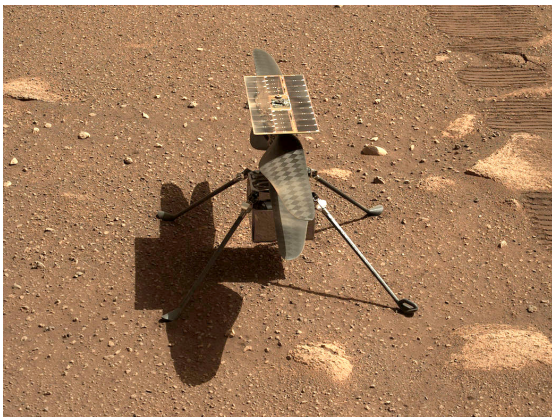


# Nyt fra Mars: Ingenuity-helikopteren begejstrer

Christine Pepke Gunnarsson, Kvant

I februar landede roveren Perseverance succesfuldt på Mars. Med om bord havde den en lille specialbygget letvægtshelikopter kaldet Ingenuity. For første gang ville NASA forsøge at flyve en helikopter på en anden planet. Ingenuity er kompakt bygget med batteri, opladningssolceller, orienteringskamera, varmeelement til elektronikken og styresystemer. Ingenuity vejer kun 1,8 kg, men på Mars er dens vægt endnu mindre nemlig 0,7 kg pga. den svagere tyngdekraft. Kort efter landingen på Mars begyndte Ingenuity at lade dens seks lithium-ion-batterier op ved hjælp af solceller. Efter opladningen sprængte Perseverance det skjold, der beskyttede Ingenuity, af, og helikopteren kunne folde sine ben ud og sættes ned på overfladen. Herefter kørte Perseverance et stykke væk, og Ingenuity var klar til at flyve.



Ingenuity har faktisk været ude at flyve, inden den kom til Mars. Den blev testet i en speciel vindtunnel i laboratoriet i JPL (NASAs Jet Propulsion Laboratory). Mars har en svagere tyngdekraft end Jordens og et meget lavere lufttryk (ca 1 % af Jordens), så det skulle testtunnellen tage højde for. Det lave lufttryk kræver, at helikopterens blade roterer med 2.400 rpm (40 Hz) for at holde den stabilt oppe, hvilket er næsten fem gange hastigheden krævet på Jorden. Det var dog svært for forskerne at vurdere vindhastighederne, som helikopteren kunne møde på Mars.

I april startede prøveflyvningerne. Den 19. april viste Ingenuity, at den kunne flyve og sende data tilbage til Jorden. Ingenuity fløj 3 m op over overfladen, hvor den svævede i kort tid, vendte rundt og landede igen. Ingenuity har siden da fløjet flere ture, som hele tiden blev højere og længere. Ingenuitys batterier kan klare flyveture på op til 90 s.

Men under den sjette flyvetur i maj måned skete der noget mærkeligt. Ingenuity begyndte at tilte ca. 20 grader frem og tilbage i en højde af 10 m pga. en fejl i dens analyseringsalgoritme. Algoritmen analyserer billeder taget af Ingenuitys kamera, men under flyveturen blev et enkelt billede ikke registreret, hvilket skabte en fejl i tidssekvensen og en forvirring i styresystemet om,

hvor helikopteren befandt sig. Heldigvis har Ingenuity et system, der opretter stabiliteten, og det lykkedes helikopteren at lande 5 m fra det planlagte landingssted.



Bortset fra den sjette flyvetur har Ingenuity klaret sig rigtig flot, og missionen er derfor blevet forlænget. Forskerne forventede dog ikke, at Ingenuity kunne overleve så længe på Mars. Faktisk var den kun designet til at overleve ca. en måned. Særligt da natterne på Mars er meget kolde ( $-90\text{ }^{\circ}\text{C}$ ), kan det ødelægge elektronikken. Ingenuity har et varmeelement med, der oplades med sollys, men denne oplader var kun designet til at overleve i en måned, og det er uvist, hvor mange nedkølinger den endnu kan klare.

Forskerne håber på at få billeder af de områder på Mars, hvor Perseverance ikke kan køre og også for at se, hvor det vil være interessant, at Perseverance kører hen og indsamler prøver. Lige nu er Perseverance i nærheden af Ingenuity, så de udforsker Mars sammen, og Perseverance har filmet Ingenuity og optaget lyden fra Ingenuity, når den flyver. Ingenuity fungerer lidt som en rutevejleder for Perseverance.

Ingenuitys formål var at demonstrere, at helikopterflyvning var muligt på Mars i den tynde atmosfære. Det har Ingenuity vist, og dens mission er gået over alt forventning. NASA har planer om at bruge lignende helikoptere som rutevejledere i kommende missioner, bl.a. til Saturns måne Titan.

Roveren Perseverance er også begyndt at udforske Mars. Perseverance var ude at køre første gang den 4. marts hvor den kørte i alt 6,5 m. Den første køretur var 4 m frem, hvorefter den drejede 150 grader og bakkede 2,5 m. Det forventes, at Perseverance kommer til at køre ca. 200 m pr. tur. Perseverance er landet i Jezerokrateret, hvor den skal undersøge geologien og studere Jezerokraterets udvikling fra sø til udtørret krater. Det vil hjælpe forskerne med at datere prøver fra klipperne. Formålet med Perseverance er at lede efter tegn på mikrobakterielt liv. Perseverance skal opsamle prøver fra klipper, som det er planen, at fremtidige missioner skal tage med tilbage til Jorden. Derudover

skal Perseverance undersøge forskellige teknologier, bl.a. MOXIE for at hjælpe mennesket til i fremtiden at kunne rejse til og opholde sig på Mars.



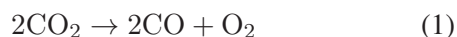
Perseverance har en robotarm, som med kamernet WATSON har taget detaljerede billeder af landskabet. På Perseverances hoved sidder kamerateamet Mastcam-Z, som også har taget flere billeder af området, og endelig har SuperCam-laserkameraet studeret kemien i klipperne. (Se Kvant nr. 1, 2021, for uddybende beskrivelser af instrumentpakkerne).

Forskerne ønsker at undersøge om klipperne i Jezerokrateret er sedimentære eller magmatiske, dvs. om de er som sandsten eller dannet af lava. Sedimentære klippetyper kan være bedre til at bevare tegn på liv, mens magmatiske klippestykker er bedre til at fortælle en tidslinje, altså hvornår de blev dannet.

Perseverances robotarm kan slibe klippens overflade ned, og de to spektrometre på armen, PIXL og SHERLOCK, kan bruges til at bestemme klippens mineralogi og til at detektere organiske forbindelser med.

Dagen efter, at Ingenuity viste, at den kunne flyve, lykkedes det Perseverance at producere ilt (oxygen) fra kuldioxid i Mars' atmosfære, hvilket er første gang, at det er forsøgt på en anden planet.

MOXIE (Mars Oxygen In-Situ Resource Utilization Experiment) er et eksperiment designet på MIT, der skal producere oxygen fra atmosfæren på Mars, hvilket er vigtigt, hvis mennesker i fremtiden skal rejse til Mars. Atmosfæren på Mars består af 96% CO<sub>2</sub>. MOXIE opsamler, komprimerer og opvarmer CO<sub>2</sub> fra atmosfæren. Herefter splittes CO<sub>2</sub> til O<sub>2</sub> og CO ved elektrokemisk omdannelse. Oxygen O<sub>2</sub> gemmes, mens restproduktet carbonmonoxid (CO) sendes tilbage til atmosfæren. Processen kræver en temperatur på 800 °C og en "solid oxide electrolyzer cell (SOEC)", der bruger elektricitet til at lave elektrolyse af CO<sub>2</sub>. CO<sub>2</sub> diffunderer gennem en katode, hvor et oxygenatom bliver frigjort og tager 2 elektroner med sig, og det påførte potentiale får ionen til at bevæge sig til anoden, hvor ladningen overføres og to oxygenatomer kombinerer og danner O<sub>2</sub>, som diffunderer ud. Reaktionen er:



MOXIE har i første forsøg produceret 5 g oxygen, hvilket svarer til, hvad en astronaut i normal aktivitet kan indånde på 10 min. MOXIE er designet til at generere op til 10 g oxygen i timen. Det er planen, at MOXIE skal

producere oxygen, så fremtidige astronauter på Mars kan leve der, men NASA drømmer om en opskaleret version af MOXIE, der ville kunne producere og opbevare oxygen nok til at bruge som brændstof på rejsen tilbage til Jorden, hvilket ville spare meget på vægten af det brændstof, der skal med ombord på en fremtidig mission.

Kilde: NASA og ing.dk

### Amelia Earhart Fellowship

Rumfartsforsker og formand for Astronomisk Selskab, Christina Toldbo, har fået Zonta Internationals Amelia Earhart Fellowship, der tildeles unge, kvindelige forskere inden for flyve- og rumforskning. Det er kun anden gang i over 30 år, at prisen gives til en dansk forsker. Senest blev den i 2014, efter et interval på 25 år, givet til læge Lonnie Grove Pedersen, der forsker i rummedicin.



Christina blev kandidat i fysik fra Københavns Universitet i 2016 og har siden 2019 været ph.d.-studerende på DTU Space. Hendes ph.d.-projekt handler om udvikling af de nødvendige metoder, teknikker og instrumenter, for at menneskeheden kan tage de næste skridt i undersøgelsen af og senere udnyttelsen af rummet. Hendes forskning forventes at bidrage væsentligt til udviklingen af ubemandede og bemandede rejser til Månen og Mars i det kommende årti.

Før hun kastede sig ud i det nuværende forskningsprojekt, har Christina under udlandsophold i Tyskland og Holland beskæftiget sig med menneskets muligheder i rummet, bl.a. ved den europæiske rumforskningsorganisation ESA. Ud over sine akademiske arbejder, har Christina også været en meget aktiv formidler. Hun har bl.a. afholdt serier af foredrag og oplæg specielt rettet mod børn, og hun er en eftertragtet formidler/ekspert for TV og radio. I forbindelse med 50-året i 2019 for den første bemandede månelanding gjorde hun en stor indsats for den meget velbesøgte udstilling i Rundetaarn om Apollo 11's månelanding – en kæmpe stor, helt frivillig indsats for feltet, hvor de besøgende også ved hjælp af deres mobiltelefon havde mulighed for at visualisere Saturn V-raketten ved siden af Rundetaarn og dermed få en realistisk fornemmelse af rakettenes størrelse.

Legatet på 10.000 USD skal bruges til et eksternt studieophold.