rummet og oplyse deres bane.

5. Månetraktaten

Traktaten regulerer staters virksomhed på Månen og andre himmellegemer.

princippet gælder ikke i rummet. Ydre rum traktaten nævner allerede i første sætning, at rumaktiviteter skal udføres i alle landes interesse, uanset hvilken grad af økonomisk eller videnskabelig udvikling landet har.

En ny udvikling indenfor rumindustrien har dog vist, at forbuddet mod ejerskab i rummet måske kan omgås. Når vi i fremtiden formentlig vil begynde at udvinde ressourcer fra rummet - det som også kaldes "space mining" - er lovene sandsynligvis ikke længere tilstrækkelig dækkende. Diskussionen om space mining har delt det internationale fællesskab: Blandt andet USA og Luxembourg mener at man kan eje udvundne ressourcer fra rummet og har i deres nationale rumlovgivning gjort space mining lovligt. Et af argumenterne er, at så snart ressourcerne udvindes fra et himmellegeme, tilhører det ikke længere himmellegemet og er dermed ikke beskyttet af forbuddet mod ejerskab.

Anses ejerskab ved udvinding

som lovlig, kan det medføre store teknologiske og økonomiske fremskridt og muliggøre rejser længere ud i rummet. De ressourcer, der befinder sig på Månen (og på Mars), kan nemlig potentielt bruges som brændstof. Det er begrænset, hvor meget brændstof man kan have med sig fra Jorden, og derfor kan space mining åbne op for helt nye, uanede muligheder. Hvorvidt det er lovligt, må domstolene dog afgøre fra sag til sag.

Om at bo på Månen

Alle, der drømmer om at tage til Månen for at bosætte sig, er også nødt til at respektere ydre rum traktatens forbud mod ejendomsrettigheder. Man kan ikke blot bosætte sig, gøre krav på uafhængighed og begrænse adgangen til Månen. Som nævnt, vil placering af et dansk flag på månen ikke gøre Månen dansk. Men placeres en base, der er bygget i Danmark og er registeret af de danske myndigheder, er denne base dansk territorium. Traktaten for det ydre rum siger nemlig, at stater har jurisdiktion og kontrol

over deres rumobjekter, også når de er sendt ud i rummet.

Man kan argumentere for, at man indirekte eller de facto kan gøre krav på den underliggende overflade: Man kan nemlig forestille sig, at en nation kan flytte sin base fra sted til sted for at gøre krav på nyt måneterritorium. Men hvilke regler vil så gælde, hvis en base er bygget i Danmark, opsendt fra kinesisk territorium og bebos af russiske astronauter? I dag er rumudforskning næsten altid et internationalt samarbejde med kommercielle partnerskaber, og en bosættelse på en fremmed planet vil formentlig ligeledes kræve mange internationale partnere.

Desværre er international rumlovgivning udfordret af, at den skal vedtages ved enstemmighed, hvilket betyder, at alle 92 medlemsstater af rumkomitéen skal blive enige. Indtil flere aftaler er på plads, kan internationale traktater bruges som hjemmel til sanktioner i henhold til den internationale strafferet.

Måske endnu en bemannet rejse til Månen vil sætte gang i det internationale regelskriveri, ligesom opsendelsen af Sputnik gjorde det i 1957? For at følge med udviklingen er det nødvendigt at forsøge at forudsige fremtiden, før den materialiserer sig. Så hvem ejer Månen? Det vil tiden vise. For vi står overfor en ny epoke inden for rumfart hvor nye aktører og problematikker kommer på banen og spillereglerne skal skrives på ny.



Apollo 17 astronaut Jack Schmitt med det amerikanske flag og Jorden i baggrunden (1972). Billede: NASA

Verden udenfor vores verden - en kronik om Månen

TEKST: LOUISE SOLHØJ JØRGENSEN
Gymnasieelev på ZBC Ringsted

En gymnasieklasse fra ZBC Ringsted deltog i efteråret 2018 i en workshop med Månen som tema, hvor Christina Toldbo underviste. Efterfølgende skrev eleverne i grupper eller alene en kronik med tanker om Månen. Det blev til mange fine kronikker, og her kan du læse, hvad Louise skrev.

"The universe is like a safe to which there is a combination. But the combination is locked up in the safe." (Peter De Vries)

Vi mennesker er fyldt med nysgerrighed. Vi har udforsket vores egen jordklode, dykket ned i dens allerdybeste kamre både teoretisk og, i de fleste tilfælde, fysisk. Vi har formået at finde teorier til næsten alt, der er sket på denne planet, som vi kalder for vores hjem. Selv nu, hvor de fleste af vores spørgsmål er blevet besvaret, finder vi stadig på nye spørgsmål. Vi undrer os over alt, hvad der sker omkring os, også de ting der foregår langt væk ude i et tilsyneladende endeløst univers.

Lige siden de allerførste mennesker satte fod på Månen i 1969, er vi blevet fyldt med nye ambitioner og drømme. Pludselig åbnede der sig en ny verden foran os. En verden udenfor vores Jord, væk fra alt som vi hidtil havde kendt som vores hjem.

Nu er tiden kommet, hvor vi er i stand til at udforske rummet endnu mere. Vi har haft mange år siden den første månelanding til at forbedre vores udstyr og vores kendskab til rummet. Vi har sendt mange astronauter ud i rumstationer omkring Jorden, samt opsendt utallige satellitter,

der kredser om vores planet. Nu hvor man begynder at snakke om en mulig befolkelse af himmelske legemer, vækkes der mange nye spørgsmål: Hvilke planeter kan mennesket bo på og hvorfor? Hvordan skal man finde mad og vand? Hvad gør vi med affaldet? Disse spørgsmål vil blive besvaret efter bedste evne af en HTX-studerende, 2. g'er, i denne kronik.

Dette leder tilbage til vores forløb om rummet tilbage i 2018, lige før juleferien. Her fik vi, eleverne fra 2. g, på ZBC HTX Ringsted mulighed for at lære og udforske menneskets mulighed for en eventuel bosættelse på Månen. Vi startede forløbet med en øvelse i at lave et "rumfartøj" af papir, pinde, og andre materialer. Dette fartøj skulle lande på Månen (i vores tilfælde et bord) uden at skade vores astronaut (et æg). Her måtte vi tage højde for økonomiske valg, da alle materialer havde en bestemt pris, samt holde os indenfor en angivet vægt som vores rumfartøj ikke måtte overstige.

Desværre måtte min gruppes astronaut (også kaldet vores æggonaut) lade livet ved et fejlagtigt landingsforsøg på "Månen". Det viste sig, at vores idé ikke holdt lige så godt i praksis som i teorien.

Denne lektie er en, som mange

glemmer. De tanker, der giver mening i hovedet, er ikke altid rigtige i det virkelige liv.

Efter vores forfejlede eksperiment blev det tid til at sætte fokus på det teoretiske. Den næste opgave vi lavede, handlede nemlig om fremtidige planer om bosættelse på Månen og eventuelt på andre planeter, såsom Mars.

Selvom der er utallige af idéer derude, som giver inspiration til, hvordan man skal overleve på en anden planet end Jorden, er der mange ting, som stadigvæk mangler afprøvning og finpudsning. Vi 2. g'ere blev derfor sat til at fremvise vores egne forslag til, hvordan man kunne løse nogle af problemerne ved at bo på en planet, der ikke er egnet til os, sådan som Jorden ellers er. Denne planet var Månen, den flotte hvide plet på nattehimmelen som vi alle kender.

Heri indgik spørgsmålet om, hvorfor Månen? Og hvorfor skulle vi egentligt overhovedet prøve at befolke sådan et sted? En grund kunne være dens placering i forhold til Jorden. Månen er vores nærmeste nabo, hvilket giver god mulighed for at afprøve diverse levemåder uden at komme for langt væk, hvis der skulle opstå problemer.

Derudover er der fundet beviser for, at der er vand på Månen. Denne resurse er en stor fordel, som kan hjælpe med at gøre livet på Månen selvstændigt fra det på Jorden. Hvis vi kan bruge vandet, der findes oppe på Månen, vil vi være et skridt tættere på at kunne kultivere planter, have frit drikkevand, og måske kan vandet endda bruges til brændstof og andre energigivende produkter. Det samme gælder for planeten Mars, hvor der er fundet mulige tegn på vand.

Som nævnt tidligere har de fleste af os mennesker en trang til at udforske verden omkring os. Dette gælder også for det kæmpestore univers. Vi har en lyst til at teste vores grænser og afprøve ny teknologi hele tiden. Månen er et oplagt sted at gøre dette, da der ikke er nogen form for liv deroppe, og derved kan vi ikke skade et økosystem på samme måde som her på Jorden.

Månen er altså en slags skabelon eller en prøveklud, som vi kan bruge til at lære om vores fremtidige rumrejsende muligheder. Den giver os en unik mulighed for at øve os på vores

evne til at overleve i en verden, der er langt fra vores egen.

Under vores skoleforløb valgte min gruppe at fokusere på eventuelle måder at få mad og næring på, mens man er bosat på Månen. Vi valgte at lave en form for "plantefarm", der kunne sættes på en af Månens to poler. Her er der nemlig en masse sol, altid. Vi måtte selvfølgelig også tænke over planternes næringsindhold, mængden af sollys, som de havde behov for, samt den plads de skulle bruge. Heri indgik, at planterne selvfølgelig ikke måtte få for meget sol heller.

Det var spændende at tænke sig, at det man sad og arbejdede med, var det samme som videnskabsmænd og -kvinder indenfor rumrejser arbejder med.

Vi valgte at lave et forsøg, der handlede om at finde ud af, hvor meget ilt en vandplante producerede under forskellige omstændigheder, såsom kulde, varme, mørke, osv. Det endte her med, at vi kunne fremlægge en teori om, hvilke omstændigheder der ville være en fordel for planterne såvel som for menneskene ombord på

Månen.

Til dette lavede vi en 3D model over vores "plantefarm": Her brugte vi idéen om at bruge alger til at give en masse næringsindhold til astronauterne, mens de bor på stationen.

Selvom der findes mange gode idéer til, hvordan man skal overleve i rummet på en planet, som vi ikke er skabt til at bebo, så er der stadigvæk ikke endelige svar på det hele. Som et eksempel, står vi som mennesker også overfor problemer i forhold til affaldet. En rumstation ville skulle være skabt af næsten kun biomekaniske materialer, der ville kunne nedbrydes, hvis man skulle undgå en forurening af Månen eller den eventuelle planet, man skulle bo på.

En rejse ud i rummet var engang fiktion. Nu er det en mulighed, som måske ikke er så langt væk i fremtiden. Det er en spændende tid, der ligger forude, og som vækker nysgerrigheden hos de fleste. For hvem vil ikke gerne vide, hvad der er derude i det blå?



Billede 1: Min gruppes 3D model af vores "Plante-farm" (fremstillet til dyrkning af alger).

Månen for mig

TEKST: THILDE HOLST SCHYTTE
Folkeskoleelev på Trørødsken

Thilde var i oktober 2018 i en uges praktik hos Dansk Selskab for Rumfartsforskning, hvor hun lærte om rumfart, universet og fysik. Under hele praktikken var Thildes opgave at give Dansk Selskab for Rumfartsforskning et indblik i, hvordan unge ser på Månen og universet. Denne artikel er resultatet af Thildes overvejelser.



Illustration: Cristina Benescu

Månen for mig er helt vildt fascinerende! Vi har været der nogle gange, men alligevel er der så meget, vi ikke ved om den. Når jeg kigger op på Månen, føler jeg mig meget lille: Den får mig til at tænke på, hvor stort hele universet er, hvor lidt vi mennesker har undersøgt og ved om universet, og om der mon er mulighed for liv et sted derude. Universet er så stort, og der er stadig så mange ting at undersøge, forskellige teorier, der skal testes og afprøves, og

beregninger at udføre, så vi kan finde ud af endnu mere.

Jeg tror, at hvis vi lander med mennesker på Månen igen, kan vi komme til at lære rigtig meget mere end sidste gang, fordi vores nyudviklede teknologier vil kunne hjælpe os en hel del. Jeg tror også, at flere unge mennesker vil interessere sig for Månen, da det bliver den første månelanding, som nutidens unge vil kunne huske. Månen har en masse mysterier, som mennesket ikke har opdaget endnu, og det er også det, der gør Månen så spændende.

Jeg blev spurgt om, hvad jeg synes om Månen som et sted, man kan besøge som turist, og det synes jeg umiddelbart ikke er en god ide. Jeg synes, man i første omgang skal udforske Månen videnskabeligt og finde ud af, hvordan man kan bygge

månebaser, og om vi kan bruge nogle af råstofferne, der findes på Månen. Måske kan mennesker bo på Månen permanent, men jeg tror ikke, det bliver foreløbig, da der er en masse faktorer, som gør det vanskeligt for mennesker at overleve deroppe.

Mars er også rigtig spændende, og jeg er sikker på, at mange mennesker synes, at Mars er mere interessant end Månen, fordi vi aldrig har været på Mars. Men jeg synes, det er en klog beslutning at fokusere på Månen i første omgang. Månen er tættere på Jorden, og vi er allerede i gang med at udforske den. Vi kan stadig blive klogere og klogere på den og lære, hvordan man overlever væk fra Jorden. Derfor synes jeg, at vi skal vente et par år med at sende mennesker til Mars.



Under sit praktikforløb besøgte Thilde bl.a. den flotte måneudstilling på Louisiana. Billedet her er fra udstillingen og viser en gigantisk månemodell opført af NASA, som forberedelse til 1960'ernes månemissioner. Foto: Christina Toldbo, opindeligt billede af NASA.

Undervis med Månen

TEKST: CHRISTINA TOLDBO
Dansk Selskab for Rumfartsforskning

Menneskelig udforskning af Månen og rummet er et fantastisk tema til undervisning i både folkeskole og gymnasier. Der er stort set ikke et eneste emne fra pensum, som ikke kan relateres til rumfart og rumforskning. Herunder kan du læse om, hvordan du kan bruge Månen i din undervisning, finde ressourcer og lærerkurser og læse om erfaringer fra skoler som Dansk Selskab for Rumfartsforskning har været på besøg hos i 2019

Når menneskeheden vender tilbage til Månens overflade og med tiden skal bygge en månebase, er der behov for at takle en hel række problematikker. Månen kan bruges som tema til at undervise i design, materialer, energiforsyning, transport, kommunikation, vand, ilt, føde, sikkerhed, politik, etik, 3D print, matematik, geologi.. listen bliver ved.

I 2019 har Dansk Selskab for Rumfartsforskning været ude på skoler og gymnasier i hele landet og lavet forløb om Månen. Eleverne har skullet komme med forslag til at løse en eller flere problematikker i

forhold til at bo på Månen. F.eks. hvordan man bedst beskytter sig mod stråling? Eller hvordan man laver det bedste drivhus på Månen? Som introduktionsøvelse skulle eleverne planlægge, designe og bygge et landingsmodul, som kan bringe en æggo-naut sikkert til Månens overflade. Denne ressource kan findes på spacedays.dk og fungerer som en god introduktion til et forløb om Månen.

ESA og Moon Camp Challenge

Den europæiske rumorganisation (ESA) har med en række partnere lavet en konkurrence om at 3D designe

en Måne base, "Moon Camp Challenge". Der er konkurrencer for hold af børn op til 12 år og for unge i alderen 13 til 18 år. Konkurrencen er åben fra oktober til marts og eleverne kan deltage i deres fritid.

Som en del af "Moon Camp Challenge" er der udviklet en række undervisningsplaner og enkelte af disse er oversat til dansk af ESERO DK eller Dansk Selskab for Rumfartsforskning. Du kan finde dem på hjemmesiderne i den blå boks.

ESERO DK og ESA tilbyder også fantastiske workshops og gratis kurser for lærere flere gange om året.



Skitse af overemner i Måneforløb.
Grafik: Christina Toldbo



Eleverne introduceres til Månen gennem foredrag og laver herefter deres egen "månelander" med en æggo-naut ombord.

Rumfart undervisningsressourcer

Space Days - www.spacedays.dk/undervisningsmateriale

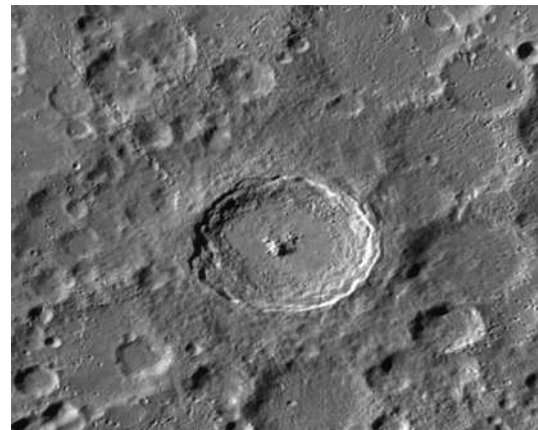
ESA Education - www.esa.int/education

ESERO Danmark - www.esero.dk

Forskelligt

Moon Trek Portal

Moon Trek er en browser baseret web-portal udviklet for at imødekomme behovet for at kunne planlægge missioner til Månen. Portalen er gratis at bruge og er også egnet til undervisning. Man kan fremsøge et krater på Månen f.eks. Tycho krateret, som ses på billedet her. Man kan vælge at få oplysninger om stedet såsom bredden af krateret og kraterets højdeprofil. Det er også muligt at generere en fil til 3D print. Portalen er udviklet af SSERVI (Solar System Exploration Research Virtual Institute) og NASA JPL. Portalen skal helst bruges i en Chrome browser og findes her: <https://trek.nasa.gov/moon/>



Billede af Tycho krateret
hentet fra Moon Trek Portal

Månefejringer verden over

Verden over markeres 50 året for månelandingen med arrangementer. I anledning af 50 året for månelandingen har IAU (International Astronomical Union) oprettet hjemmesiden www.moonlanding50.org og her kan man se arrangementer, der fejrer månelandingen verden over, herunder også det danske projekt Space Days 2019 med udstillingen i Rundetaarn. Dansk Selskab for Rumfartsforskning har i forberedelserne til Space Days 2019 samarbejdet med det hollandske rumfartsselskab, der sammen med en række andre organisationer i Holland har sat et fint program sammen for hele 2019 med forelæsninger, udstillinger, stjernekiggeri og filmaftener. Det hollandske program kan ses her: www.50jaarmaanlanding.nl

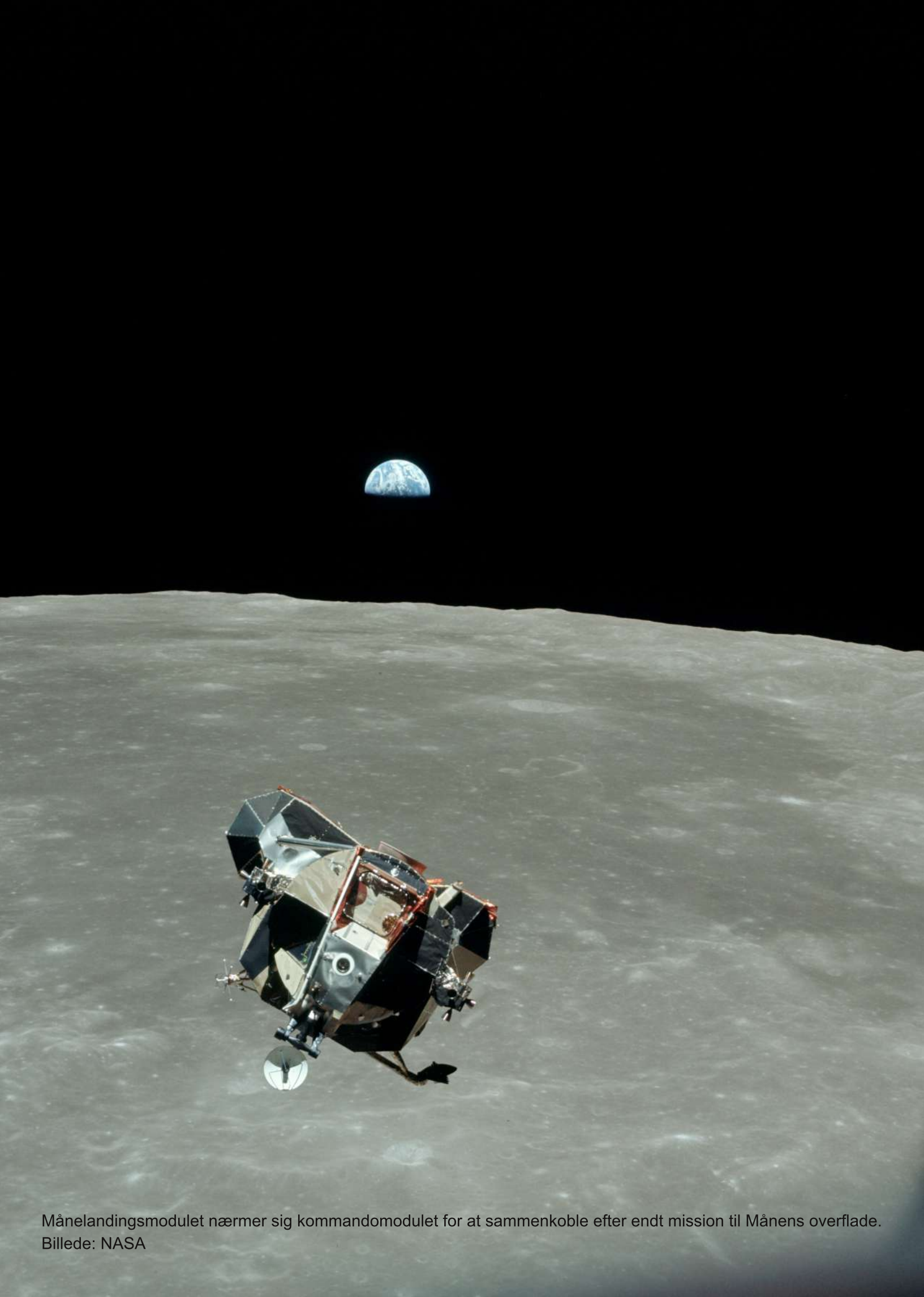


Det hollandske logo til
fejring af månelandingen

IAC 2019 i Washington D.C, USA

I år holdes IAC (International Astronautical Congress) i Washington D.C. i USA. Temaet er "Space: The Power of the Past. The Promise of the Future", idet der både ses bagud mod den historiske månelanding for 50 år siden, men også tænkes fremad mod nye mål. Fundamentet for hver IAC er det tekniske program og med 4320 indsendte abstracts fra 86 lande blev der igen i år sat rekord for antal af indsendte abstracts. Heraf vil 2000 blive præsenteret under kongressen fordelt på områderne: Science & Exploration, Applications & Operations, Technology, Infrastructure, Space & Society. Desuden vil der være et bredt udvalg af specialsessioner, keynote lectures og en udstilling.





Månelandingsmoduliet nærmer sig kommandomoduliet for at sammenkoble efter endt mission til Månens overflade.
Billede: NASA

