

GEOGRAFI I RUMMET

GO GEOGRAF
FORBUNDET

PÅ RUNDTUR I UNIVERSET - KOSMISK HISTORIE OG GEOGRAFI

Universet er stort – meget stort. Faktisk så stort, at det måske er uendeligt. Kom med på en rundtur i universet om kosmisk historie og geografi.

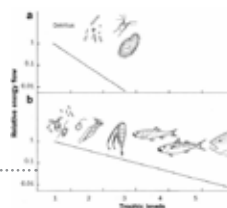
Side 6



ASTROBIOLOGI – ELLER SØGEN PÅ LIV UDEN FOR JORDEN

Er der nogen eller noget derude? Hvordan ser de eller det så ud, og hvordan kan vi komme i kontakt med det? Og skulle det lykkes, hvad får vi så ud af det? Og bliver vi klogere på livet og os selv?

Side 16





**Geografisk
Orientering**

Geografforbundets
medlemsblad

Medlemskontingent:
Almindeligt medlemskab: 400 kr.
Familie (par): 500 kr.
Studerende: 200 kr.
Institutioner, skoler o. lign.: 600 kr.

Henvendelse om medlemskab/abonnement mv.:
GO Forlag
Anker Heegaards Gade 2, 3.tv.
1572 København V
Tlf. 6344 1683
go@goforlag.dk
Hjemmeside: www.geografforbundet.dk

Redaktion:
Ansvarshavende redaktør og annoncetegning:
Andreas Egelund Christensen
Tlf. 2670 8038, E-mail: aec@ign.ku.dk

Anton Grønfeld Wille
Emma Dissing Winzentsen
Jeannette Hinrup
Katrine Ratjen
Marie Bak Rosendahl
Mette Lyhne-Hansen
Nikka Toft Tougaard
Rasmus Skov Olesen
Rose Due
Sanne Lisby Eriksen
Simon Laursen Bager
Teis Hansen
Tilde Marie Rastorp Reinhardt

Anmelderredaktør:
Nikka Toft Tougaard
Kirsebærgrenen 137
5220 Odense SØ
Tlf. 29275522, E-mail: Nikka.gts@gmail.com

Annoncepriser:
1/1 side: 7.000kr.
1/2 side: 4.000 kr.
Bagside: 7.000 kr.
Andre formater: 2.800-3.100 kr.
Se endvidere annoncearket på hjemmesiden.

Deadlines for 2024: 20/1; 20/4; 20/6; 20/8; 20/10
GO udkommer medio marts, juni, august, oktober
og december.
© Geografisk Orientering (GO)
Ikke-kommerciel udnyttelse tilladt med kildean-
givelse

Kode til registrering på forbundets hjemmeside:
1971GO2008

Layout:
Orla Hjort – www.orlahjort.dk
Tlf. 6130 3832
Tryk: Narayana Press. Oplag: 1400
ISSN 0105-4848

Geografforbundets styrelse:
Forperson: Lars Bo Kinnerup
Tlf. 5784 8005, lbg@geografforbundet.dk

Næstforperson:
Iben Dalgaard: ida@geografforbundet.dk

Kasserer:
Jens Korsbæk Jensen: jkj@geografforbundet.dk

Kursusudvalg:
Forperson: Iben Dalgaard: ida@geografforbundet.dk
Myuran Balasubramaniam: mb@geografforbundet.dk

Fagudvalg:
Forperson: Kristian Nordholm:
kn@geografforbundet.dk
Lars Bo Kinnerup: lbg@geografforbundet.dk
Mikkel Strange: ms@geografforbundet.dk
Susanne Rasmussen: sur@geografforbundet.dk

Forlagsbestyrelse:
Forperson: Jens Korsbæk Jensen:
Tlf. 31411767, jkj@geografforbundet.dk
Lars Bo Kinnerup: lbg@geografforbundet.dk
Myuran Balasubramaniam: mb@geografforbundet.dk
Susanne Rasmussen: sur@geografforbundet.dk

Suppleanter:
Lise Rosenberg: Lr@geografforbundet.dk
Mette Starch Truelsen: mst@geografforbundet.dk

Redaktionens forord

GEOGRAFI I RUMMET

Når vi traditionelt tænker på geografi, forestiller vi os landskaber, men-
nesker, kultur og naturfænomener her på vores klode. Men geografi kan
være mere end det. I denne særlige udgave af Geografisk Orientering
tager vi skridtet videre – langt videre. Vi løfter blikket fra vores fælles
hjem, krydser planetens grænser, forlader atmosfæren, og lander blandt
stjernerne. Her udforsker vi geografien i rummet og på andre planeter!

Mennesket har altid kigget mod rummet, men med stigende frygt for
menneske- og naturskabte katastrofer er det nu måske blevet endnu
mere relevant at lære vores kosmiske omgivelser at kende. Det er tid til
at rette blikket mod himlen og se på rummet med geografens briller –
både natur- og kulturgeografiske. Måske ligger menneskehedens fremtid
og løsningen på vores udfordringer blandt stjernerne. I dette tema
introduceres vi til vores nabolag i solsystemet, det ydre rum, og de store
spørgsmål om universet.

Michael Linden-Vørnle åbner temaet med en rundtur i universet, hvor
han gør os klogere på dets historie og geografi. Han viser os, hvordan alt
er blevet skabt, og hvordan universet hænger sammen fra planeter til
galakser.

Med denne forståelse af universet dykker vi ned i to af menneske-
hedens store spørgsmål: Er vi alene, og hvordan skal vi klare os, hvis vi
forlader Jorden for en planet-B? Kai Finster introducerer os til astrobio-
logi og udforskningen af liv i solsystemet og det hinsides. Ole J. Knudsen
undersøger, hvordan vi mennesker ville klare os i et liv udenfor Jorden
– og om det overhovedet giver mening.

Dernæst sætter vi fokus på vores solsystem. Astrid Lind Bouquin og
Luca Tomesani introducerer os til et af de første problemer, vi møder,
hvis vi forlader Jorden: rumskrot. De forklarer, hvad det er, og hvordan
vi fjerner det. Carl Johan la Cour Holm, Gustav Nørbjerg, og Hasse Bülow
Pedersen undersøger, om løsningen på klimakrisen muligvis ligger i
helium-3 på Månen, og hvordan det kan udvindes. Efter Månen rejser vi
til Venus, hvor Joachim Harding og Rasmus Levinsky Thorsboe beskriver
søsterplanetens geografi, klima, og vores udforskning af den. Dernæst
udforsker vi det ydre rum, hvor René Tronsgaard forklarer, hvordan for-
skere i dag finder exoplaneter i fremmede solsystemer.

Efter vores rejse i det ydre rum vender vi tilbage til Jorden. Katrine
Ratjen har samlet en række avisudklip fra dagene omkring månelan-
dingen i 1969, der fremstiller nogle af de tanker man gjorde sig omkring
mennesket i rummet. Til sidst beskriver Troels Gollander, hvordan han
formidler viden om Månen og andre naturvidenskabelige emner til børn
gennem sine Max og Meta bøger.

God rumrejse og læselyst fra hele redaktionen!

Forside: En kunstners forestilling af Proxima, der er én ud af to bekræftede
exoplaneter, der kredser om Solens nærmeste nabostjerne, Proxima Centauri.
Credit: ESO/L. Calçada.

Næste nummer: Grænser

Geografi i Rummet

TEMA

- 6 // På rundtur i universet - kosmisk historie og geografi
- 16 // Astrobiologi – eller hvordan vi prøver på at finde liv uden for Jorden
- 22 // Mennesker i rummet - hvordan klarer vi det? Og hvad skal vi dog der?
- 26 // Rumskrot og hvordan man fjerner det
- 30 // Kan løsningen på klimakrisen ligge på Månen?
- 34 // Geografien på Venus
- 38 // På opdagelse i fremmede solsystemer
- 44 // Månelandingen 1969
- 54 // Månen på en ny måde

GEO MIX

- 43 // Dagens geograf
- 62 // Månedens link

GEOGRAFFORBUNDET

- 58 // Geografisk Dag
- 60 // Studieture



s. 22

Mennesker i rummet - hvordan klarer vi det? Og hvad skal vi dog der?

Hvis vi mennesker skal kunne klare at opholde os væk fra Jorden, kan man forudse en lang række svære tilpasningsproblemer.



s. 26

Rumskrot og hvordan man fjerner det

Rumskrot er et voksende problem, som kan have alvorlige konsekvenser for rummets fremtidige tilgængelighed. Med over 128 millioner genstande, der i alt vejer 8800 ton, er kollisioner uundgåelige.



s. 30

Kan løsningen på klimakrisen ligge på Månen?

Månen bliver dagligt bombarderet med radioaktiv stråling fra solen, som gør, at Månens overflade er fyldt med store mængder af isotopen Helium-3. Denne isotop kan bære vejen for en ren og effektiv form for energi i et fusionskraftværk.

Redaktionen



Andreas Egelund Christensen

Ansvarshavende redaktør.
Ph.d. i geografi, International koordinator ved Københavns Universitet og generalsekretær for Det Kongelige Danske Geografiske Selskab



Anton Grønfeld Wille

Geografistuderende, Institut for Geovidenskab og Naturforvaltning, Københavns Universitet



Emma Dissing Winzentsen

Geografistuderende, Institut for Geovidenskab og Naturforvaltning, Københavns Universitet



Jeannette Sophie Hinrup

Cand.scient. i geografi.
Miljøstyrelsen for Råstoffer, Naalakkersuisut- Grønlands Selvstyre



Katrine Ratjen

Cand.scient. i geografi, naturvejleder hos Naturskolerne i Raadvad og Rude skov



Marie Kirstine Bak Rosendahl

Geografistuderende, Institut for Geovidenskab og Naturforvaltning, Københavns Universitet



Mette Lyhne-Hansen

Cand.scient i geografi.
Social kontrol-vejleder i Københavns Kommune



Nikka Toft Tougaard

Cand.scient. i geografi, miljøsagsbehandler i Region Syddanmark



Rasmus Skov Olesen

Ph.d.-studerende ved Institut for Geovidenskab og Naturforvaltning, Københavns Universitet



Rose Cathrine Due

Geografistuderende, Institut for Geovidenskab og Naturforvaltning, Københavns Universitet



Sanne Lisby Eriksen

BSc i geografi og MSc i Environmental Science, fuldmægtig i Landbrugsstyrelsen



Simon Laursen Bager

Ph.d. i geografi, Bæredygtighedsdirektør, Climate.co



Teis Hansen

Ph.d. i geografi, professor ved Institut for fødevarer og ressourceøkonomi, Københavns Universitet



Tilde Marie Rastorp Reinhardt

Geografistuderende, Institut for Geovidenskab og Naturforvaltning, Københavns Universitet

Formandens leder

LÆREMIDLER OG LÆREMIDDELBRUG I NATURFAGSUNDERVISNINGEN

I de senere år har der været stigende interesse for at undersøge naturfaglige læremidler, og hvordan de bliver brugt i grundskoleundervisningen. Med den omfattende digitalisering vi har været igennem i det danske samfund, er det også på høje tid der bliver kigget på disse forhold.

Digitalisering af læremidlerne åbner for nye muligheder i form af f.eks. animationer, video og simulationer, der kan invitere til interaktivitet. I geografi kan det også være GIS hvor flere lag med forskellige informationer lægges over et kort over et område af interesse. De digitale muligheder er dog ikke i sig selv garant for at eleverne bliver mere interesserede eller lærer mere. Det gælder for så vidt også visuelle elementer i analoge læremidler.

I en artikel fra 2008 skrevet på baggrund af en undersøgelse af illustrationer i norske fysikbøger konkluderede forfatteren, at hvor illustrationer i midten af 1900-tallet i høj grad inviterede læseren til deltagelse i naturfag, gjorde illustrationerne i bøgerne omkring årtusindskiftet læseren til forbruger af naturfag (Bungum 2008). Digitaliseringen af læremidlerne kan meget vel forstærke sådanne tendenser med fare for at eleverne ikke forstår de grundlæggende naturfaglige begreber og sammenhænge bagved.

I et samarbejde mellem Læremiddel.dk, Center for Grundskoleforskning og Professionshøjskolerne er projektansøgninger om midler til at undersøge hvordan elementerne i multimodale naturfaglige digitale læremidler spiller sammen under udarbejdelse – og når dette læses sendt afsted. Målet er at kunne skabe indsigt i hvad der er befordrende for elevernes læring og dermed kunne bidrage til at give lærerne bedre redskaber til at foretage kritiske valg og læremiddelproducenter nogle ideer til gode kompositioner.

Der findes ingen officiel kvalitetskontrol med eller

-mærkning af læremidler i Danmark og det lader til at laveste pris er det væsentligste kriterie for indkøb af læremidler. Det er ikke befordrende for kvaliteten.

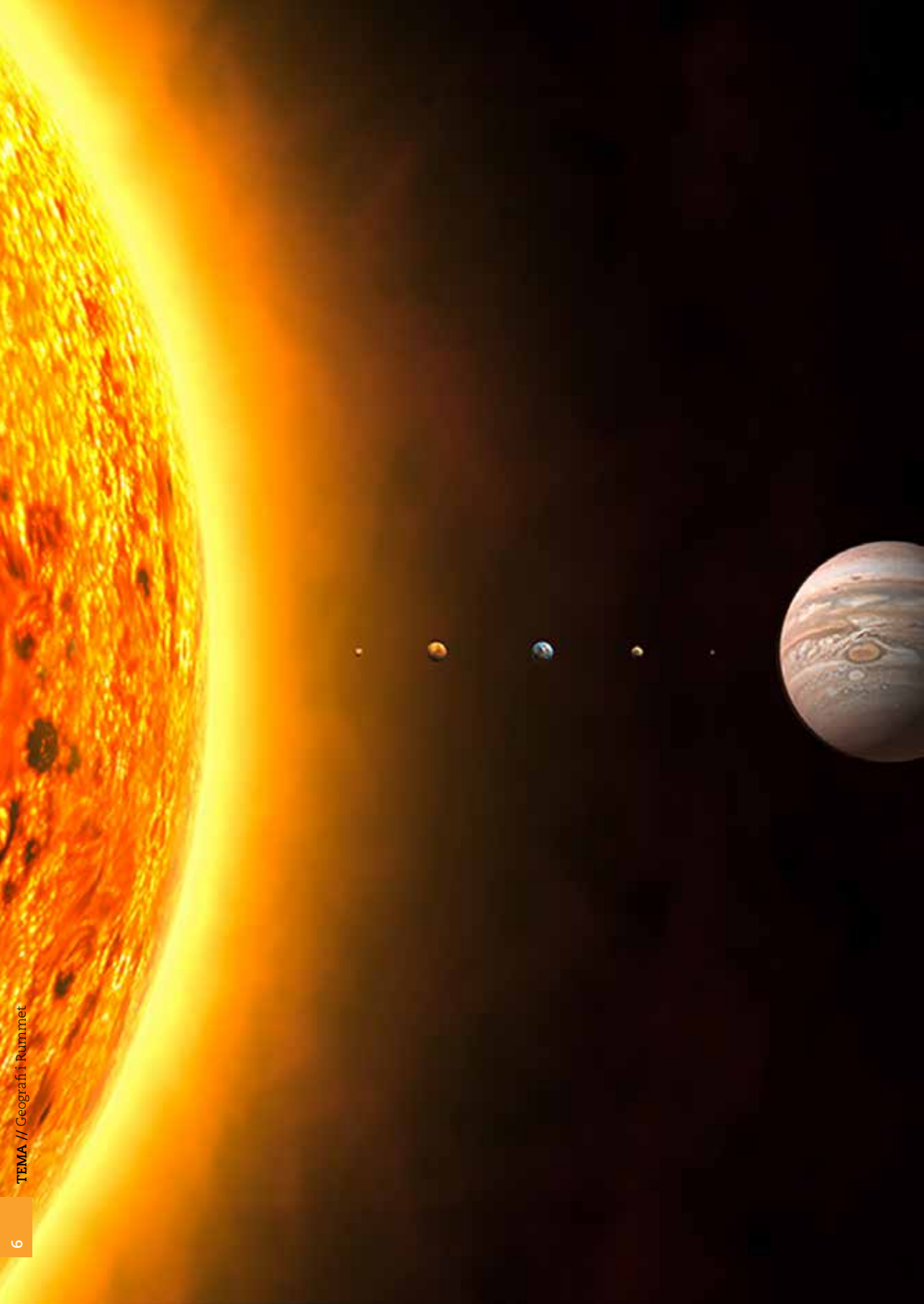
I et landsdækkende projekt støttet af NOVO Nordisk Fonden, med Nationalt Center for Læsning i spidsen, og i samarbejde med professionsforskere fra de seks professionshøjskoler i Danmark, bliver der set på hvordan læsning og skrivning indgår i naturfagsundervisningen. I første omgang har projektet undersøgt hvilke læremidler der bliver brugt og hvordan. Næste fase i projektet er i samarbejde med de deltagende lærere at udvikle og afprøve måder hvorpå læse- og skriveaktiviteter i naturfagsundervisningen kan styrkes.

Undersøgelser af både læremidler og deres brug i undervisningen er finansieret af midler fra private fonde, men det er undersøgelser de offentlige institutioner - videntcentre, professionshøjskoler og universiteter - burde kunne løfte selv. Men også her er man ramt på økonomien så det bliver de private fonde – uden for demokratisk kontrol – der finansierer udviklingen af de offentlige ydelser. Det kan udfordre hvad og hvordan der udvikles i velfærds-ydelserne.

God læselyst, med venlig hilsen

Lars Bo Kinnerup
Formand





PÅ RUNDTUR I UNIVERSET

Kosmisk historie og geografi

Af: Michael Linden-Vørnle



Universet er stort – meget stort. Faktisk så stort, at det måske er uendeligt. Det kan vi dog ikke sige med sikkerhed, men den detalje vender vi snart tilbage til. Når man vil filosofere over universets mulige uendelighed, kan man tage fat i Olbers' paradoks, der er opkaldt efter astronomen Heinrich Wilhelm Olbers (1758-1840). Han undrede sig over, at det var mørkt om natten, hvilket måske kan virke som en underlig ting at undre sig over. Det bliver jo mørkt, fordi Solen går ned, eller hvad?

En illustration af Sol-systemet med Solen og de otte planeter gengivet i korrekt rækkefølge og størrelsesforhold, men ikke i skalamæssigt korrekt afstand. Credit: Den Internationale Astronomiske Union (IAU)/Martin Kornmesser

Kilden til Olbers' (og andres) undren var en række grundlæggende antagelser om universets indretning: Universet er uendeligt, stjernerne er jævnt fordelt og flytter sig ikke så meget rundt, og universet har altid eksisteret. Disse antagelser skaber imidlertid det problem, at der i alle retninger, du kigger, burde være en stjerne. De stjerner, der ligger langt væk er svagere, men til gengæld er der også mange flere af dem. Samlet set burde nattehimmelen være lige så lys som dagshimmelen. Da den ikke er det, må der altså være noget galt med mindst én af antagelserne om universets indretning. Mest kritisk er antagelsen, at universet er uendeligt i rum eller tid. Eller med andre ord: Universet har en endelig størrelse, og så er der ikke en stjerne i hver retning. Eller universet har ikke altid været der, så vi endnu ikke har modtaget lyset fra de fjerneste stjerner.

Dette er et af de hidtil dybeste kig ud i universet. Billedet viser et mylder af fjerne galakser, men der er faktisk også mørke imellem dem. Dette mørke tager vi som et udtryk for, at universet ikke altid har eksisteret, men blev dannet for ca. 13,8 milliarder år siden i en umådelig varm og tæt tilstand, som vi kalder big bang. Billedet er optaget af Rumteleskopet James Webb. Credit: NASA, ESA, CSA og STScI.



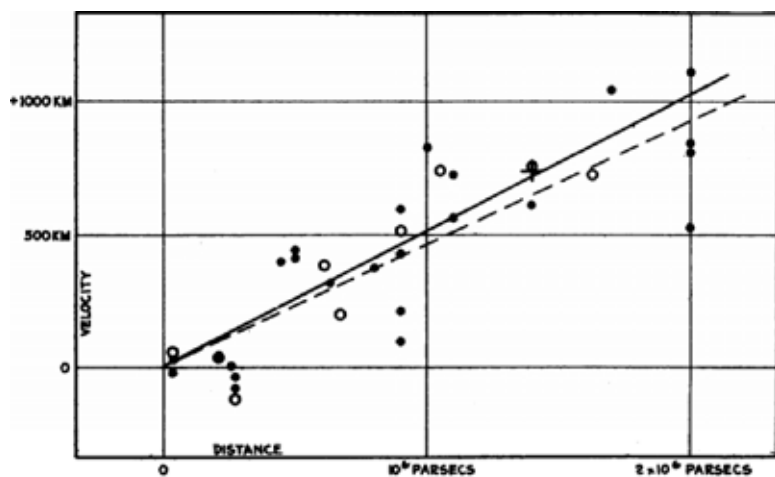


FIGURE 1

Velocity-Distance Relation among Extra-Galactic Nebulae.

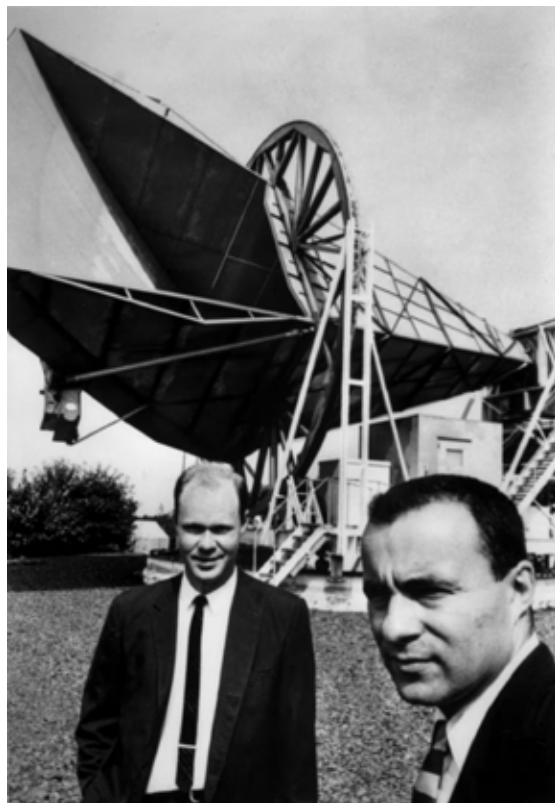
Edwin Hubbles originale diagram fra 1929 baseret på hans observationer af galakseres afstand og hastighed. Jo længere en galakse ligger væk, desto større er dens tilsyneladende hastighed væk fra os. Kun blandt de allernærmeste galakser er der eksempler på galakser, der nærmer sig i stedet. Hubbles observationer forklares bedst med, at universet udvider sig. Credit: Hubble (1929).

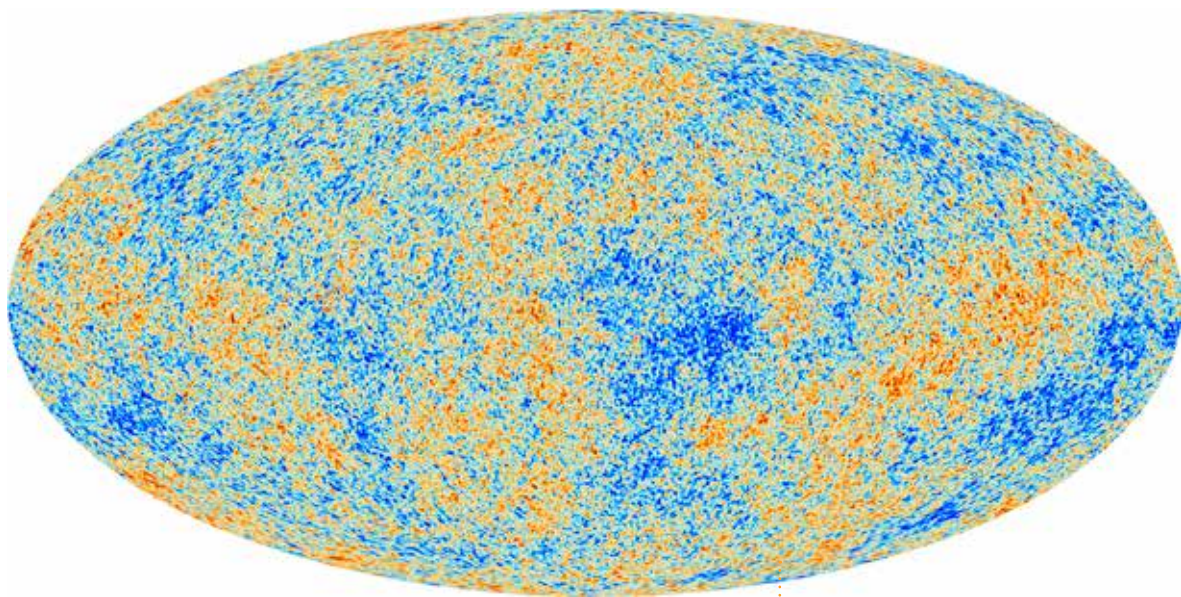
Det, vi er nået frem til, er: Universet har ikke altid været der! I hvert fald ikke i den form, vi ser det i dag. Og nej, denne ganske vidtrækkende konklusion er ikke fremkommet ud fra konstateringen af, at det faktisk bliver mørkt, når Solen går ned. Naturvidenskabens skabelsesberetning – misvisende kaldet big bang – er baseret på tre grundlæggende iagttagelser i naturen: Universet udvider sig, det stof i universet vi kan se er primært brint og helium, og universet er badet i en meget jævn, men også meget svag glød, der fortæller os, at universet på meget stor skala er i varmemæssig ligevægt.

Galakseflugt, lette grundstoffer og efterglød

Den amerikanske astronom Edwin Hubble (1889-1953) opdagede i slutningen af 1920'erne, at universets store stjernebyer, galakserne, alle – på nær nogle af de allernærmeste – bevæger sig væk fra os. Og jo længere væk de er, desto hurtigere går det. Da denne sammenhæng, der kaldes Hubbles lov, blev offentliggjort i 1929, vidste man ikke helt, hvad man skulle stille op med den, men det, Edwin Hubble havde opdaget, var, at universet udvider sig. Hvis universet udvider sig, må det tidligere have været mere sammenpresset. Kører man så univers-filmen baglæns inde i hovedet, kommer man tilbage til en meget varm og tæt tilstand, der naturligt producerer de letteste grundstoffer: Brint og helium – og små mængder af litium, beryllium og bor. En sådan varm og tæt tilstand vil efterlade en restvarme, der fylder hele universet. Denne restvarme ses som det, vi har døbt den kosmiske mikrobølgebaggrund – en virkelig svag glød af mikrobølger meget jævnt fordelt over hele himlen. Det var de to amerikanske astrono-

Arno Penzias (til højre) og Robert Wilson fotograferet i 1965 foran den antenne de året før brugte til at opfange eftergløden fra big bang – den kosmiske mikrobølgebaggrund. Efterfølgende har studierne af mikrobølgebaggrunden været en af de vigtigste kilder til viden om universets opbygning og udvikling på stor skala. Credit: Bell Labs.





mer Arno Penzias (f. 1933-2024) og Robert Wilson (f. 1936), der opdagede denne glød i 1964 med en af datidens mest følsomme radioantenner. De troede faktisk, at gløden var stråling skabt af duemøg i antennen, men det var altså eftergløden fra universets ufattelig varme og tætte fødsel, de havde fanget. Sådan er der så meget...

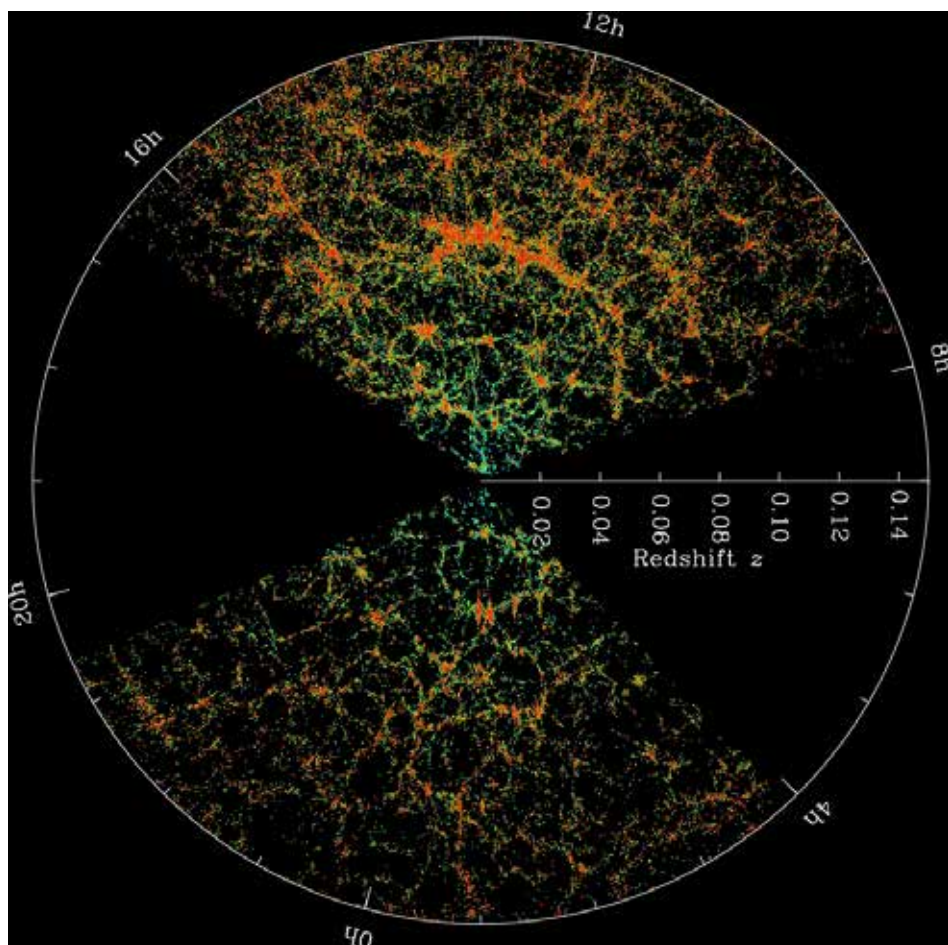
Den meget varme og tætte starttilstand, der producerede de letteste grundstoffer, og har efterladt sig denne efterglød, kalder vi for big bang. Som tidligere nævnt er dette en ganske misvisende betegnelse, da der ikke var tale om noget bang. Big bang var ikke – som det ofte fremstilles populært – en eksplosion. Ifølge vores nuværende udgave af big bang, så opstod universet for ca. 13,8 milliarder år siden. Hvis universet vitterligt er uendeligt stort – og det ser det umiddelbart ud til at være, men den skal vi lige røre ved igen senere – så var det allerede uendeligt stort, da det blev dannet. Samtidig var det også uendeligt tæt presset sammen. Hvis du, kære læser, tænker: Det fatter jeg ikke, så vil jeg bare sige: Velkommen i klubben! Men det er, hvad det teoretiske og empiriske grundlag for nuværende fortæller os.

Ifølge big bang-teorien har universet altså en fødselsdag, og det løser som tidligere nævnt Olbers' paradoks. Udfordringen med dette er imidlertid, at vi kun kan se en afgrænset del af hele det antageligvis uendelige univers. Vi kalder denne del for det synlige univers. Så det sætter jo en helt naturlig begrænsning i forhold til rent faktisk at kunne afgøre, om universet er uendeligt eller bare ser sådan ud. Undersøgelserne af den kosmiske mikrobølgebaggrund fortæller os, at universet i hvert fald er

Eftergløden fra universets fødsel, Big Bang, ses som en meget svag, men også meget jævn glød af mikrobølgestråling fordelt på hele himlen. De hidtil mest følsomme og detaljerede observationer af eftergløden – den kosmiske mikrobølgebaggrund – blev lavet i perioden 2009-2012 af den europæiske Planck-satellit, hvor danske forskere ydede et betydeligt bidrag. Credit: ESA og Planck Collaboration.

meget tæt på at være helt jævnt (homogent) og uden foretrukken retning (isotropt). Big bang var altså ikke en begivenhed, der fandt sted et bestemt sted. Big bang fandt sted overalt i det måske uendeligt store univers og fortsætter den dag i dag. Universet har ikke noget centrum

Dertil kommer, at big bang teorien i sin nuværende form ikke er en teori for universets fødsel. Big bang-teorien kan ikke sige noget om, hvad der skete i selve dannelsesøjeblikket, og lige så lidt om, hvad der lå forud for det. Årsagen til dette er, at vi stadig mangler en samlet beskrivelse af de fire kendte (og eventuelle ukendte) naturkræfter: Tyngdekraften og elektromagnetismen samt de stærke og svage kernekræfter. Det er tyngdekraften, der endnu ikke er faldet i hak i forhold til en sådan beskrivelse. Der findes bud på, hvordan en sådan samlet beskrivelse kan opnås – bl.a. ved at se naturens inderste byggesten som svingende strenge. Problemet er dog, at disse idéer i en overskuelig fremtid ikke kan eftervises eksperimentelt. Så der er alene tale om



Universets stjernebyer, galakserne, er ikke jævnt fordelt, men klumper sig sammen og danner lange filamenter omkranset af store tomrum – universets såkaldte storskalastruktur. Figuren her viser fordelingen af galakser i to udsnit på himlen ud til en afstand på ca. to milliarder lysår. Credit: SDSS.

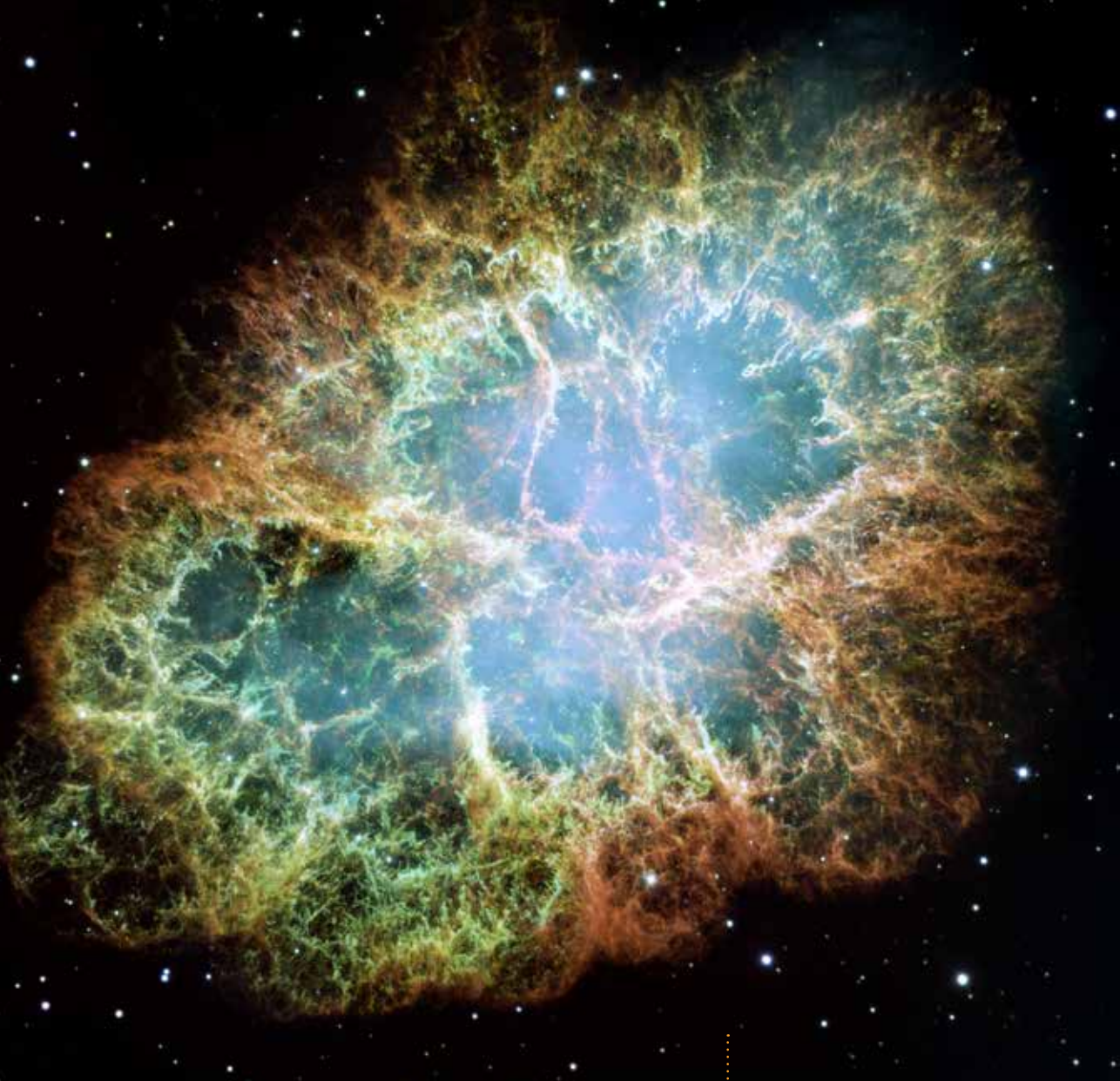
hypoteser, der så kan blive til teorier, hvis der en dag kommer brugbar empiri på bordet. Så det er bare om at komme i gang!

Tyngdekraften som stjernemager

Som nævnt flere gange dannes de letteste grundstoffer i big bang, men der dannes også en betydelig mængde usynligt mørkt stof, der umiddelbart efter big bang begynder at klumpe sig sammen ved hjælp af tyngdekraften. Det mørke stof danner et skelet, der bliver til universets struktur på stor skala, og hvor det almindelige stof efterfølgende indfanges. Vi ved endnu ikke, hvad det mørke stof er, men vores observationer peger på, at der er ca. fem gange så meget mørkt stof som almindeligt stof.

Tyngdekraften er i det hele taget den store arkitekt i dette spil. Mere lokalt bliver skyer af de lette grundstoffer brint og helium presset sammen af tyngdekraften, og når de bliver varme og tætte nok, starter der kernefusion i skyernes indre, hvor brint omdannes til helium med en enorm energiproduktion

til følge. Energien forhindrer tyngdekraften i at sammenpresse skyerne yderligere, og denne balance kalder vi for stjerner. Denne balance varer dog kun så længe, der er brint nok i stjernernes indre til at holde fusionsprocesserne i gang. Når brinten er sluppet op, tager tyngdekraften fat igen og presser stjernen yderligere sammen, hvilket fører til en ny fusionsproces, hvor helium omdannes til kulstof og ilt. Hvis stjernen er tung nok, kan denne trinvis fusionsfabrikering af tungere grundstoffer fortsætte, indtil stjernens kerne består af jern. Da det ikke giver men koster energi at fusionere to jernkerner, vil resultatet blive et kollaps af stjernen, der så eksploderer som en såkaldt supernova. Ved denne eksplosion – og ja, det er i dén grad en eksplosion! – slynges de producerede tungere grundstoffer ud i rummet, og grundstoffer tungere end jern frembringes ved kerneprocesser i forbindelse med supernovaeksplosionen. Stjernerne er således leverandører af de tungere grundstoffer, der er forudsætningen for, at jeg kan skrive denne artikel,



og at du kan læse den. Uden stjerner og supernovaer – ingen planeter og intet liv. Det skal retfærdighedsvis siges, at det ikke kun er denne type supernovaer, der producerer tungere grundstoffer. Også sammen-smeltningen af døde stjerner, der kaldes neutronstjerner, har vist sig at bidrage til grundstof-festen – bl.a. med guld. Men uagtet detaljerne, så er vi alle et genbrugsprodukt af udbrændte stjerner. Eller født af stjernestøv, hvis det skal være en smule mere lyrisk.

Stjernerne er ikke – som det blev antaget på Olbers' tid – jævnt fordelt i universet. De er netop samlet i de tidligere nævnte stjernebyer, som vi kalder for galakser. Navnet kommer af det græske ord for mælk og henviser til vores egen hjemgalakse, Mælkevejen, der netop ses som et mælkevidt bånd hen over himlen – i hvert fald hvis du befinder dig et tilstrækkeligt mørkt sted. Galakser er gigantiske samlinger af stjerner, gas og støv. Vores egen galakse er ca. 100.000 lysår i diameter og

Krabbetågen er resterne af en tung stjerne, der har endt sit liv i en gigantisk eksplosion – en såkaldt supernova. Billedet er optaget af Rumteleskopet Hubble. Credit: NASA, ESA og Allison Loll/Jeff Hester (Arizona State University).



Galaksen med katalognavnet Messier 101 er et smukt eksempel på en spiralgalakse. Billedet er optaget af Rumteleskopet Hubble. Credit: ESA og NASA

indeholder i bløde tal 200 milliarder stjerner – herunder vores lokale stjerne, Solen. Mælkevejen og de fleste andre galakser er enorme skiver med stjerner, gas og støv fordelt i et såvel smukt som karakteristisk spiralmønster og kaldes derfor for spiralgalakser. Spiralmønstrene er ikke faste strukturer som egerne i et hjul, men et resultat af tæthedsbølger i galaksens skive af gas og støv, hvor sammenpressingen af gassen fører til dannelse af nye stjerner. Det var faktisk Edwin Hubble, der i starten af 1920'erne fandt ud af, at galakser er selvstændige stjernebyer. Indtil da havde man antaget, at Mælkevejen var hele universet og at alt, der kunne ses på himlen, dermed hørte til vores galakse. Hubble målte imidlertid afstanden til Andromedagalaksen, der er Mælkevejens nærmeste store galaksenabo, og kunne fastslå, at den lå langt udenfor vores galakse. Denne opdagelse blev offentliggjort i 1924. Så Hubble formåede først at gøre universet meget større, og få det befolket med galakser, og dernæst at afsløre, at universet udvider sig. Ikke en decideret dårlig præstation.

Andromedagalaksen er som nævnt Mælkevejens nærmeste store nabo. Den ligger i en afstand på ca. 2,5 millioner lysår, og den indeholder omtrent fem gange flere stjerner end vores galakse – altså i omegnen af en billion stjerner. Andromedagalaksen er det fjerneste objekt, der kan ses med det blotte øje. Den kan skimtes som en svag, aflang lysplet under det karakteristiske stjernebillede Cassiopeia, der ligner et skævt W. Alt hvad du ellers kan se på himlen hører til Mælkevejen – enten i form af stjerner eller planeter og andre objekter i Solsystemet. Mælkevejens bånd er vores galakses skive af stjerner, gas og støv, mens stjernerne udenfor båndet, er de stjerner, der ligger over eller under os i skiven.

Andromedagalaksen er én af de nærtliggende galakser, som Hubble konstaterede ikke er på vej væk fra os på grund af universets udvidelse. Mælkevejen og Andromedagalaksen er bundet af hinandens tyngdekraft og vil om ca. fire milliarder år kollider og smelte sammen til én stor galakse. Det lyder som en meget voldsom og destruktiv begivenhed, men faktisk handler sådanne kosmiske kollisioner mere



Andromedagalaksen er det fjerneste objekt, du kan se med det blotte øje. Galaksen ligger ca. 2,5 millioner lysår fra Jorden og indeholder omkring en billion stjerner. Om ca. fire milliarder år vil Andromedagalaksen og vores galakse, Mælkevejen, støde sammen og danne én stor galakse. Credit: Bill Schoening, Vanessa Harvey/REU program/NOIRLab/NSF/AURA/.

om fødsel end om død. Ved kollisionen vil galaksernes indhold af gas presses sammen til en nærmest eksplosionsagtig stjernedannelse – et såkaldt starburst. Sådanne galaksesammensmeltninger ses ofte og er en naturlig del af galakseres udvikling.

Solsystemet og andre verdener

Vores hjem i Mælkevejen er Solsystemet. Det ligger ca. 26.000 lysår fra vores galakses centrum, hvilket omtrent er halvvejs ud mod kanten. Solsystemet består af Solen, otte planeter, fem dværgplaneter, 288 måner omkring planeter, et utal af asteroider og kometer samt en masse støv. Det giver god mening at kalde det for Solsystemet, for det er i sandhed Solens system. Solen udgør ca. 99,85% af al masse i Solsystemet. De resterende 0,15% er mestendels de to største planeter, Jupiter og Saturn. Jorden er ret besat bare perleral i indkørslen.

Solen blev dannet for knapt 4,6 milliarder år siden, og det antages, at den stadig har ca. syv milliarder år at leve i. Som tidligere nævnt dannes stjerner ved, at en sky af gas presses sammen af tyngdekraften. Når en sådan sky kolliderer, så vil kombinationen af tyngdekraftens virkning og tilfældige bevægelser i skyen føre til, at det hele begynder at rotere. Denne rotation vil skabe en skive af gas og støv omkring den indre del af skyen, der er på vej til at

blive til en stjerne. I denne roterende skive dannes der klumper af støvkorn, hvor is formentlig hjælper til som 'lim'. Disse klumper vokser sig større, og på et tidspunkt begynder tyngdekraften at tage fat. Resultatet bliver planeter, der kredser om den nyfødte stjerne, og planeterne selv kan få måner, der dannes af den lokale sky af støv og gas, som planeterne er blevet dannet af. Tæt på stjernen er der varmt, så her dannes stenplaneter, mens der i større afstand kan dannes planeter, der i vid udstrækning består af gas og derfor kaldes gaskæmper. Overskydende materiale fra dannelsen af planeter i form af større og mindre klumper af sten og metal kalder vi for asteroider, mens dybfrosne rester af den oprindelige gas- og støvsky kaldes for kometer.

Det er ikke mere end ca. 30 år siden, vi ikke anede, om der fandtes planeter andre steder end i Solsystemet. Det var nok en rimelig antagelse, at der også kredsede planeter omkring andre stjerner end Solen, men i videnskab har vi jo som nævnt flere gange brug for empirien for at understøtte vores hypoteser. Gennembruddet kom i 1995, hvor Michel Mayor (f. 1942), Didier Queloz (f. 1966) og Geoffrey Marcy (f. 1954) annoncerede opdagelsen af en planet i kredsløb om stjernen 51 Pegasi. Siden da er der blevet opdaget mere end 7.000 planeter, der kredser om andre stjerner end Solen – såkaldte exopla-



En kunstners forestilling af Proxima, der er én ud af to bekræftede exoplaneter, der kredser om Solens nærmeste nabostjerne, Proxima Centauri. Credit: ESO/L. Calçada.

neter. De første exoplaneter, der blev fundet, var gaskæmper som Jupiter eller endda større, men de kredser meget tæt på deres stjerner. Dette var ikke i god overensstemmelse med den ovenfor beskrevne dannelsesproces, hvor gasplaneter dannes langt fra stjernen, hvor det er koldt, så det er lettere for en planet at samle store mængder gas. Det viste klart, at dannelsen af planeter – som så meget andet i vores univers – er en indviklet affære, hvor forskerne blev kastet ud i at overveje processer som migration. Her forestiller man sig, at en gaskæmpe dannes langt fra sin stjerne, men så vandrer indad i planetsystemet og ender i en bane tæt på dens stjerne.

Det skal retfærdigvis siges, at det var målemetoden, der som udgangspunkt var årsag til at store, tunge planeter tæt på deres stjerner blev opdaget først – en såkaldt udvalgsfejl. Siden 1995 er vores viden om mangfoldigheden blandt planeter vokset støt. Overordnet kan man sige, at planeter er et helt almindeligt produkt, som universet frembringer, når der alligevel skal laves stjerner. Det er måske lidt hårdt at sige, at alle stjerner har planeter, men det er nok snarere reglen end undtagelsen. Selvom antallet af kendte exoplaneter hele tiden vokser, har vi endnu ikke fundet Solsystemets, og dermed heller ikke Jordens, tvilling. Til gengæld er der fundet adskillige exoplaneter, der minder om Jorden i

størrelse, og som ligger i deres stjernes beboelige zone. Denne zone er kendetegnet ved, at det er den afstand fra en stjerne, hvor en planet med de rette egenskaber (størrelse, sammensætning og tilpas tæt atmosfære) kan have flydende vand på overfladen. Det er netop på disse interessante exoplaneter, vi forsøger at finde tegn på liv ved at undersøge deres atmosfærer. Ud over spørgsmålet om, hvordan universet er opstået, så er det andet helt grundlæggende spørgsmål, om vi er alene i universet. Det er næppe sandsynligt – særligt ikke hvis universet faktisk er uendeligt – men sådan fungerer det ikke. Vi er nødt til at få empirien med, hvis vi skal sige noget meningsfuldt om forekomsten af liv derude. Men det er en helt anden snak, som der nok skal blive plads til ved en senere lejlighed.

Michael Linden-Vørnle
Astrofysiker og
chefkonsulent, DTU Space



ASTROBIOLOGI

Eller hvordan vi prøver på at finde liv uden for Jorden

"Is there anybody out there?" hedder en af sangene på Pink Floyds fantastiske album "The Wall", som udkom i 1979. "Er der nogen/noget derude?" er et af menneskehedens store spørgsmål og temaet for mange science fiction-bøger og -film. Hvis der er nogen/noget derude, hvordan ser de/det så ud, og hvordan kan vi komme i kontakt med det? Og skulle det lykkes, hvad får vi så ud af det? Bliver vi klogere på livet og os selv, eller bliver vi slået ihjel? Ligner de fremmede væsner mest "E.T.", øglemonstrene fra "Alien"-filmene, eller slimklatterne, som vi kender fra afløbsrørene i køkkenvasken?

Milliarder af galakser med milliarder af planeter

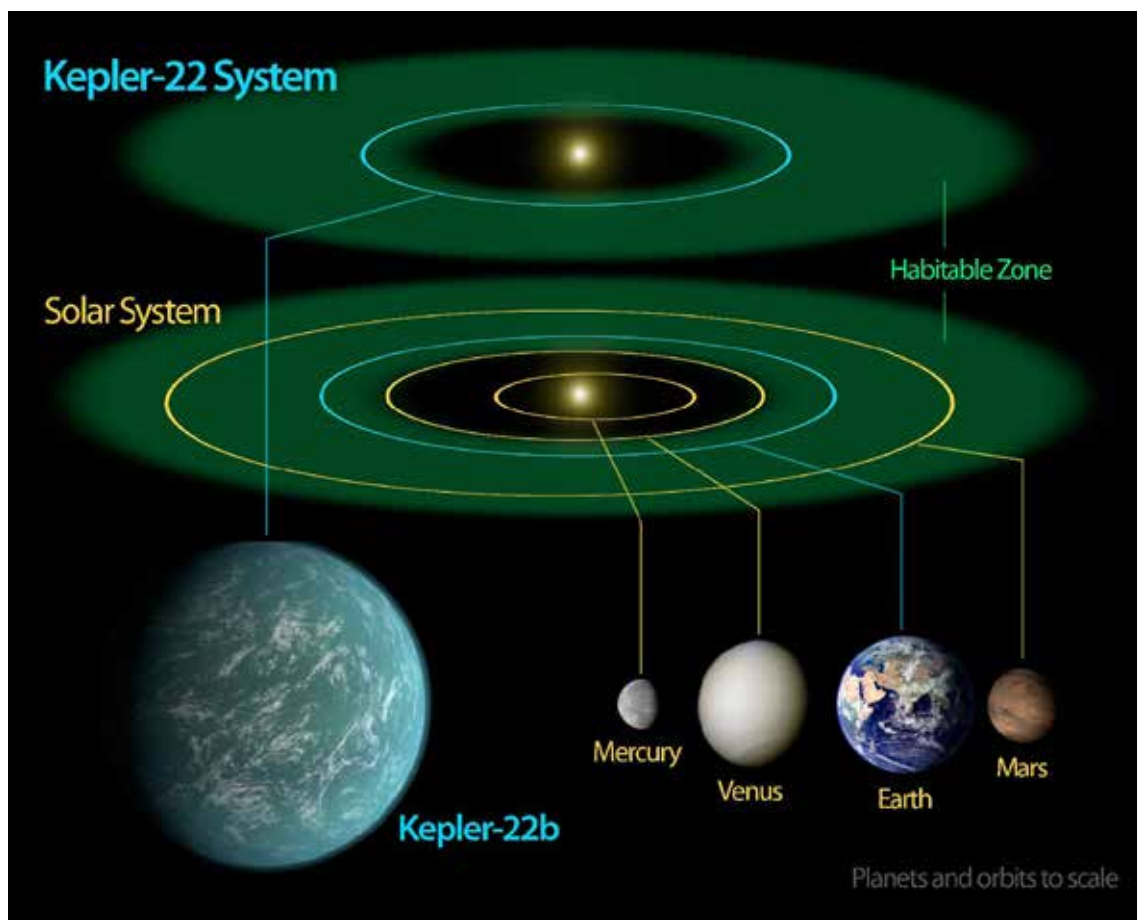
For ca. 100 år siden fandt astronomer ud af, at tågerne i Mælkevejen er galakser ligesom Mælkevejen selv, og sidenhen er tallene bare blevet større og større. Alene Mælkevejen indeholder ca. 200-400 milliarder stjerner og mindst 50 milliarder planeter, hvor omkring 500 millioner af dem befinder sig i en afstand fra deres stjerne, så de kan huse liv. Afstanden kaldes den beboelige zone, fordi vand kan forekomme som flydende vand.

Det er kun 30 år siden, at planetologer fandt den første planet om en anden stjerne end Solen – den første exoplanet. Den var dog så anderledes, end fagfolkene havde troet, at det tog flere år at få opdagelsen offentliggjort i et fagblad. Forskerne var gået ud fra, at vores system med små klippeplaneter tættest på stjernen, og de store gasplaneter længere ude, var et standardstjernesystem. Den første exoplanet, forskerne havde opdaget, var en planet på Jupiter-størrelse meget tæt på sin stjerne – en såkaldt "hot Jupiter". Omløbstiden var kun ganske få dage, altså helt anderledes end det, vi kender hjemmefra, hvor det tager vores egen Jupiter ca. 13 år at nå én gang omkring solen. Sidenhen har man fundet omkring 6.000 nye planeter, og mange optræder i systemer ligesom vores solsystem med op til 8 planeter. Selvom det kun er en brøkdel af de formo-

dede planeter, viser de 6.000, at vores eget solsystem er mere undtagelsen end reglen, og at vi har mange spændende opdagelser i vente. Exoplanet-jægerens våde drøm er dog at finde en Jord 2.0, helst om en Sol 2.0. Og når de så har fundet den nye Jord, går jagten videre efter svar på det største spørgsmål af dem alle: Er der liv på denne planet?

Nu bliver det astrobiologernes tur

Hvordan kan vi finde liv på en planet, der ligger mindst 4 lysår væk – det er afstanden til det nærmeste stjernesystem, Alpha Centauri, som er 41 tusinde milliarder km væk? Vi kunne sætte ambitionsniveauet lidt ned og starte med at lede efter liv på planeter og måner inden for vores eget solsystem. Måske skulle vi træde endnu et skridt ned af ambitionsstigen og spørge: Hvad skal vi egentlig kigge efter, når vi leder efter liv? Og for at finde svar på dette spørgsmål kan vi jo begynde med os selv, eller rettere sagt med liv på Jorden. Vi kunne spørge, hvordan det startede, hvordan det har udviklet sig, og hvordan har dets udvikling påvirket planetens udvikling? Med vores nuværende viden om Jordens udvikling står det lysende klart, at der er en tæt kobling mellem livets og planetens evolution, og at nutidens Jord var en helt anden Jord uden liv. Et af de mest tydelige eksempler er opståen af fotosynte-



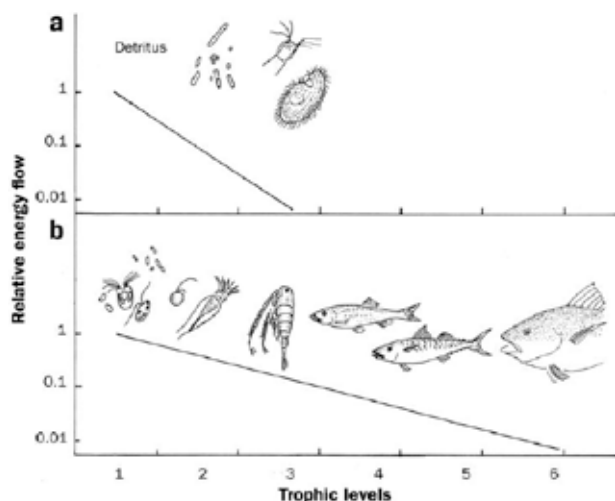
Dette diagram sammenligner vores eget solsystem med Kepler-22, et stjernesystem, der indeholder den første planet i den "beboelige zone", opdaget af NASAs Kepler-mission. Kilde: NASA/Ames/JPL-Caltech).

sen, hvor ilt dannes som et affaldsprodukt. Ved dannelsen af ilt fik livet kontrol over jordens atmosfære, og desuden har ilt sørget for, at jern blev fjernet fra havene og aflejret i tykke lag på havets bund. Desuden har ilt muliggjort, at liv har kunnet træde ud af sin amøbetilværelse og udvikle den hjerne, som nu på godt og ondt prøver at styre verden.

Livet er det samme, uanset hvor vi kigger

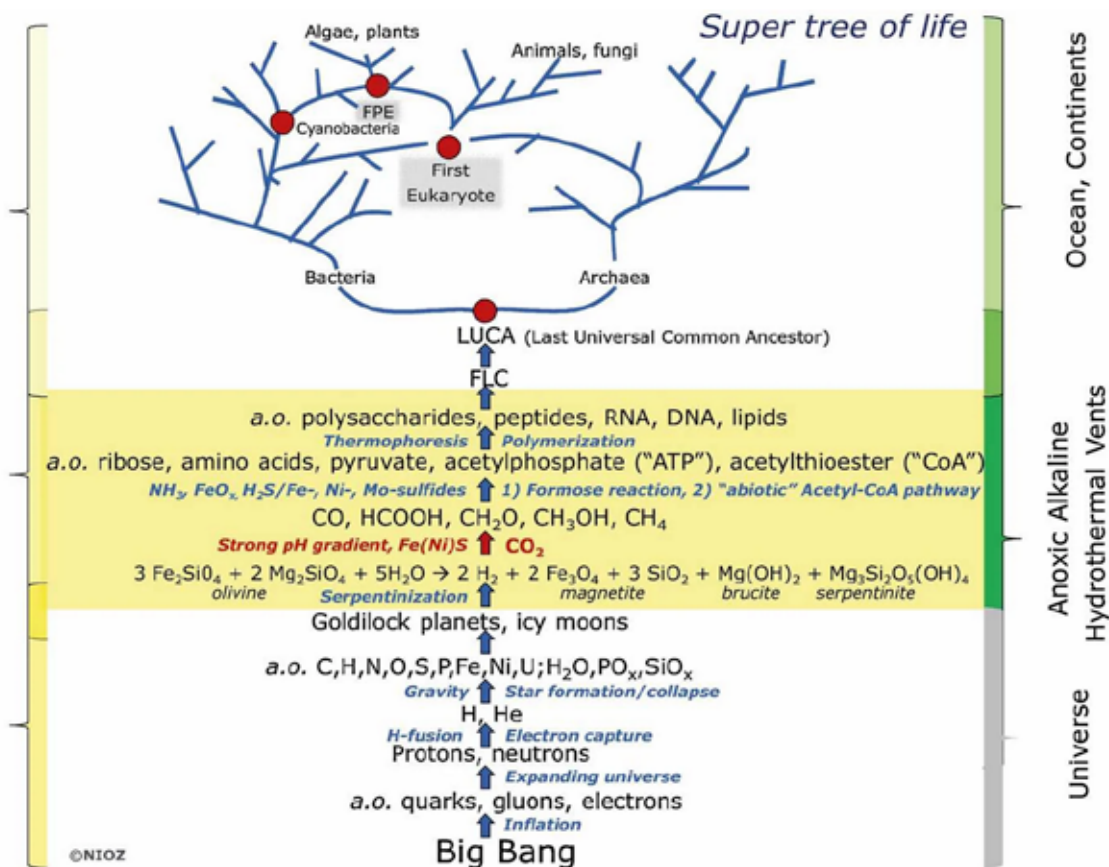
Liv på Jorden startede for ca. 4 milliarder år siden, og dets første spor finder vi i klipper i sydvest Grønland i nærheden af Nuuk, som er 3,8 milliarder år gamle. De spor vi har fundet tyder på, at liv biokemisk var ret så udviklet, og at det på det grundlæggende niveau allerede lignede meget det liv, vi ser omkring os i dag. De første organismer så ud som de bakterier, vi kan studere i mikroskopet – den samme type organismer, som alt efterfølgende tog sit udgangspunkt fra. Ved at studere organismers genetiske kode kan vi med sikkerhed sige, at det liv, der levede

på Jorden for knap 4 milliarder år siden, er vores forfar, og at alt liv er beslægtet med hinanden. Det vil sige, at evolutionen, som har drevet liv i alle mulige kringelkroge, virker på samme måde fra det mindste virus til den største hval. Det store ubesvarede spørgsmål er, hvor og hvordan det hele gik i gang. Hvordan kommer vi fra kemi til organisk kemi til biokemi og til slut til selvorganiserende systemer, som vi kalder celler? Som astrobiologer studerer vi dette liv, da vi går ud fra, at liv – uanset hvor vi støder på det – skal leve op til nogle bestemte krav: 1) det skal være selvorganiserende, 2) have noget, der ligner den genetiske kode, 3) det skal være cellulært, 4) det skal leve af at øge entropien i sine omgivelser, 5) hver organisme skal have en begrænset levetid, og 6) den genetiske kode skal gives næsten uændret fra generation til generation. Det sidste er forudsætningen for variation, som er en forudsætning for evolution.



Iltens betydning for udviklingen af fødekæder, i henholdsvis iltfrie og iltede miljøer. Grænsen for længden af en fødekæde nås, når omkring 1 % af det oprindelige energiindhold er tilbage. Under iltfrie forhold er overførelse af energi fra det ene led i fødekæden til det næste meget ringe (kun 10 %) og derfor er fødekæden i iltfrie miljøer korte, med kun et eller to led. Til sammenligning kan en fødekæde som bruger ilt (b) og med en overførelse af energi mellem leddene i fødekæden på 50 % bestå af op til seks trofiske led. kilde: Fenchel og Finlay (1995).

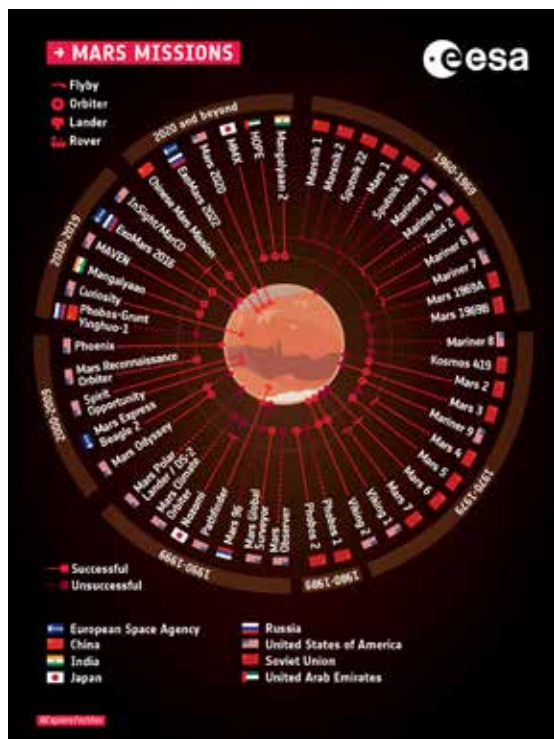
Livets træ baseret på teorien om livets udgangspunkt i basiske hydrotermiske kildevæld. Bemærk, at den astronomiske og fysiske evolution samt en del af den (geo)kemiske evolution er universel og kan resultere i en første levende celle (FLC) også uden for Jorden. Der antages, at dette liv i nogen grad ligner det liv, der opstod på Jorden. FPE = første fotosyntetiske eukaryot. kilde: Camprubí, E., de Leeuw, J.W., House, C.H. et al. The Emergence of Life. Space Sci Rev 215, 56 (2019).



undersøgelser af jordprøver fra Viking-missionen i 1970'erne til Perseverance-missionen, som blev startet i 2020, viser med al tydelighed, at Mars' overflade er steril, og at der knap nok findes organisk stof, ikke engang rester af molekyler, som stammer fra mikrometeoritter. Det betyder, at hvis liv overhovedet har overlevet på Mars, findes det i planetens undergrund i flere kilometers dybde, hvor vand kan være flydende, og hvor det kan reagere med klipper og danne brint. Her kunne mikroberne, som bruger brint og spiser det med CO₂ som åndingsmiddel, leve. Ved denne proces danner de enten metangas eller eddike. Den slags liv har vi allerede fundet i Jordens undergrund. Det er dog en meget stor udfordring. Det dybeste hul vi pt. har boret i nogen Mars-klippe, er 20 cm. Der er altså et stykke vej, inden vi når ned til de dybder på flere kilometer, hvor Mars-liv måske har gemt sig og lever det nøjsomme liv som en brintspiser.

På jagt efter liv hinsides Mars og solsystemet

Selvom Mars spiller en central rolle i astrobiologisk forskning, har vi længe rettet blikket mod andre objekter i solsystemet og især mod de mange exoplaneter, der bare venter på at blive udforsket. Inden for solsystemet er det primært is-månerne omkring Jupiter og Saturn. Fra nogle af dem – JupiterMånen Europa og SaturnMånen Enceladus – ved vi, at der findes et flydende hav under iskappen. Især Enceladus har tiltrukket sig forskernes opmærksomhed, da den har en gejser på sydpolen, som sprøjter vand i form af iskrystaller ud i rummet. Spektroskopiske undersøgelser af disse iskrystaller, som Cassini-sonden har gennemført, har vist, at disse krystaller indeholder organiske molekyler, som kan fungere som livets byggesten. På nuværende tidspunkt planlægger rumagenturerne NASA og ESA missioner til Enceladus for at indsamle is. Isen skal derefter transporteres tilbage til Jorden til en grundig kemisk analyse. Måske gemmer krystallerne genetiske fingeraftryk af den frygtelige snemand, der lever under Enceladus' kilometertykke iskappe. Og længere ud venter tusindvis af exoplaneter på vores nysgerrige teleskopiske blikke. Nye generationer af gigantiske rum- og jordbaserede teleskoper vil gøre det muligt at studere disse planeters atmosfærer, og det, astronomerne håber på, er at finde et atmosfærisk fingeraftryk, som eksempelvis består af ilt og metan i termodynamisk ubalance, ligesom det er tilfældet her på Jorden. Resten er lutter jubel og mange, mange års dataanalyse og til sidst det kedelige spørgsmål: Og hvad så?



Oversigt over Marsmissioner til dato. Kilde: ESA.

Kai Finster
 Professor ved
 Institut for Biologi
 Aarhus Universitet
www.au.dk/kai.finster@bio.au.dk



VERDENS NATURFAG

Geografi



Lær om hele verden

Verdens naturfag - geografi er en del af systemet Verdens naturfag til 7. - 9. klasse, der binder de tre naturfag geografi, biologi og fysik/kemi naturligt sammen. Bogen kan bruges som et selvstændigt system eller integreres på tværs af fagene. Grundbøgerne er bygget identisk op og indeholder elementer til den fællesfaglige prøve.

Læs mere på gyldendal-uddannelse.dk/verdensnaturfag



Af: Ole J. Knudsen

MENNESKER I RUMMET

Hvordan klarer vi det?
Og hvad skal vi dog der?

Hvis vi mennesker skal kunne klare at
opholde os væk fra Jorden, kan man forudse
en lang række svære tilpasningsproblemer.



Familieliv på Mars?
Tegning: National Geographic



Vægtløshed er sjovt - spørg bare den danske ESA-astronaut Andreas Mogensen, som i 2023-24 i fulde drag nød sit ophold på 198 dage ombord på Den Internationale Rumstation ISS. Men vægtløsheden er også et af hovedproblemerne ved lange ophold i rummet. Vi er hverken udviklet til vægtløsheden eller formindsket tyngdekraft, som det findes på Månen og for eksempel på planeten Mars.

Klarer evolutionen ærterne?

Den optimistiske læser forestiller sig så måske, at evolutionen over tid kan hjælpe med at tilpasse os til et liv på en anden planetoverflade eller ombord i en rumstation, men det har vi ikke tid til at vente på! Hvis naturlig evolution skal løse problemerne, vil det komme til at vare måske 100.000 år. Naturlig evolution bygger på tilfældighed, og desuden skal der være nok mennesker til, at nye



Andreas Mogensen og Rasmus Klump - Danmarks første og anden astronaut nyder vægtløsheden ombord på Rumstationen ISS. Foto: ESA/Andreas Mogensen

gode genvariationer kan bide sig fast og være en tilpasningsfordel for de heldige indehavere, så de vil få mere afkom end resten af gruppen. Så glem det!

Der er så en anden mulighed for at brede sig til andre levesteder i rummet. Ordet er genmanipulation. Med et bevidst og styret avlsarbejde kan tilpasningen til fast ophold i rummet ske meget hurtigere, og hvis vi er villige til at lave dele af befolkningen om til cyborger - altså mennesker, som er en kombination af biologiske og tekniske finesser - så går der måske kun få generationer, før vi kan splitte arten op i os gammeldags mennesker og de nye supermennesker Homo Cosmicus. Hvis det lyder som science fiction, så er det fordi fantasifulde forfattere allerede i hele århundreder har fabuleret over disse muligheder.

Hvad er vi oppe imod?

Ophold i rummet er livsfarligt. Selv hvis rumfartøjet ikke springer læk, selv hvis solen undlader at udsende dræbende strålingsdoser, og selv hvis der ikke indtræffer tekniske uheld undervejs, så skal vi have løst en række fysiologiske og psykologiske problemer. Mere end 685 personer har været i rummet, og nogle i op til et års tid, så der er indsamlet store datamængder om problemer med balance, blod-

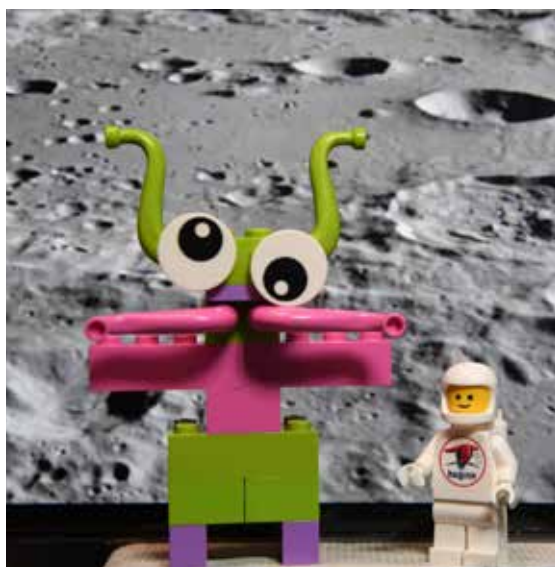
kredsløb, muskelstyrke og knogleskørhed, når man kommer tilbage til Jorden.

De fleste af disse problemer løser sig efter nogen tid, men der er også tegn på varige skader, som for eksempel permanente synsforstyrrelser. Og det lover ikke godt for rejser til Mars og retur, som nemt kan vare omkring 3 år i vægtløshed.

Hård fitnessstræning i 3-6 timer dagligt under opholdet i rummet kan begrænse problemerne forårsaget af manglen på konstant påvirkning fra Jordens tyngdekraft.

Når vi så kommer frem

Efter den lange rejse til Mars i vægtløs tilstand lander man så til en tyngdekraft som er 38 % af, hvad den er på Jorden. Det gælder om at være i toptræning - og forberedt på overraskelser! Delvis tyngdekraft er nemlig en helt ny situation, som man ikke kan træne på forhånd. Ved landing på Mars og Månen aner vi ikke, hvordan kroppen vil reagere - og der er langt hjem. Langtidsophold på en månebase vil kunne give nogle antydninger af mulige problemer ved den længere marsrejse, men der vil være uforudseelige risikomomenter i overgangen fra Månens lave tyngdekraft til den dobbelt så kraftige på Mars.



LEGO-astronaut og alien. Foto: ESA/Andreas Mogensen

Livet i en dåse

Selv hvis vores menneskelige fysik kan klare den mindskede tyngdekraft, er fast ophold på Månen eller Mars bestemt ikke problemfri. Det er ikke lige til at sove for åbne vinduer nogen af stederne. Før en romantisk tur i jordskinnet skal man have rumdragt på, og vænne sig til dragtens anderledes lufttryk i hele eller halve timer før og efter spadsereturen. Rumbasen vil være lufttæt og med et kontrolleret klima, hvor man hele tiden skal være forberedt på lækager (meteorfald, materialetræthed), på svigt i renselanlægget, eller virusangreb fra ventilations-systemet (tænk: legionærsyge). Pladsen vil, i hvert fald i starten, være meget begrænset, så man lever klos op ad sine kolleger/kammerater/ægtefæller/irriterende naboer, uden mulighed for at komme væk. På en rumbase må der nødvendigvis være en streng overvågning, så man altid kan se, hvor alle befinder sig, og hvad de foretager sig. Det kræver en robust psykologi, og nok også et effektivt efterretningsvæsen og politi. Drømmer man om friheden i rummet væk fra jordens mylder, er det nok ikke lige et job i rumrejsebranchen, man skal søge.

Læn Dem ikke ud

Hvad så med at blive i rummet? Så kan man i det mindste slippe for de mange trælse timer dagligt i fitnesstræningsmaskinerne. Så bliver knoglerne svækkede, og det bliver andre muskler, som bliver holdt i træning, men måske giver det jobmuligheder ombord for mennesker med forskellige fysiske handicap. Ben vil for eksempel stort set være i vejen,

når man skal manøvrere sig rundt i vægtløs tilstand, og faktisk har ESA nu udpeget en enkelt astronaut-kandidat med et handicap - en engelsk læge med et kunstigt ben - for at kunne forske i mulighederne. Måske bliver der oprettet hjertehoteller i rummet, eller pladser for personer med knogleskørhed, hvor vægtløsheden kan forlænge levetiden, men hvor man så aldrig kan vende tilbage.

På længere sigt kan man forestille sig store rumkolonier, hvor der skabes kunstig tyngdekraft ved at lade en del af konstruktionen rotere. Det kendes allerede fra science-fictionfilm. I praksis vil en hurtig rotation dog give en meget stor belastning på konstruktionen, så en afprøvning i stor stil ligger mange år ude i fremtiden. Visionære (eller drømmere) har allerede tænkt langt i den retning. For eksempel handlede L5-projektet fra 1970'erne om rumkolonier med titusinder af beboere i verdener i samme afstand som Månen. Formålet kunne være supplerende af jordens ressourcer ved at have minedrift i indfangede asteroider, energiproduktion, eller håndtering af farlige processer væk fra jordens befolkning.

Er det umagen værd?

Der kan argumenteres for at sprede menneskeheden ud til flere bosteder, så en enkelt pandemi eller større katastrofe ikke kan udrydde os alle sammen på én gang. Om det så er grund nok til at ofre enorme ressourcer på at opbygge kolonier i rummet eller på planeter og måner, vil man først vide, når det er gået galt!

Andre grunde til at kolonisere rummet kunne være rumturisme eller indhøstning af sjældne materialer, for eksempel Helium-3, som vil være velegnet til energiproduktion i fusionsreaktorer.

Tilbage er så det gode gamle argument: Vi skal derud, fordi menneskeheden er skabt til at udforske sine omgivelser og stille sin nysgerrighed. Rumforskning skubber grænserne for vores viden og for teknologi. Det gør militære aktiviteter ganske vist også, men vi er nogen, der véd, hvad vi ville vælge, hvis vi kunne.

Ole J. Knudsen

BA i fysik og astronomi,
Kommunikationsmedarbejder
ved Stellar Astrophysics Centre
SAC på Aarhus Universitet.
Tidl. Planetarieleder
på Steno Museet



Af: Astrid Lind Bouquin & Luca Tomesani

RUMSKROT OG HVORDAN MAN FJERNER DET

Det er svært at forestille sig en moderne verden uden telefonsignal, globalt internet og GNSS navigering. Satellitter er blevet en integreret del af vores liv. Rumskrot er dog et voksende problem, som kan have alvorlige konsekvenser for rummets fremtidige tilgængelighed. Med over 128 millioner genstande, der i alt vejer 8800 ton, er kollisioner uundgåelige. Densiteten af rumskrot er især kritisk i lave kredsløb, hvor det truer aktive satellitter såsom Den Internationale Rumstation (ISS), Hubble Space-teleskopet, internetkonstellations-satellitter og klimamonitoreringssatellitter.



Fotografi af den ramte robotarm på Den Internationale Rumstation taget af den danske astronaut Andreas Mogensen.

Rumskrot

Hvor stammer rumskrot fra?

Begrebet rumskrot betegner både de naturligt forekommende objekter såsom meteoritter, og menneskeskabte objekter. Især den øgede mængde af sidstnævnte har medført en stigende bekymring om, hvorvidt vi kan fortsætte rumfart på samme måde fremover. Det meste rumskrot stammer fra "døde" satellitter og raketdele, som er endt i kredsløb, hvor de forbliver længe efter endt mission. Med den stigende rate af opsendelser ser vi ligeledes en stigning i den samlede masse af rumskrot. Kollisioner er den primære årsag til, at der er så mange objekter, da to objekter hurtigt kan blive til tusinder, hvis de rammer hinanden. Dette sås i 2009, da Iridium-33 og Kosmos2251 kolliderede og producerede mere end 2300 sporbare stykker rumskrot. Risikoen for en kollision er proportional med mængden af objekter i anden, hvilket vil sige at en fordobling af mængden af objekter vil øge risikoen for kollision med faktor 4. Altså, hver gang der er en kollision, vil der være endnu større sandsynlighed for, at det sker igen. Rumskrot kan deles op i forskellige størrelses-kategorier efter deres overfladeareal; småt (<1 cm), mellemstort (1 cm til 10 cm) og stort (>10 cm). Kollisioner mellem to store objekter er specielt bekymrende, da de genererer enorme mængder rumskrot. De mange mindre stykker, der bliver dannet i processen, kan derefter forårsage yderligere kollisioner, hvilket medfører en hurtig eksponentiel stigning i populationen. Denne ukontrollerede proces er kendt som Kessler Syndromet.

Fremtidig udvikling

Objekter i kredsløb oplever et naturligt henfald. Når kredsløbshøjden kommer under 500 km, vil partikeldensiteten i Jordens atmosfære være høj nok til at have en signifikant effekt på objektet. Luftmodstanden forårsager, at højden falder hurtigere, og

objektet begynder at brænde op. I en kredsløbshøjde under 600 km vil objekter uden altituede kontrol svinde op i løbet af få år. For objekter længere ude, tager det naturlige henfald meget længere tid. Ved 800 km, vil processen tage århundreder, og for højder over 1000 km, skal man vente i årtusinder.

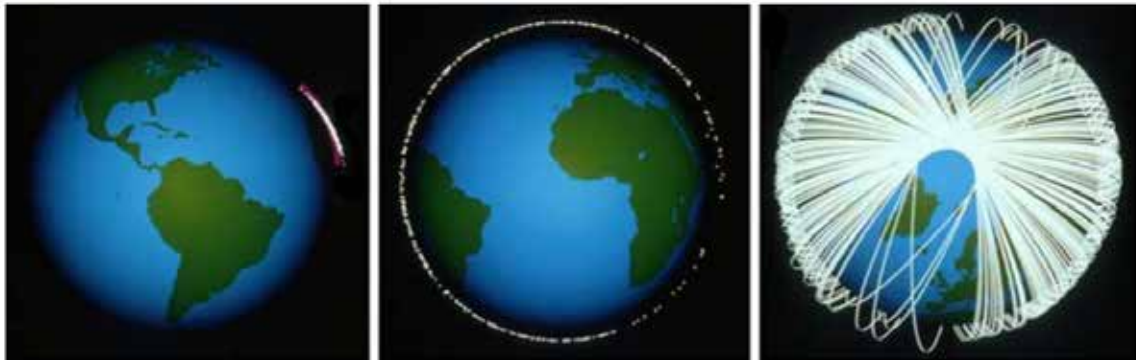
På grund af Kessler Syndromet genererer lave kredsløb ved 900 til 1000 km og 1500 km rumskrot så hurtigt, at den naturlige henfaldsrate ikke kan udligne det. Disse kredsløb er nået en kritisk densitet, hvilket vil sige at mængden af rumskrot vil vokse, selv hvis vi stopper med at sende objekter op. Det vil blive ved, indtil der er så mange stykker, at det vil være umuligt at have satellitter i de områder. Man vil skulle vente mange generationer, før stykkerne er blevet små nok til ikke at ødelægge satellitter.

Håndtering af rumskrotproblemet

Der er mange teknikker, der reducerer risikoen for produktion af mere rumskrot gennem kollisioner. Stort rumskrot kan spores, og deres kurs beregnes. Ser man, at det vil komme tæt på en satellit, kan man udføre en undvigelsesmanøvre for at undgå sammenstød. Undvigelsesmanøvrer er dog ikke en garanti for, at man undgår sammenstød - især ikke med rumskrot, der er for småt til at spores - så det er vigtigt at tage andre forbehold. Mange satellitter er udstyret med beskyttende lag, der på samme måde som en skudsikker vest kan modstå nogle af de stød, der kommer fra små stykker.

En anden måde at undgå sammenstød på, er ved at sørge for, at satellitten bevæger sig ud af sin bane, når den ikke skal bruges længere. Så er den nemlig ikke i vejen for andre satellitter. 25-års-reglen er

Simulation af en kollision i et lavt kredsløb, der viser hvordan rumskrot bliver dannet og spredt ud i forskellige kredsløb. Venstre: direkte efter kollisionen. Midten: et par timer efter. Højre: 3 år senere. Billedet er fra www.esa.int.



med til at sørge for, at industrien tænker bæredygtige løsninger ind i afskaffelsen af satellitterne, når de ikke skal bruges længere, da den pålægger et ansvar for, at man fjerner sin satellit fra kredsløb senest 25 år efter endt funktion. I lave kredsløb sænker man kredsløbshøjden, så satellitten kan brænde op i atmosfæren. For satellitter, der ligger meget længere ude, kan man overveje at sende den endnu længere ud i et opbevaringskredsløb, der ikke indeholder funktionelle satellitter. Hvis sammenstød sker her, kommer det ikke til at have en stor betydning. Man kan dog ikke altid regne med, at satellitten vil være i stand til at udføre en kredsløbsændring i slutningen af missionen. Det ses for eksempel, hvis nogle af satellittens tekniske systemer er ophørte før forventet. I så fald bliver satellitten endnu et objekt, der skal undgås.

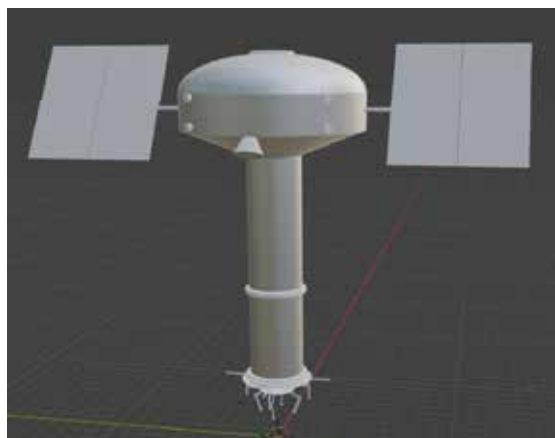
Eksemplerne ovenfor reducerer dannelsesraten af rumskrot, men som tidligere diskuteret, så er der allerede områder med kritisk densitet, hvor mængden af stykker fortsat vil stige grundet Kessler Syndromet. Den eneste måde at standse Kessler Syndromet, er at indfange noget af rumskrottet, da det vil sænke risikoen for kollisioner.

Indfangning af rumskrot

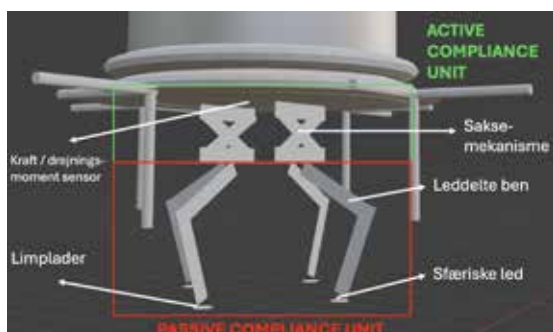
Rumskrot varierer i form, materiale og størrelse. Der er derfor mange forskellige indsamlingsmetoder, og den optimale tilgang vil variere afhængigt af rumskrottets konfiguration. Man skal også tage højde for den måde rumskrottet bevæger sig på. Ud over at bevæge sig rundt i et kredsløb med en hastighed på omkring 7 km/s, er det ofte i fladspin, hvilket kun gør processen mere kompliceret. I dette afsnit beskrives nogle af de mest lovende teknikker. Vi vil desuden introducere en metode, som vi selv har været med til at udvikle gennem et kursus på DTU.

Harpun-mekanismen

Harpunmekanismen har til formål at trænge ind i rumskrottets ydre lag og forankre sig. Afgørende for denne metode er at forstå rumskrottets sammensætning for at sikre en god forbindelse. Det er dog ikke altid muligt at vide på forhånd. Selv om det er en udfordring at få kontrol over og transportere rumskrottet, er harpunen en attraktiv løsning, da den er kompatibel med forskelligformet rumskrot og fungerer over store afstande. På trods af, at der dannes små fragmenter ved gennemtrængning, tyder tests på, at disse fragmenter forbliver i rumskrottet. Metoden har altså kun en lille sandsynlighed for at danne nyt rumskrot.



En model af satellitten, vi har været med til at design gennem et kursus på DTU.



En model af indfangningssystemet, vi har været med til at udarbejde gennem et kursus på DTU.

Robotarm

Robotarme tilbyder en anden tilgang til indfangning af rumskrot, men den kræver korte afstande og en stabil forbindelse mellem rumskrottet og indfangningssatellitten. At etablere en direkte forbindelse er en kompleks opgave, og det stiller store krav til den relative bevægelse mellem satellit og rumskrot. Hvis der er en relativ bevægelse mellem de to før sammenkobling, kan det resultere i fatale konsekvenser for satellitten. Selvom teknologien har haft succes i missioner med samarbejdsvilligt rumskrot, er formen på rumskrot ofte for kompliceret og uden et stabilt kontaktpunkt, hvilket umuliggør sammenkoblingen. Man risikerer desuden at brække små dele af rumskrottet.

Øget luftmodstand

Ved at ændre arealet af et stykke rumskrot, ved for eksempel at fastsætte en skærm, kan man øge

luftmodstanden. Dette vil have en drastisk effekt på den naturlige henfaldstid. En fordel ved denne metode er, at satellitten ikke behøver at komme tæt på rumskrottet. Denne metode kan desuden benyttes på mange forskellige typer af rumskrot med forskellige former og størrelser. Desværre kan man ikke garantere at alt rumskrot brænder op i atmosfæren lige så hurtigt som forventet. Specielt ikke, hvis det består af modstandsdygtige materialer som titanium. Desuden kan denne metode kun anvendes på rumskrot i lave kredsløb, hvor luftdensiteten er højest.

Vores design

I løbet af et kursus på DTU, har vi bidraget til et design af en satellit, der har til formål at indfange store stykker rumskrot ved at etablere en direkte forbindelse. Satellitten består af to sektioner: Den øverste er stationær og ansvarlig for kommunikation med en jordstation og andre satellitter. Den er udstyret med kameraer og sensorer, der detekterer rumskrot i bevægelse og bruges til at bestemme månvøren, der skal til for at bringe satellitten i position, så den er klar til at indfange rumskrottet.

I den nederste sektion sidder selve indfangningssystemet, som består af fire leddelte ben med limplader på enderne. Limpladerne muliggør en sammenkobling uden behov for gribepunkter. Systemet roteres op til at nå samme rotationshastighed som rumskrottet. Ved kun at rotere den nederste del af satellitten undgår man kommunikations- og kontrolproblemer, som ville opstå, hvis hele satellitten skulle roteres. Når bevægelsen mellem indfangningssystemet og rumskrottet er synkroniseret, er det sikkert at etablere kontakt. Indfangningssystemet er forbundet til resten af satellitten via en saksemekanisme, som styres meget præcist og benyttes til at bringe limpladerne hen på rumskrottets overflade uden at forstyrre fladspin. Efter at bremse rotationen langsomt i en periode, kan man rykke rumskrottet ned, hvor luftmodstanden er højere, eller et sted hen, hvor det ikke længere vil være i vejen for satellitter.

En nødvendig opgave

Det er en kompleks opgave at fjerne rumskrot, men hvis man fortsat vil have adgang til mange kredsløb omkring Jorden, bliver det nødvendigt. En effektiv løsning er stadig under udvikling, og i mellemtiden må man gøre hvad man kan for at mindske problemet. Bæredygtighed skal spille en større rolle i rumindustrien, så rummet er tilgængeligt for fremtidige generationer.

Kilder:

- Iberdrola. Space debris: Is it time to start taking care of the cosmos? 2021. URL: <https://www.iberdrola.com/sustainability/space-debris> (besøgt 4/8/2024).
- Andreas Mogensen. Posts. 12/15/2023. eprint: X. URL: https://x.com/Astro_Andreas/status/1735705011877707801
- ESA. About space debris. URL: https://www.esa.int/Space_Safety/Space_Debris/About_space_debris (besøgt 4/8/2024).
- Brian Weeden. 2009 Iridium-Cosmos Collision Fact Sheet (2010). URL: https://swfound.org/media/6575/swf_iridium_cosmos_collision_fact_sheet_updated_2012.pdf.
- Thomas Schildknecht. "Optical surveys for space debris". I: The Astronomy and Astrophysics Review 14.1 (2007), pp. 41–111.
- Camilla Colombo et al. "E.CUBE MISSION: THE ENVIRONMENTAL CUBE-SAT". I: 8th European Conference on Space Debris, Volume 8.1 (Maj 2021).
- National Research Council. 1995. "Orbital Debris: A Technical Assessment". Washington, DC: The National Academies Press. doi: 10.17226/4765
- J.-C. Liou and N. L. Johnson. "Risks in Space from Orbiting Debris". I: Science 311.5759 (2006), pp. 340–341. doi: 10.1126/science.1121337
- Aerospace Corporation. Space debris 101: The Aerospace Corporation. URL: <https://aerospace.org/article/space-debris-101> (besøgt 4/8/2024).
- Jason L. Forshaw et al. "RemoveDEBRIS: An in-orbit active debris removal demonstration mission". I: Acta Astronautica, Volume 127, p. 448–463. Oktober 2016. doi: 10.1016/j.actaastro.2016.06.018
- J. Reed, J. Busquets, og C. White. "Grapppling system for capturing heavy space debris". 2nd European Workshop on Active Debris Removal, Paris, Frankrig (juni 2012).
- Minghe Shan, Jian Guo, og Eberhard Gill. "Review and comparison of active space debris capturing and removal methods". I: Progress in Aerospace Sciences 80 (2016), pp. 18–32. doi: 10.1016/j.paerosci.2015.11.001

Astrid Lind Bouquin

Kandidatstuderende på DTU,
Geofysik og Rumteknologi



Luca Tomesani

Kandidatstuderende på DTU,
Geofysik og Rumteknologi



Af: LUMEX (Lunar Mining and Extraction)

KAN LØSNINGEN PÅ KLIMAKRISEN LIGGE PÅ MÅNEN?

Minedrift på Månen til udvindingen af Helium-3



I modsætning til Jorden bliver Månen dagligt bombarderet med radioaktiv stråling fra solen, som gør at Månens overflade er fyldt med store mængder af isotopen Helium-3. Denne isotop kan bære vejen for en ren og effektiv form for energi i et fusionskraftværk da den ikke ville producere farlige affaldsprodukter.

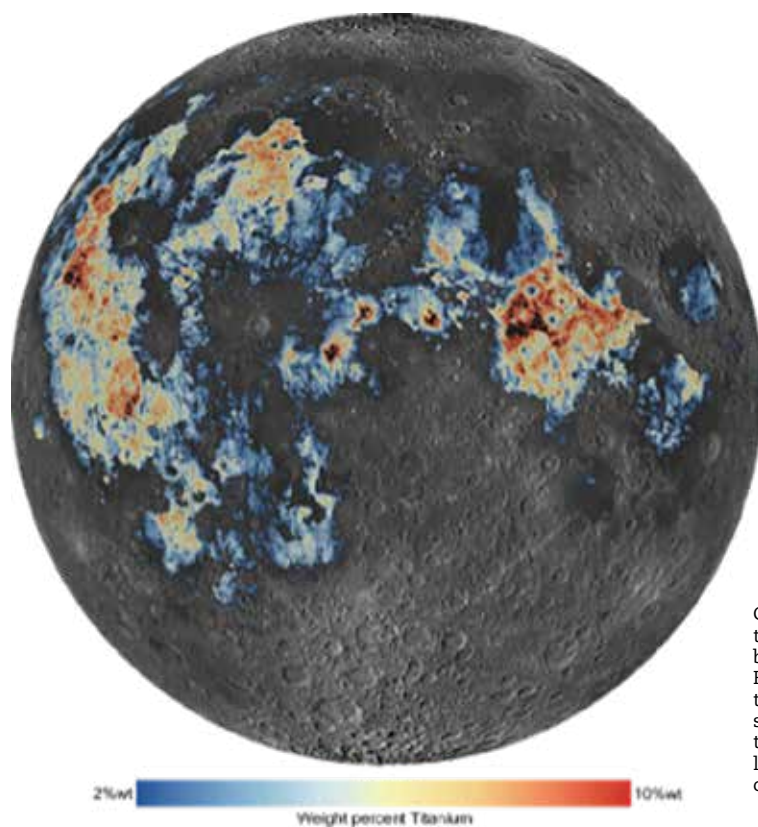
Behovet for energi

Energi er noget, mennesker bruger mere og mere af. Om det er energi til at varme vandet i vores bruser, til transport fra og til arbejdet eller til at tænde computeren og læse denne artikel. Ja, energi bliver brugt overalt. Det er derfor vi hele tiden leder efter nye og innovative måder at generere energi på. Nuværende metoder til at generere energi på er tit associeret med at afbrænde materialer med høj energitæthed, som kul og olie, til at varme vand op til gasform. Dette er den helt konventionelle måde at generere energi på og går tilbage til starten af industrialise-

ringen. Nyere og grønnere metoder er senere blevet opfundet og anvendt i stor skala, som vindmøller og solceller.

Mennesket udvinder de nødvendige ressourcer for at generere energi på de konventionelle måder hurtigere og hurtigere, og disse ressourcer bliver derfor mere knappe. Dette betyder, at vi bliver nødt til at anvende andre metoder til at generere energi på i fremtiden.

Fusionsenergi er den mest grønne og rene måde at generere energi på, hvilket er lige præcis den måde, vores sol bruger til at holde Jorden varm



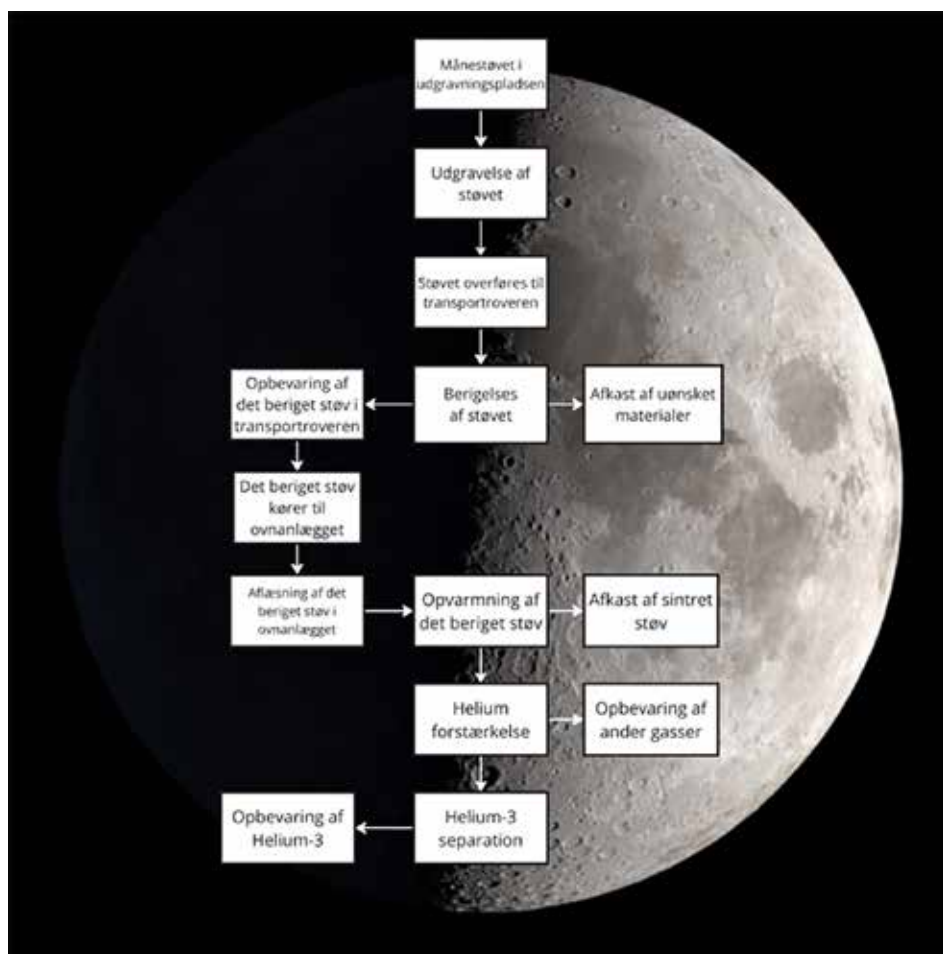
Global fordeling af Titanium overlagt på et billede af Månen. Da Helium-3 kan findes i titanholdige mineraler såsom ilmenit. Data sættet kommer fra lunar reconnaissance orbiter[1].

og lys. Der er dog et enkelt problem ved denne energiform: den kræver typisk deuterium, tritium eller Helium-3. Deuterium og tritium, som er isotoper af hydrogen, findes overalt og er derfor ikke problematiske at få fat i. Men ved brug af deuterium og tritium – en såkaldt D-T fusionsreaktion – er produkterne Helium-4 og en neutron. Neutronen er en neutral partikel med høj energi, hvilket får den til at suse direkte ind i kammerets væg på en fusionsreaktor. Dette får reaktoren til hurtigt at degradere og gå i stykker. Derimod, hvis man bruger en deuterium – Helium-3-reaktion, er produkterne Helium-4 og en proton. Protonen har en ladning og bliver i reaktionskammeret uden at forårsage skade, fordi den er fanget af magnetfeltet. Nu kommer det næste problem dog: Helium-3 er ikke et naturligt forekommende element i store mængder på Jorden, og vi bliver derfor nødt til at kigge efter det andre steder. Månen bliver dagligt bombarderet med stråling fra solen, på grund af Månens manglende atmosfære og magnetfelt til at beskytte den. Det vil sige at mineraler som titanium-jernoxid, der findes

overalt på Månens overflade, vil over flere milliarder år have fået implanteret Helium-3 i deres metalgitter. Derfor, for at finde Helium-3 på Månen, skal dette mineral findes. Fra fjernmåling af Månen kunne koncentrationen af Titanium visualiseres, som vist på den første figur. Som det kan ses på figuren, findes der “hotspots”, som er områderne med den højeste koncentration. Det skaber oplagte områder for, hvor man kan lande og begynde aktiv minedrift til udvindelse af Helium-3. Men hvordan udvinder man så Helium-3 på Månen?

Rejsen tilbage til Månen

Månen er som udgangspunkt meget rig af forskellige metaller og lignende. Det ses derfor allerede, at der er et nyt “rumkapløb” i gang med at komme tilbage dertil. Flere forskellige rumagenturer er nu i gang med at returnere til Månen for at udvinde blandt andet Helium-3. Dog er det ikke kun Helium-3, som man tager tilbage til Månen for. Planer om at bringe mennesket tilbage til Månen og bygge forskellige månebaser er også kommet på tavlen. Månen er



Flowchart over hvordan månestøvet kan udvindes til Helium-3.

nemlig brugbar til mange forskellige forskningsmuligheder, samt et mellemstadium i videre forskning og opdagelse af rummet.

I kursusregi ved DTU, har vi designet vores forslag til en månemission. Vores planer/ideer om at vende tilbage ligger i at udvinde Helium-3 og andre metaller. Da processen i at udvinde He-3 også udvinder andre brugbare grundstoffer, kan disse bevares og bruges på Månen direkte som byggeklodser. Sågar bliver der udvundet både oxygen og hydrogen, hvilket derfor kan bruges til vandforsyninger.

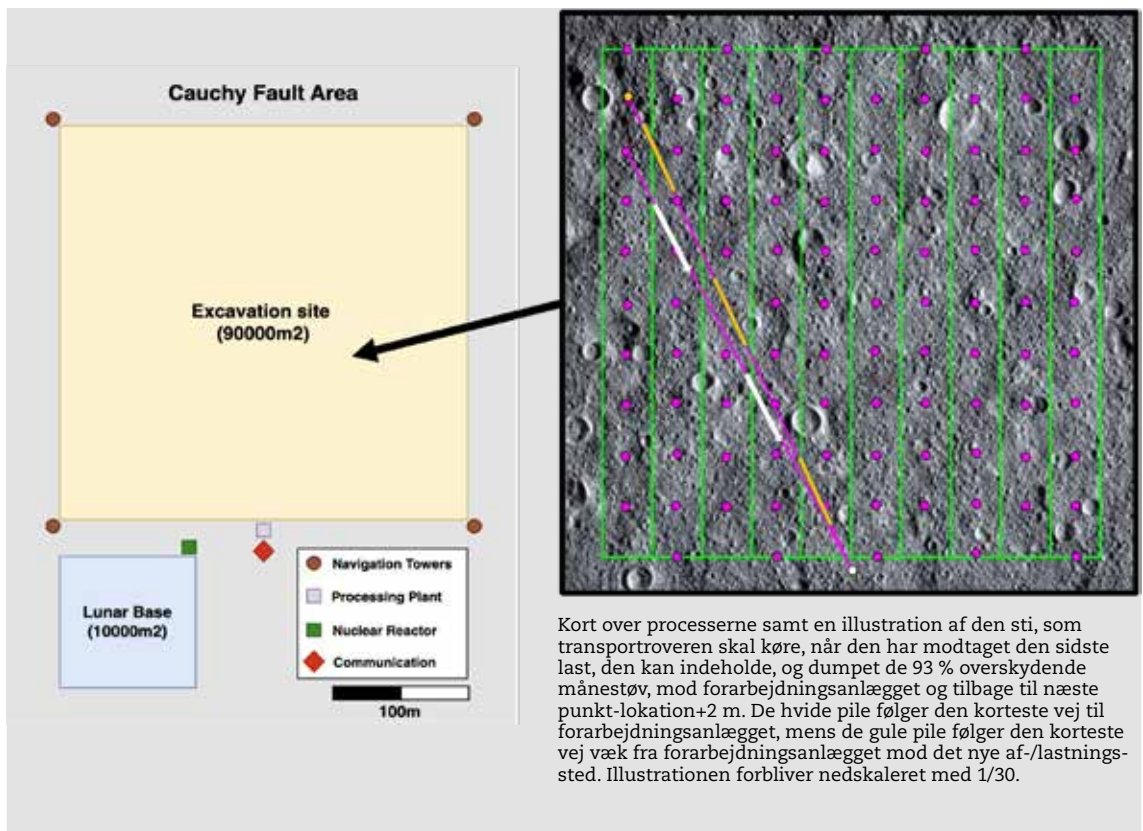
Som det vises på den anden figur så er vores mission delt op i 3 hovedprocesser. De tre forskellige hovedprocesser er bygget ind i to rovers og et opvarmningsanlæg. Den første rover er ansvarlig for at grave 50 cm ned i månestøvet, og derefter aflaste det til rover nummer to. Rover to beriger derefter månestøvet ved at efterlade unødvendige mineraler, og transporterer det resterende til det stationære anlæg, som så vil udvinde Helium-3 fra månestøvet.

Det stationære værk varmer månestøvet op til

ca. 900 grader Celsius, i nogle specielle ovne. Ved denne temperatur vil Helium-3 blive separeret fra månestøvet, hvormed Helium-3 kan blive isoleret fra andre gasser og derfra blive lagret.

Et uforsonligt miljø

Dog er der mange udfordringer tilknyttet ved at udvinde ressourcer på Månen. Månens miljø har temperatursvingninger mellem 130°C til -250°C afhængigt af, hvor på Månen man er, og om det er dag eller nat. Dette giver mange udfordringer, når man skal bygge strukturer og køretøjer, der skal bruges til at udvinde ressourcer fra månestøvet. Typiske brændselsceller, som bruges til at give strøm til sådanne køretøjer, har en typisk driftstemperatur mellem -20°C og 60°C, hvilket kan skabe problemer, både om dagen og natten. Månestøvet i sig selv er meget skarpt og ru, hvilket tidligere har givet problemer for Apollo-missionerne. Her sås det, at månestøv kom igennem astronauternes dragter, fordi det er så fint og skarpt. Derudover kommer problemet



med at have alting lufttæt under disse forhold, så de værdifulde gasser, man udvinder, ikke går tabt ud i rummet. Dette er nok det sværeste ved hele processen, hvis man altså vælger at udvinde gasserne på Månen. Hvis man vælger at sende månestøvet tilbage til Jorden, skaber dette andre problemer, da det kun er få procent af månestøvet, der kan bruges til noget. Hermed tager man en masse ekstra vægt med retur til Jorden, som er værdiløs og koster mange penge.

Fremtiden

Overordnet set tilbyder Månen en masse værdifulde ressourcer, som menneskeheden har brug for i fremtiden. Det bliver en svær mission at få opsat en pålidelig og effektiv operation, som kan udvinde og udnytte disse ressourcer, grundet at Månens miljø er så anderledes fra Jordens. Det vil kræve mange år at opbygge den nødvendige viden om at gøre dette på en effektiv måde, men det bliver en nødvendighed i fremtiden.

Kilder:

- [1] NASA, Arizona State University, and Applied Coherent Technology Corp. Lunar QuickMap: A collaboration between NASA, Arizona State University and Applied Coherent Technology Corp.
- Etherington, D. (2024, February 7). Ex-Blue Origin leader's secretive lunar startup Interlune has moonshot mining plans. TechCrunch
- China mining: Strickland, A. (2022, September 13). China plans three moon mining missions. Popular Mechanics.

Denne artikel bygger på et projekt udarbejdet af følgende studerende på DTU:

Carl Johan la Cour Holm,
Gustav Nørbjerg,
Hasse Bülow Pedersen,
Iara Coutinho Gonçalves,
Kallinoi Koutrouli,
Philip Landschultz Klok,
Sara Strand og
Ryan Vossoughi

Af: Joachim Harding & Rasmus Levinsky Thorsboe

GEOGRAFIEN PÅ VENUS

Venus er den tætteste planet på Jorden, men er alligevel omgivet af mystik. Selvom man tidligere har besøgt planeten med sonder og satellitter, har menneskeheds primære fokus været på Mars. Denne artikel giver et overblik over geografin på Jordens tætteste nabo og menneskets udforskning af planeten.

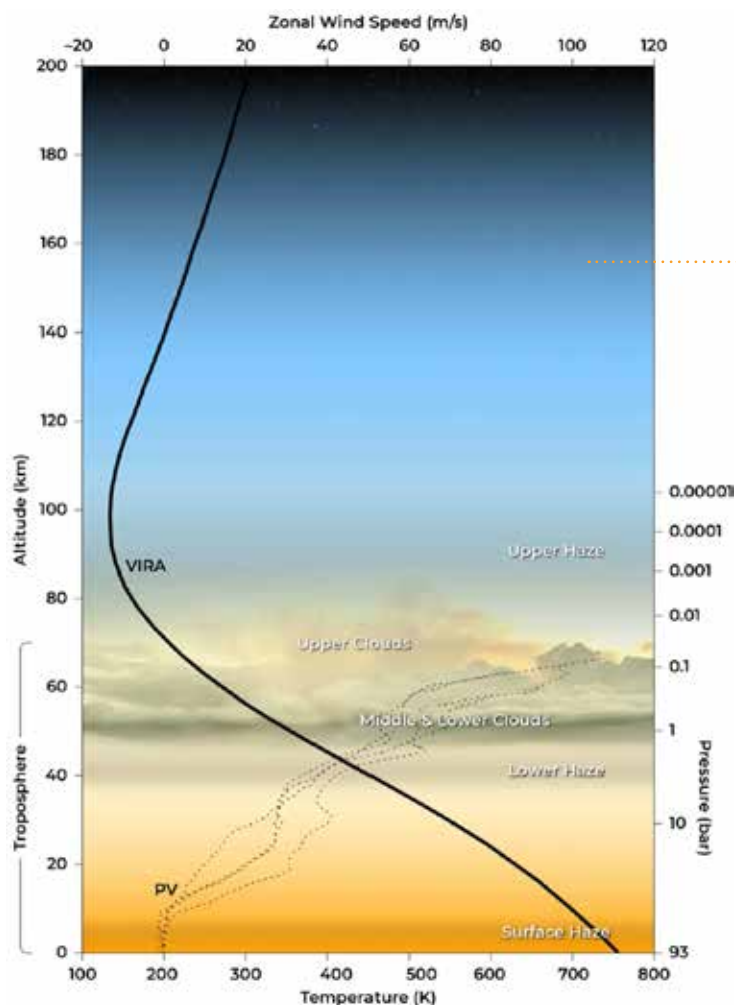
Jordens søsterplanet

Venus er den anden planet i vores solsystem, omtrent 108 millioner km fra Solen, og er, ligesom Jorden, en af de fire terrestriske planeter (Merkur, Venus, Jorden og Mars). Venus refereres ofte til som Jordens søsterplanet på baggrund af flere fællestræk i deres orbitale samt fysiske karakteristika. Eksempelvis har Venus en radius på 6052 km sammenlignet med Jordens radius på 6371 km. Derudover menes det også, at Venus' interne struktur minder meget om Jordens - altså en kerne af jern samt en kappe bestående af forskellige klippearter. Af denne grund er værdierne for Venus' og Jordens masse og tyngdeacceleration også tæt på hinanden. Disse ligheder medførte, at man i starten af det tyvende århundrede spekulerede om muligheden for, at Venus kunne være beboelig. Disse teorier og spekulationer blev dog afkræftet af de første missioner til Venus i 1960'erne.

En atmosfære fra helvede

De første missioner viste, at omgivelserne er så ekstreme, at de nærmere kan beskrives som et helvede. Ved overfladen er trykket omkring 90 gange højere end på Jorden og temperaturen nærmer sig 470 °C. Atmosfæren består hovedsageligt af kuldioxid og kvælstof (96.5 % CO₂ og 3.5 % N₂) med enkelte mindre bestanddele som svovldioxid, argon og vanddamp (mindre end 0.025 % tilsammen). Derudover er planeten dækket af et globalt skylag bestående af svovlsyre, som strækker sig fra 47,5 km til omkring 70 km højde. I det øverste skylag findes et af de store mysterier på Venus, hvor ukendte partikler absorberer UV- og blå lys fra solen. Dette har gjort det muligt at studere skyformationer og atmosfærens dynamik.

Vindene i atmosfæren bevæger sig parallelt med ækvator i en vestlig retning, hvor de kan opnå en hastighed på 100 m/s. Grundet Venus' langsomme



Oversigt over den atmosfæriske profil med temperaturer (sort linje), tryk og vindhastighed (stiplede linjer) med højde). Kilde: Joseph G. O'Rourke et al. "Venus, the Planet: Introduction to the Evolution of Earth's Sister Planet". In: Space Science Reviews (2023).

retrograde rotation (omkring 117 dage for en enkelt rotation) betyder det, at atmosfæren bevæger sig op til 60 gange hurtigere end planeten selv. Dette fænomen kaldes superrotation. På trods af den dominerende vestlige superrotation findes der også små vertikale og meridionale bevægelser i atmosfæren. Det anslås, at disse bevægelser kan stamme fra Hadley cirkulationer, luftbølger og/eller konvektion i atmosfæren.

Venus' gølge overflade

Under det tykke skydække findes en overflade med store kløfter, bjerge, kratere, vulkaner samt store sletter. Mindre overfladeformationer som højderygge og depressioner findes også. Der er dog ingen beviser for aktiv pladetektonik på Venus.

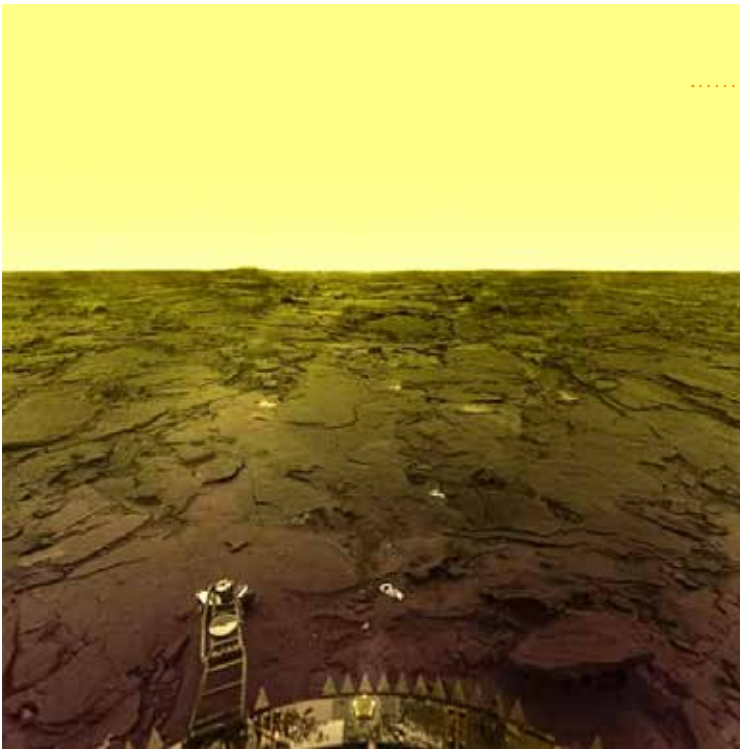
Overfladen er generelt relativt ung og har ikke mange nedslagskratere. Den tykke atmosfære spiller naturligvis en stor rolle, da mange mindre meteori-

der brænder op, inden de når overfladen. Eftersom planetens indre er meget varm og ikke kan skille sig af med energien, menes det også, at øget vulkanisme kan have 'omsmeltet' overfladen for omkring 500 millioner år siden.

Missioner til Venus

Gennem tiden har der været adskillige missioner til Venus. Under rumkapløbet var det primært de russiske Venera-sonder, der undersøgte planeten. Disse missioner er kilden til meget af den viden, vi i dag har om Venus. Et af de mest kendte fotos vi har fra andre planeter, kommer fra en af disse sonder og viser tydeligt, hvor gold og livløs overfladen af Venus er. Den sidste større mission til Venus var NASAs Magellan-sonde tilbage i 1994, som var i kredsløb omkring planeten og brugte radartechnologi for at finde ud af, hvad Venus gemte på under skyerne. Siden da har antallet af missioner til Venus været

Billedet af Venus overflade fra den russiske Venera-13 sonde, der undersøgte planeten i 1982. Kilde: Roscosmos.



meget få, da fokusset hovedsageligt har været rettet mod Mars. De seneste år har der været fornyet interesse i at sende missioner til Venus. Både for at lære mere om planeters generelle evolution (heriblandt Jordens), men også for at undersøge muligheden for at finde liv på andre planeter. Blandt andet har Rusland og ESA (Det Europæiske Rumagentur) foreslået missioner både til overfladen og i kredsløb om planeten.

Udfordringer ved udforskning af Venus

Grundet Venus' meget tætte atmosfære og ekstremt høje temperaturer har planeten været ekstremt besværlig at udforske. Selvom eksempelvis Mars har sine egne udfordringer, så har Venus vist sig at være en hård nød at knække. Dette er bedst eksemplificeret ved Venera-missionerne (1961- 1983). Da teleskoper ikke har kunnet penetrere det tykke skylag, har man udforsket overfladen og den nedre atmosfære med landingsfartøjer. En finurlighed, som understreger, hvor lidt vi vidste om Venus på daværende tidspunkt, var, at flere af missionerne var udstyret, så de kunne flyde, hvis de skulle lande i vand. De første af disse landingsfartøjer overlevede kun ganske kort tid, men de blev undervejs mere og mere resistente.

Et af de helt store spørgsmål, som vi mennesker længe har søgt svar efter, er, om der findes liv på andre planeter. Inden vi kunne understrege, at planeten ikke var beboelig, havde vi en forventning om, at det kunne myldre med liv. Selvom det ikke var tilfældet, så er det ikke udelukket, at der kan findes mikroskopisk liv i den øvre del af atmosfæren. Rumfartsinstrumentering har udviklet sig gevaldigt siden de sidste store missioner til Venus, så vi i dag har en markant bedre chance for at finde liv eller tegn på liv på andre planeter.

Det videnskabelige luftskib

HAVOC (High Altitude Venus Operational Concept) er et missionskoncept fra NASA, som foreslår, at man sender et luftskib til Venus, som skal lave videnskabelige eksperimenter og observationer fra Venus' øvre atmosfære. Ideen er, ligesom med vejrballoner, at kunne indsamle vejr-, atmosfære- og andet data fra Venus' atmosfære. Dette koncept vil have en længere levetid end et landingsfartøj, og være tættere på de fænomener, der skal observeres. I kurset 'Rumfartsinstrumentering' på DTU har vi lavet en lignende undersøgelse for at undersøge, hvordan fremtidens Venus-missioner kunne se ud. Vores koncept går ligeledes ud på at sende et luftskib ned



Illustration af HAVOC luftskibet. Kilde: Jones, Christopher & Bassett, Zachary & Clark, Jim & Hennig, Anthony & Arney, Dale. (2015). High Altitude Venus Operational Concept (HAVOC): Proofs of Concept.

i atmosfæren på Venus, for at kunne undersøge planeten i større detaljegråd. Det primære videnskabelige mål for missionen er at undersøge indikationer eller bekræftelse på mikrobielt liv i Venus' atmosfære. I ca. 60 km højde over Venus' overflade er der gode betingelser for at liv kunne opstå, da tryk samt temperaturer stemmer overens med overfladebetingelserne på Jorden. Dette skal opnås med moderne instrumenter, som kan måle små luftbårne partikler, som stammer fra biologiske processer. Missionen vil desuden medbringe instrumenter til at undersøge andre forhold på planeten, heriblandt geologien, atmosfærens dynamik samt overfladens karakteristika.

Vores søsterplanet gemmer stadig på mange hemmeligheder som videnskaben ønsker svar på. Fornyet interesse og nye missioner kan øge vores viden om Venus samt potentialet for mikrobielt liv.

Kilder:

- Joseph G. O'Rourke et al. "Venus, the Planet: Introduction to the Evolution of Earth's Sister Planet". In: Space Science Reviews (2023).
- Dmitrij V. Titov et al. "Clouds and Hazes of Venus". In: Space Science Reviews (2018).
- Agustín Sánchez-Lavega et al. "The Atmospheric Dynamics of Venus". In: Space Science Reviews (2017).
- Suzanne E. Smrekar and others. "Venus Interior Structure and Dynamics". In: Space Sci Rev (2018).
- Roscosmos Jones, Christopher & Bassett, Zachary & Clark, Jim & Hennig, Anthony & Arney, Dale. (2015). High Altitude Venus Operational Concept (HAVOC): Proofs of Concept. 10.2514/6.2015-4545.

Joachim Harding
Studerende på DTU



Rasmus Levinsky Thorsboe
Studerende på DTU







ESO's La Silla Observatory.
Kreditering:
ESO/José Francisco Salgado
(josefrancisco.org).



Rumteleskopet TESS (Transiting Exoplanet Survey Satellite) kort tid før opsendelsen i 2018. Credit: Orbital ATK.

På en skyfri aften, selv fra større byer, hvor mørket aldrig rigtigt sænker sig, kan man ofte få øje på flere af de andre planeter i vores solsystem. Både Merkur, Venus, Mars, Jupiter og Saturn kan nemlig ses med det blotte øje på nattehimlen, hvor de til forveksling ligner stjerner. Forskellen er, at de typisk fremstår klarere, og at de hver nat flytter sig en smule i forhold til resten af stjernehimlen.

I tusindvis af år har skiftende civilisationer omhyggeligt kortlagt planeterne vandring henover himlen. Uden egentlig at ane hvad man observerede, følte man sig ret sikker på, at der måtte være en forbindelse mellem planeterne på himlen og livet her på jorden. Først for cirka 500 år siden nåede man til den erkendelse, at vi selv bor på en planet, som sammen med resten af planeterne i vores solsystem kredser omkring solen. Cirka samtidigt opstod idéen om, at andre stjerner måske havde deres egne planetsystemer.

Selv med et forholdsvis lille teleskop kan man på en god nat se ringene omkring Saturn, Jupiters måner og – hvis man er heldig – iskapperne på Mars' poler. Retter man det samme teleskop mod en

stjerne, ser man kun en lille prik. Selv meter-store, professionelle teleskoper kan ikke hamle op med det faktum, at stjernerne er enormt langt væk. Kun i ganske få tilfælde er det lykkedes at tage direkte billeder af exoplaneter – typisk unge, glødende varme gasplaneter i stor afstand fra deres stjerne. Stort set alle de exoplaneter, man i dag kender til, observeres derfor med indirekte metoder, ved at lede efter bittesmå variationer i lyset fra stjernerne.

Skyggeteater og parpiruetter

Den måske mest oplagte metode er at lede efter gentagne små dyk i stjerners lysstyrke, svarende til en planet, som bevæger sig ind foran stjernen og kortvarigt skygger for en lille del af lyset. Man siger, at planeten er i transit. Det er i virkeligheden enormt usandsynligt, at et planetsystem mange lysår væk skulle vende på en måde, hvor det lige netop passer med, at vi kan se planeterne passere ind foran stjernen. Men ved at observere tusindvis af stjerner samtidigt, kan man fange de få tilfælde hvor geometrien passer. Mere end 4.300 exoplaneter, og dermed flertallet af de planeter, vi kender i dag,



ESO's 3.6m teleskop troner over La Silla-observatoriet i Chile. Teleskopet er koblet til spektrografen HARPS, som siden 2003 har ledt efter exoplaneter ved hjælp af Doppler-metoden med stor succes. Credit: ESO/B. Tafreshi (twanight.org).

er fundet med transit-metoden ved hjælp af rumteleskoperne Kepler og TESS. Fra rummet kan teleskoper observere de samme stjerner i døgndrift og måle deres lysstyrke med langt bedre præcision end teleskoper på jordoverfladen, som forstyrres af skyer og turbulente luftstrømme i Jordens atmosfære.

Exoplaneter kan også afsløres ved at måle, hvordan en stjerne flytter på sig. Tyngdekraften mellem en stjerne og dens planet virker nemlig begge veje, så i virkeligheden kredser både stjerne og planet omkring et fælles massemidtpunkt – som to skøjteløbere i en uendelig parpiruet. Herhjemme, på vores egen lille planet, bliver vi konstant slynget rundt i solsystemet med cirka 30 km per sekund, mens vi selv trækker Solen afsted i en lillebitte bane med en fart på cirka 9 cm per sekund. Det lyder måske ligegyldigt, men set udefra giver det anled-

ning til en såkaldt Doppler-forskydning af samtlige absorptionslinjer i solens spektrum – altså solens kemiske fingeraftryk – som i løbet af et år flytter sig 0.00000003 procent fra deres rigtige bølgelængder, først til den ene side, så til den anden side.

De bedste instrumenter kan i dag, under optimale forhold, måle stjerners Doppler-forskydning med en præcision omkring 20-30 cm per sekund, altså ikke helt nok til at detektere et signal på cirka 9 cm per sekund, som man ville forvente fra en planet på størrelse med Jorden, kredsende i en tilsvarende bane omkring en sol-lignende stjerne. Til gengæld har man med Doppler-metoden fundet over 1.000 planeter, som har kraftigere signaler, fordi de enten er tungere, befinder sig tættere på deres stjerner, eller kredser omkring lettere stjerner end Solen.

Fra lysprik til massefylde

Med Doppler-metoden forsøger man også at observere de planeter, som bliver opdaget med transit-metoden. Dybden af transit-signalet indikerer nemlig, hvor stor planeten er, mens amplituden af Doppler-signalet fortæller, hvor tung planeten er. Med de to tal, og lidt viden om stjernen, kan man udregne planetens massefylde, og man kan sammenholde parametrene med forskellige modeller for hvordan planeter er opbygget, baseret på hvad vi ved om jordens indre og planeterne i vores eget solsystem.

Når man ser på de planeter, vi har fundet indtil nu, er det tydeligt, at planetsystemer omkring andre stjerner kan se meget anderledes ud end vores eget. Nogle systemer har gaskæmper på størrelse med Jupiter, eller endnu større, der kredser helt tæt på deres stjerne. En helt ny klasse af planeter, som i størrelse ligger mellem Jorden og Neptun og går under navnet "mini-Neptunes", lader til at være relativt almindelige, men det er fortsat lidt af en gåde, hvad de egentlig består af. Man har også fundet små, ekstremt kompakte systemer omkring røde dværgstjerner, f.eks. TRAPPIST-1, hvor den yderste af syv planeter kredser cirka 6,5 gange tættere på stjernen end Merkur er på Solen.

Et planetsystem, der ligner vores eget, har vi endnu ikke fundet, især fordi de hidtidige metoder har haft en indbygget præference for planeter i kortere kredsløb. Nøglen ligger blandt andet i at dedikere ressourcer over halve eller hele årtier til lange, intense observationer af nogle få, lovende stjerner, som f.eks. det dansklede 2nd Earth Initiative eller det engelske Terra Hunting Experiment. Derudover forventes det europæiske rumagentur ESA i 2025 at frigive tusindvis af exoplaneter fundet med Gaia-satellitten, som gennem et årti har målt ekstremt nøjagtige positioner af omkring en milliard stjerner på hele himlen. Gaia måler med så stor nøjagtighed, at den bør kunne detektere større planeter i lange kredsløb, svarende til Jupiter eller Saturn, ved at måle, hvordan stjernen flytter sig fra side til side.

Jagten på liv

Det måske største, ubesvarede spørgsmål er, om der findes liv på andre planeter derude? Vores forståelse af liv er indtil videre begrænset til hvad vi kender her fra Jorden, hvor livet er baseret på flydende vand. Derfor er der særligt stor interesse i at finde planeter med lignende betingelser på overfladen, gerne omkring nærliggende stjerner af samme type som Solen. På en bjergtop i Chiles Atacama-ørken er det Europæiske Sydobservatorium (ESO) lige nu i

gang med at opføre The Extremely Large Telescope – et enormt teleskop med en spejlbredde på 39 meter, som under de rette forhold vil være i stand til at producere direkte billeder og spektre af potentielle jordlignende planeter omkring de nærmeste stjerner. Drømmen er at lede efter kemiske signaturer fra f.eks. ilt og metan i planeternes atmosfærer, som i hvert fald på vores egen planet er et klart tegn på biologisk aktivitet.

Jagten på liv i rummet handler dybest set om at forstå, hvem vi selv er. Myldrer vores galakse af liv, eller er livet noget unikt, som kun er opstået her på Jorden – i så fald hvorfor netop her? Er vores solsystem almindeligt, eller er der noget, der skiller os ud fra de andre? I takt med at vi øger vores viden om fremmede planetsystemer, nærmer vi os også en bedre forståelse af den større sammenhæng, livet eksisterer i. Fortidens astronomer havde i en vis forstand ret i, at der er en forbindelse mellem stjernerne og planeterne på himlen og livet her på Jorden – bare på en lidt anden måde end de troede.

René Tronsgaard
Ph.d.

Carlsberg-stipendiat (postdoc),
tilknyttet Cavendish-laboratoriet,
Department of Physics, University
of Cambridge



DAGENS GEOGRAF



Navn: Rose Cathrine Due

Alder: 24

Uddannelse: Læser bachelor i geografi og geoinformatik på Københavns Universitet

Stilling: Studentermedhjælper ved GISMAP

Bonus: Jeg har flere somre været på work camps arrangeret af Mellemfolkeligt Samvirke, hvor jeg har mødt et hav af seje mennesker fra udlandet og prøvet kræfter med en masse forskelligt slags manuelt arbejde – bl.a. at bygge huse og stenmure vha. traditionelle metoder. Fritiden bruges gerne på at hoppe tilkalket rundt på en klatrevæg.

[1. Hvorfor begyndte du at læse geografi?]

Da jeg gik ud af folkeskolen havde jeg en idé om, at geografi kunne være et spændende fag at dykke ned i og valgte derfor at tage Geovidenskabslinjen på Gefion Gymnasium. Her havde jeg tre lærerige år, der kun gav mig endnu mere blod på tanden ift. at lære mere om jorden.

[2. Hvad er geografi for dig?]

Når familie og venner spørger mig, hvad geografi kan bruges til, har jeg ofte svært ved at svare dem, da jeg mest tænker – "Hvad kan geografi ikke bruges til?". Geografien indgår i et hav af forskellige fagfelter og trækker på teori fra fag så forskellige som fysik, kemi, økonomi og antropologi – og mange flere. For mig er geografi derfor et allestedsnærværende fag der er essentielt for at forstå jordens, og dens beboeres, mekanismer og mønstre.

[3. Hvem/hvad har været din største inspirationskilde ud i geografien?]

Mine to geovidenskabslærere i gymnasiet, Steen og Sami. Med dem blev det nærmest helt hyggeligt at regne på ligninger i geofysik, lære SI-enheder, slikke på sten og lære om mange af jordens spændende processer. De gav os en god grundforståelse for geofysik og naturgeografi, hvilket fik min nysgerrighed for geografien til at blive endnu større.

[4. Hvad ser du som det 'hotteste' geografi-emne i øjeblikket?]

Jeg ser klimaforandringer og dermed også menneskers udnyttelse af jordens ressourcer som det 'hotteste' inden for geografien for tiden. Vores overforbrug og den effekt det har på jorden, er lige et emne for en geograf. Her er det netop vigtigt med en forståelse for koblingen mellem menneskers liv i, og udnyttelse af, naturen samt hvordan dette påvirker jordens mekanismer.

[5. Hvor ser du dig selv om ti år?]

Om ti år håber jeg på at arbejde et sted, hvor feltarbejde indgår som en del af jobbet, så arbejdsuniformen ofte består af Fjällräven-bukser og vandresko. Jeg håber desuden på at finde et job, hvor jeg kan bygge videre på det jeg har lært fra studiet og dykke endnu dybere ned i, hvordan jordens processer og systemer hænger sammen.

MÅNELANDINGEN 1969

– en kommenteret billedreportage
af avisudklip fra før, under og efter
den 20. juli 1969

Af: Katrine Ratjen

Mange kan sikkert huske, hvor de var den 20. juli 1969. Dem, der ikke kan huske det, kender sikkert til de væsentligste detaljer alligevel, for Månelandingen er en verdensbegivenhed, som er selvskrevet til at være obligatorisk pensum i skolen. Men hvad blev der egentlig talt om hjemme i villakvarterets stuer i dagene før, under og efter, at det lille skridt på urørt land blev til et kæmpe spring for menneskeheden? Her har dagens avisoverskrifter sandsynligvis haft stor betydning for, hvordan vi som almene borgere har oplevet begivenheden fra den anden side af Atlanten. Værsgo at bladre i aviserne.

Rejsen til månen med høj hat og hund

Af Holger Hensholt

STONES RILLA. Tennesse, Florida. 1. december 1968. OPTÆLLINGEN er begyndt: 15, 16, 17 ... Spændingen stiger: 20, 40 ... fyrt!

En stregen af det brede op fra jordens indvolde. — Jorden skælver, og kun med den største vanskelighed opfange sig selv et flygtigt glimt af projektiler, der gennem de brændende dampe seprigt gennemslæver luften.

Sådan optæller hele Florida, og en anden stregen af denne afslutning fra Florida til den ... Over til den anden side af den store verden.

Flora's første landing på et andet verdens rumskib, månen, er begyndt. The rumskibet er nu fast i rummet. De første rumskibene og en rumskibet med en algerisk hval. Vi de de store tid!

Bange for



"Jules Vernes Rejsen til Månen er skrevet for hundrede år siden. Hans tre helte, fantasiens første rummænd, blev sendt op i et aluminiums-projektil, der blev affyret fra en kæmpemæssig kanon på højsletten i nærheden af Tampa i Florida, ikke langt fra og på samme breddegrad som cape Kennedy. (..) "Alt, hvad et menneske er i stand til at forestille sig, vil andre mennesker være i stand til at realisere", skriver han (Jules Verne)". Politiken, den 13. juli 1969.

Da min onkel, Henrik, døde i december, efterlod han sig mere end arkitekttegnede møbler og B&O anlæg. Han efterlod sig nemlig en scrapbog på størrelse med en køkkenlåge og tung som 10 liter mælk. Den skulle vise sig at indeholde en tidslomme til en historisk verdensbegivenhed – nemlig avisudklip fra månelandingen i 1969. Scrapbogens avisudklip inspirerede mig til en lidt anderledes billedreportage, hvor det ikke er videnskabens rå informationer, men tidens danske journalister, der i aviserne informerer den danske befolkning om småt og stort, der vedrører den sensationelle begivenhed i dagene før, under og efter den 20. juli 1969.

Følgende billedreportage er et udpluk af affotograferede avisudklip fra Henriks scrapbog, samt udvalgte, afskrevne tekstpassager.



Berlingske Tidende, den 13. juli 1969.



Tre himmelhunde 1969

AF Peter Madsen

NR. 11. ARMSTRONG, Aldrin, Collins. De tre astronauter, der bliver de første mennesker til at lande på Månen. Fra venstre: Michael Collins, Neil Armstrong og Edwin 'Buzz' Aldrin.

I den sidste af tre dele af den store serie om den store rejse til Månen, som vi har været med til at følge i de tre første dele, ser vi de tre astronauter, der skal lande på Månen. De tre astronauter, der skal lande på Månen, er Michael Collins, Neil Armstrong og Edwin 'Buzz' Aldrin. De tre astronauter, der skal lande på Månen, er Michael Collins, Neil Armstrong og Edwin 'Buzz' Aldrin.

I den sidste af tre dele af den store serie om den store rejse til Månen, som vi har været med til at følge i de tre første dele, ser vi de tre astronauter, der skal lande på Månen. De tre astronauter, der skal lande på Månen, er Michael Collins, Neil Armstrong og Edwin 'Buzz' Aldrin. De tre astronauter, der skal lande på Månen, er Michael Collins, Neil Armstrong og Edwin 'Buzz' Aldrin.

I den sidste af tre dele af den store serie om den store rejse til Månen, som vi har været med til at følge i de tre første dele, ser vi de tre astronauter, der skal lande på Månen. De tre astronauter, der skal lande på Månen, er Michael Collins, Neil Armstrong og Edwin 'Buzz' Aldrin. De tre astronauter, der skal lande på Månen, er Michael Collins, Neil Armstrong og Edwin 'Buzz' Aldrin.

I den sidste af tre dele af den store serie om den store rejse til Månen, som vi har været med til at følge i de tre første dele, ser vi de tre astronauter, der skal lande på Månen. De tre astronauter, der skal lande på Månen, er Michael Collins, Neil Armstrong og Edwin 'Buzz' Aldrin. De tre astronauter, der skal lande på Månen, er Michael Collins, Neil Armstrong og Edwin 'Buzz' Aldrin.

"De tre astronauter der flyver til Månen næste onsdag: Fra venstre Edwin Aldrin, Neil Armstrong og Michael Collins. Kommende skolebørn vil få den sure pligt at terpe disse navne, når de i historiebøgenes afsnit om Det første menneske på Månen skal prøve at fastholde de mest elementære enkeltheder fra denne begivenhed i 1969. Hvor drilagtigt i øvrigt at sende tre mand op til Månen og så kun lade de to af dem gøre landgang på Jordens trofaste følgesvend i rummet. For hvem af de tre var nu de to, og hvem af de to var det, der som den allerførste satte en menneskelig fod på jorden?" Politiken, den 13. juli 1969.



"På dette sted satte mænd fra planeten Jorden for første gang deres ben på Månen. Juli 1969. "Vi kom i fred på menneskehedens vegne." Sådan lyder inskriptionen på den mindeplade, som Apollo 11- astronauterne vil efterlade på Månen, når de efter godt 22 timers ophold på det gråbrune øde og uindbydende himmellegeme søndag og mandag i næste uge atter vender hjemad". Berlingske Tidende, den 13. juli 1969.

Køreplan for måne-turen

Den detaljerede og endelige køreplan for opsendelsen af Apollo 11 måneskibet 16. juli, er nu udsendt af den amerikanske aeronautiske rumadministration, NASA. Alle tiderne er opgivet i dansk tid men kan blive forskudt eller ændret af uventede begivenheder før eller efter opsendelsen. Politiken 16. juli 1969.

Onsdag den 16. juli

14.02 — Apollo 11, opsendelse fra Kennedy-rumcenteret på Cape Canaveral med astronauterne Neil Armstrong, Michael Collins og Edwin Aldrin på bord.

14.03 — Apollo går ind i et parbæringsbaneløb med jorden.

14.04 — Tredje solen ses med raket.

Torsdag den 17. juli

14.04 — Første landingsforsøg på månens 10. krater.

Fredag den 18. juli

14.05 — En af landingsforsøgene mislykkes.

14.06 — Tredje landingsforsøg.

Lørdag den 19. juli

14.07 — En landingsforsøg mislykkes efter at have været i gang i 10 minutter. Den tredje landingsforsøg lykkes.

14.08 — De tre astronauter lander på månens overflade.

Søndag den 20. juli

14.09 — Aldrin kommer ned i landingsmodul.

14.10 — Armstrong går efter mod i land.

14.11 — Måneoverfladen ses med raket.

14.12 — Lene tager sig til måneoverfladen og begynder at samle.

14.13 — Lene tager sig til måneoverfladen. Det er den første gang, at en astronaut har taget et billede af måneoverfladen.

14.14 — Armstrong og Aldrin går ned i land.

Mandag den 21. juli

14.15 — Armstrong, Collins og Aldrin går ned i land.

14.16 — Armstrong går ned i land.

14.17 — Armstrong går ned i land.

14.18 — Armstrong går ned i land.

14.19 — Armstrong går ned i land.

14.20 — Armstrong går ned i land.

14.21 — Armstrong går ned i land.

14.22 — Armstrong går ned i land.

14.23 — Armstrong går ned i land.

14.24 — Armstrong går ned i land.

14.25 — Armstrong går ned i land.

14.26 — Armstrong går ned i land.

14.27 — Armstrong går ned i land.

14.28 — Armstrong går ned i land.

14.29 — Armstrong går ned i land.

14.30 — Armstrong går ned i land.

Tirsdag den 22. juli

14.31 — Armstrong går ned i land.

14.32 — Armstrong går ned i land.

14.33 — Armstrong går ned i land.

14.34 — Armstrong går ned i land.

14.35 — Armstrong går ned i land.

14.36 — Armstrong går ned i land.

14.37 — Armstrong går ned i land.

14.38 — Armstrong går ned i land.

14.39 — Armstrong går ned i land.

14.40 — Armstrong går ned i land.

Torsdag den 24. juli

14.41 — Armstrong går ned i land.

14.42 — Armstrong går ned i land.

14.43 — Armstrong går ned i land.

14.44 — Armstrong går ned i land.

14.45 — Armstrong går ned i land.

14.46 — Armstrong går ned i land.

14.47 — Armstrong går ned i land.

14.48 — Armstrong går ned i land.

14.49 — Armstrong går ned i land.

14.50 — Armstrong går ned i land.

"Den detaljerede og endelige køreplan for opsendelsen af Apollo 11 måneskibet, den 16. juli, er nu udsendt af den amerikanske aeronautiske rumadministration, NASA. Alle tiderne er opgivet i dansk tid men kan blive forskudt eller ændret af uventede begivenheder før eller efter opsendelsen". Politiken 16. juli 1969.

Manen, Jorden og Mars er spillet på samme melodi

En ny astronomisk opdagelse, nemlig at de store planeter Jorden, Mars og Månen, alle er bygget op af samme grundstoffer.

af Niels Bohr

En ny astronomisk opdagelse, nemlig at de store planeter Jorden, Mars og Månen, alle er bygget op af samme grundstoffer. Dette er en vigtig opdagelse, fordi det betyder, at vi kan bruge de samme metoder til at undersøge Mars og Månen, som vi gør til Jorden.

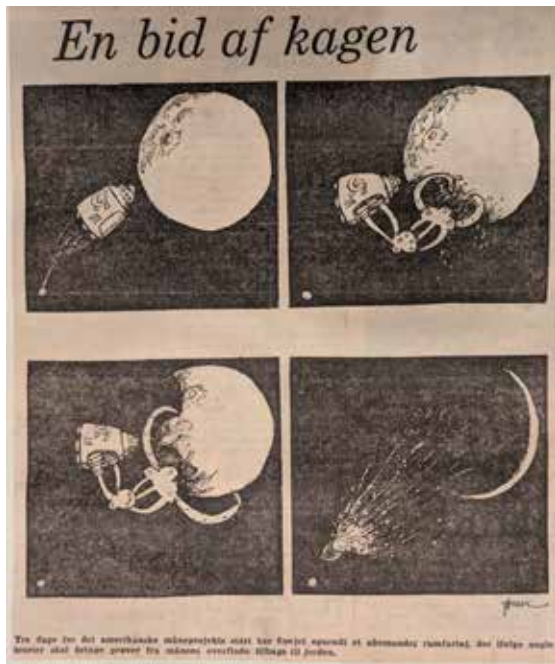
Den nye opdagelse er baseret på en analyse af de spektrale linjer i lyset fra Jorden, Mars og Månen. Det er blevet fundet, at de tre planeter alle har de samme spektrale linjer, hvilket betyder, at de er bygget op af de samme grundstoffer.

Dette er en vigtig opdagelse, fordi det betyder, at vi kan bruge de samme metoder til at undersøge Mars og Månen, som vi gør til Jorden.

Interview med prof. Dr. Phil. Arne Noe-Nygaard: "Da Apollo-projektet var under fuld udvikling, blev man klar over, at teknik og astronomi kun kunne fungere sammen i måne-eventyret, hvis man fik en tredje partner, geologien, med. Man måtte vide noget om vulkanisme, om det man ser og det man kan "falde over" i et krater. Derfor blev en del af forsøgsprogrammet henlagt til Island i 1967. I flere måneder blev måneprojektets folk trænet i vulkanske omgivelser. De lærte sig så at sige at se "Jorden" fra ny. (...) Det er geologerne der har tegnet landingskortene - med en forbløffende rigdom af detaljer ud fra i tusindvis af fotografier taget under de foregående Apollo-skibes rejser. Det der har imponeret mig mest er den lighed der synes at være mellem Mars og Månen. Sådan vil åbenbart nyfødte kloder i vort solsystem tage sig ud inden de geologiske processer går i gang. For 4,5 mia. år siden så den nyfødte jord ud som den nyfødte måne". Politiken, den 16. juli 1969.



"Måske opdager de, at den virkelig er lavet af ost - og så kan det jo være de tager et stykke med til os". Emmwood-tegning i Daily Mail, London. Politiken, den 16. juli 1969.



"Tre dage før det amerikanske måneprojekt start har Sovjet opsendt et ubemandet rumfartøj, der ifølge nogle teorier skal bringe prøver fra Månens overflade tilbage til jorden. Politiken, den 16. juli 1969.



"Det utrolige er begyndt. Verdens første månemænd, astronauterne Edwin Aldrin, Michael Collins og Neil Armstrong – forrest – på vej hen til Saturn 5-raketten, der skal starte dem på færdten til Månen. Berlingske Tidende, den 17. juli 1969.



"Millioners så måneskuddet i fjernsynet. Et sekund efter, at Neil Armstrong tager billeder på Månen, står de på TV-skærmene i Danmark. Berlingske Tidende, den 17. juli 1969.

Månemændenes middagsmad

Pølsepostej og nøddechokolade på spisesedlen

Det første måltid, som Apollon tilbyder autistene, sætter til livs ude i rummet, hvor forskernes middag som officielt betragtes som »Måltid B, dag 1«. De skal have den samme frokost på femtedagen og på niendedagen, efter som der er rum standard-menuer, som vil blive gentaget under rejsen. Her er køstplanen for de første tre måltider:

ONSDAG FROKOST
Ovsekend og kartofler (tilberedt, og kun spiset med en ske fra en søv-fiske-pakning).
Karamellbinding (tørret – skal pilleles vand).
Nøddeschokolade (tre lærde terninger, som kan tygges direkte).
Dresset (skal tilføres vand).

ONSDAG MIDDAG
Laks-salat
Kylling m. ris
Søde småkager
Kaffe

TORSDAG MORGENMAD
Frugt-cocktail
Lind, polse-postej
Ristede franskinspøstkytter m. smør
Ovsekend
Ovsekend
Ovsekend

Kø foran farve-TV

Foran de radio- og TV-forretninger, der sendte TV-transmission i farver af opskydningen af Apollo 11-måneraketten, var der i går kø.

Mens de store butikker i Københavns centrum kan melde om øget salg af TV-apparater, der begyndte for 14 dage siden, sikkert i forbindelse med farve-transmissionerne fra rummet, har salget fra farve-TV-forretninger på broerne og i byens yderkvarterer ligget på det normale.

Ho.

Jorden ryster, mens Apollo 11 starter

Efter 29 års forsøg ser Werner von Braun sin drøm virkeliggjort

En stor, mørk, røgfyldt skyldes opstigningen af rumraketen Apollo 11 fra Cape Canaveral i Florida. Raketen stiger lodret op i luften, og dens røgspalte når langt op over himlen. I forgrunden ses nogle små, mørke objekter, der sandsynligvis er biler eller andre køretøjer, der observerer raketens opstigning. Billedet er i sort-hvid og har en historisk, dokumentarisk karakter.



En nærbillede af en mand, der bærer en rumhælm og -sæt. Han ser ud til at være i en rumkapsel, og hans ansigt er synligt gennem hælmsvinduet. Han har et koncentreret udtryk på ansigtet.



En gruppe mennesker, der ser ud til at være i en rumkapsel eller på et rumskib. De er alle iført rumhæle og -sæt, og de ser ud til at være i en aktivitet, der kræver samarbejde og koordinering. Billedet er i sort-hvid og har en historisk, dokumentarisk karakter.



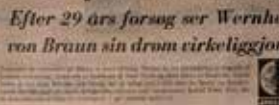
En lille, kvadratisk illustration i øverste højre hjørne af siden. Den viser en person i en rumhælm, der ser ud til at være i en rumkapsel. Illustrationen er i sort-hvid og har en historisk, dokumentarisk karakter.



En lille, kvadratisk illustration i øverste venstre hjørne af siden. Den viser en person i en rumhælm, der ser ud til at være i en rumkapsel. Illustrationen er i sort-hvid og har en historisk, dokumentarisk karakter.



En lille, kvadratisk illustration i øverste midterste del af siden. Den viser en person i en rumhælm, der ser ud til at være i en rumkapsel. Illustrationen er i sort-hvid og har en historisk, dokumentarisk karakter.

[illegible]



"Jeg bad ham brække det ene ben", sagde Joan Aldrin, da hun ønskede sin mand "Buzz" held og lykke på sin rejse til Månen. Joan Aldrin var en eftertragtet skuespillerinde da hun giftede sig med Aldrin, og hun er stadig en fremtrædende skikkelse inden for amerikansk amatørteater. "Brække-et-ben" er et gammelt tysk udtryk, som teaterfolk har brugt i årevis som udtryk for held og lykke. Politiken, den 18. juli 1969.



"Med en palmegren i klørne og med forsikringer om fred og god vilje er den amerikanske ørn på vej til at lande på Månens gråbrune overflade. Hvor utroligt og uvirkeligt det end måtte forekomme, er der nu kun få timer til det øjeblik, da mennesker for første gang sætter deres ben på en fremmed planet". Berlingske Tidende, den 20. juli 1969



"De kostbare klippestykker, som astronauterne bringer med sig hjem vil bevise en gang for alle, at Månen er en levende, geologisk aktiv planet – hvor der stadig springer vulkaner fra et hedt indre" (Dr. Eugene Shoemaker, Direktør for den geologiske kortlægning af Månen og dr. Haroldmasursky, der står i spidsen for den astronomiske afdeling af de amerikanske geologiske undersøgelser). (...) Men ingen ved på dette tidspunkt nøjagtigt, hvor de vandrede. (...) Det er nødvendigt, at geologerne nøjagtigt lokaliserer landingsstedet inden for nogle få meter, så de kan sige, fra hvilken slags terræn klippestykkerne kommer fra". Washington Post & Politiken, 22. juli 1969.



"De amerikanske selskaber, som har millionkontrakter med rumfartsorganisationen, NASA arbejder nu intenst på at videreudvikle deres specialer inden for rumforskningen". Politiken, den 2. august 1969.

Hvem ejer Månen?

FN har skabt traktat om verdensrummet, men der er problemer

JEG FORKLAREDE Den gamle Mand og flere andre, at vi var kommet til den for at vinde en pille, der kunne rive alle andre skibe, der kom der, til, at vi havde været der først. De ikke alene indvilligede heri, men blev glade, men havde også aldrig at tjene markedsprisen. Hvorpå vi skilte på Himm Majestæts vedfølelse i et glas vin...

Sådan skaberende kaptajn Cook den 22. januar 1770 New Zealand for den britiske konge. Cook's Journal med den første vildehistorie var — som astronauternes færd til Månen — i sit udtryk af fredelig og videnskabelig karakter. De kan nu et givet tidspunkt af færdens slutning en foragtelig kontrol fra administrativt, læste kan medvirke på de dokumenter, den indholdt, at han, hvis han sagtede, at det 10. land var udsat, skulle tage det i betragtning og søge angive dette...

MÅNE-TRAKTAT

Hat de to mænd, der først satte deres fod på Månen også skabte foruroligelse? Nej — men altså man på forhånd har sagt at internationaliseret Månen, bliver dog en lang række problemer tilbage.

FN's generalforsamling begyndte allerede i 1957, da sandtigheden for Månen er blevet bekraftet, at bekræftelse sig med de største spørgsmål omkring den. Man gik i gang



amerikanske astronauters besøg: kontrol med den del af verdensrummet, der omgiver Månen og retten til at oprette rumstationer; der spørgsmålet om en forludt måne eller rumstation kan optages af en anden magt og de problemer, der kan opstå mellem baser på andre planeter og permanente rumstationer, hvis der på vor klode udbryder krig mellem de magter, der besidder sådanne.

FLAGET BLIVER

Det var lettere i tidligere århundreder, da Drake uden videre lag Magellan-strædet i besiddelse, skabt spændelse havde gennemført det 38 år i fangens og Vasco da Gama på sin rejse til Indien modtog et stort antal marknader, der skulle antages rundt omkring for at vise, at Portugal havde overtaget dette land.

Det amerikanske flag og en plakat, der siger, at amerikanerne har været der først, efterlades på Månen — men her de problemer om flagets anerkendelse og således end. Anerkendelse skal altså efter at have set foden på måneoverfladen, har allerede ført til lidenskabelige diskussioner i den amerikanske offentlighed og den amerikanske kongres.

Vor klodes overordnede internationale problemer vil efter Måne-erhveringen blive internationalt — og i begrebslige forhold bemærke.

med at informere en traktat for det ydre rum, og den blev i januar 1967 undertegnet samtidig i Moskva, Washington og London, senere af alle andre FN-medlemslande.

PROBLEMERNE

I denne traktats paragraf 11 betyder det, at Månen og andre planeter ikke kan laves i besiddelse af en enkelt nation gennem okkupation eller ved andre midler. Traktaten forbyder også henrykkelse af kernevåben i verdensrummet. Udenrigsminister Orlovsky kommenterede denne bestemmelse med, at det var på høje tid.

Men der er heller i traktaten. På en international astronautisk kongres i Beograd i september 1967 pegede man på en række uløste problemer som disse: Retten til at tjene mineraler fra Månen (hvad der er de

"På en international astronautisk kongres i Beograd i september 1967 pegede man på en række uløste problemer som disse: Retten til at tjene mineraler fra Månen (hvad der er de amerikanske astronauters hovedopgave), kontrollen med den del af verdensrummet, der omgiver Månen og retten til at oprette rumstationer dér, spørgsmålet om en forludt måne eller rumstation kan optages af en anden magt og de problemer der kan opstå mellem baser på andre planeter og permanente rumstationer, hvis der på vor klode udbryder krig mellem de magter der besidder sådanne". Berlingske aftenavis weekend, den 19. juli.



"Derfor lykkedes månefærden: Det var ikke alene astronauterne, der træned i jordmodeller. Også datamaskinerne "gjorde turen" den ene gang efter den anden — i elektroniske modeller, så eksperterne kunne få et grundlag for bedømmelse af alle mulige afvigelser — her i form af tal og bogstaver på lange baner af EDB-papir... (...) Alene udviklingen på de programmer, som muliggjorde de to astronauters kortvarige spadseretur på måneoverfladen, har kostet tusinder af edb-specialister næsten otte års arbejde". Politiken, den 27. juli 1969.



USA har månetømmermænd

Ønsket om at komme ned på jorden og løse andre problemer præger Washington

M.J. Anders Nielsen

"Selvfølgelig er man stolt over at have taget det første skridt på en fremmed klode, men var det hele indsatsen værd? (...) Der er mere eller mindre krig i tre verdensdele, og USA er fortvivlet involveret i den længste og blodigste i Vietnam. (...) Man mærker tydeligt alle de kendte problemer ved tilbagekomsten til Washington efter et par uger i den kunstige rumatmosfære på Cape Kennedy og i Houston. (...) Såfremt man i stedet for havde sat det som nationalt finansieret mål at lave bedre huse, biler, mad osv., ville der næsten ikke være grænser for de velsignelser, som menneskeheden kunne have fået, siger kritikerne. (...) Præsident Nixon vil antageligt kunne udnytte lidt af stråleglansen på sin rejse verden rundt, men de asiatiske lande, som han først og fremmest vil søge at påvirke, har andre og mere påtrængende problemer end rumfart, der ikke fører bort fra sult og krig". Washington lørdag, Politiken privat, den 27. juli 1969.



"De redegjorde for månestøvets indhold af ganske bittesmå glaspartikler, der allerede medvirker til at rejse tvivl om tidligere teorier om Månen og dens sammensætning. Man mener allerede at have hvad man kalder overvældende beviser på, at månehavene er skabt af lavastrømme, og at de derfor må være fremkommet ved vulkanudbrud eller meteorer, der har ramt overfladen med en så stor kraft, at hele skorpen er smeltet. Berlingske Tidende, den 30. juli 1969.

Aldrin fotograferet af Armstrong foran landingsfartøjets stige ned til Månens overflade. Rent teknisk var den vanskeligste opgave jeg udførte på måneoverfladen, at få drevet materialeindsamlerne ned i overfladen for at få prøver af måne-gruset til videnskabsmændenes analyser. I betragtning af, hvor blød og pulveragtig overfladen er, er modstanden blot nogle få tommer nede overraskende stor. Ikke fordi det på nogen måde føltes som en bastant styrke som for eksempel fast klippegrund. Undergrundens materiale blev simpelthen gradvis fastere, efterhånden som man trængte længere ned – i blot et par tommers dybde kunne det mærkes. Berlingske Tidende, den 25. august 1969

Sådan kom det første menneske til Månen. Billedet viser imidlertid det andet menneskes ankomst – Aldrin fotograferet af Armstrong. Måneseismografen monteres. Få timer senere registrerede den pr. radiosignaler til Houston de første kendte Måne-rystelser. Jeg vippede fartøjet fremover, så vi kom til at indtage en lodret holdning, fødderne vendte direkte nedad, og vi strøg hen over klippestykkerne, mens vi granskede overfladen mod vest for at finde et bedre landingsområde. Der var flere og jeg skiftede mening flere gange. Et sted så ganske godt ud, men da vi kom lidt nærmere var det dog knap så tillokkende. Det, vi til sidst bestemte os for, var på størrelse med en stor villagrund. På den ene side var det begrænset af nogle pænt store kratre og på den anden side af en mark med mindre klippestykker, men det så dog ud til at kunne bruges. Jeg satte Ørnen ned dér. Man har senere fortalt mig at min puls steg betydeligt under nedstigningen, men ærlig talt, jeg ville da først være blevet rigtig nervøs, hvis den ikke havde gjort det". Berlingske Tidende, den 26. august 1969.





APRIL 1. En astronaut på Månen. Det vidunderlige billede blev taget af Neil Armstrong.



APRIL 1. En astronaut på Månen. Det vidunderlige billede blev taget af Neil Armstrong.

Berlingske Tidende 2. sektion

MICHAEL COLLINS skriver

JORDEN ER ET VIDUNDERLIGT STED

-og den ser så rolig og tryk ud på afstand

«Columbus var et rart lille hjem»
 «Det lykkedes mig aldrig at få øje på Ørnen nede på Månen»
 «Månen er en lille andelsten, men jeg fortrakker Jorden»
 «Vi mennesker er fantastisk heldige, at vi har luften til at ånde!»
 «- og havet til at tage op i vores hænder og holde ud over os»
 «Min tanker deroppe gik tit til mit hjem - jeg tænkte meget på min familie»

Collins' fantastiske billede af det vidunderligste syn på hele turen - da han så Ørnen stige op mod sig fra Månens overflade - med Jorden i baggrunden.

Det var en dejlig klar, frisk måne-dag hvis man kan bruge det udtryk. Månen så hverken ildevarslenende eller frastødende ud, som det kan være tilfældet når solen sender sit lys lavt hen over den. Den dag, hvor Solen stod højt, var det et glædens sted. Også jeg var glad, for dér kom landingsfartøjet, det blev større og større, stadig mere lysende og skinnende, og det befandt sig præcis dér, hvor det skulle. Berlingske Tidende, den 24. august 1969.

Katrine Ratjen,
Geograf og naturvejleder





Bøgerne om Max og Meta blander fakta og fiktion. Tegnet af Lars-Ole Nejstgaard

MÅNEN PÅ EN NY MÅDE

Af: Troels Gollander

Hvordan formidler man viden om Månen og andre naturvidenskabelige emner med et narrativ? Det kan du læse om i denne artikel om Max og Meta-bøgerne, der tager udgangspunkt i børns undren over alt det fantastiske, som omgiver os – herunder Månen.

Jeg har flere gange skrevet om Månen i fagbøger og undervisningsmaterialer. Min første fagbog, som udkom i 1994, handlede faktisk om Universet, hvor der selvfølgelig også var både tekst og øvelser om Jordens nærmeste nabo. Bogen var til det dengang nye fag natur/teknik, og bogens tegninger blev udført af Lars-Ole Nejstgaard.

Jeg mødte ikke Lars-Ole i forbindelse med det bogprojekt. Han lavede blot tegningerne på baggrund af mine forlæg og anvisninger. Men næsten 30 år senere ringede han mig op og spurgte, om jeg vil være med til at udvikle og skrive manus til en serie bøger, hvor naturvidenskab blev formidlet på

en ny, sjov og anderledes måde. Det ville jeg virkelig gerne, og det blev i første omgang til bogen "Max og Meta – Månen". I skrivende stund er der udkommet ni Max og Meta-bøger samt et aktivitetshæfte, hvor vi formidler naturfag med et narrativ. Bøgerne har form som tegneserier med talebobler.

Der er en mening med magien

Bøgerne om Max og Meta tager udgangspunkt i børns undren over hverdagsfænomener, og vores to helte og deres sidekick – en finurlig flue med forkærlighed for farhumor – undersøger tingene med lige del nysgerrighed og magi. Bogen om Månen starter

med, at Max og Meta undrer sig over, at de kan se Månen om dagen, og at den skifter udseende i løbet af en måned.

Det magiske kommer ind via Meta, der kan knipse dem forskellige steder hen i tid og rum. I bogen om Månen knipser hun dem til Månen, hvor de bliver kloge på en masse ting omkring Månen, også finder ud af, at Jorden trods alt er et både smukkere og bedre sted at leve.

Undervejs i historien bliver læserne bl.a. klogere på Månens faser, dens atmosfære og tyngdekraft – og de bliver det forhåbentligt med et lille smil på læberne. Eller som Lars-Ole og jeg ynder at formulere det: "læserne bliver klogere uden at opdage det".

Bøgerne om Max og Meta har fået fantastiske anmeldelser, og vi har specielt været glade for, at både børn og voksne har fundet bøgerne sjove. Det magiske bliver brugt som et pædagogisk greb, da Metas magiske knips gør det lettere at formidle viden om selv svære faglige emner. I bogen "Max og Meta – Planter" bliver Max og Meta f.eks. selv til planter, og oplever på den måde både fotosyntesen og bestøvning på "egen krop", og i "Max og Meta – Atomere" bliver de til atomer i et vandmolekyle og rejser tilbage i tiden for at få hjælp af selveste Niels Bohr til at forstå atomets opbygning.



Første side i første bog om Max og Meta, hvor udgangspunktet – som i alle bøgerne – er en undren over et naturvidenskabeligt fænomen. Tegnet af Lars-Ole Nejstgaard



Det magiske og humoristiske spiller en stor rolle i bøgerne. Meta har knipset vores to helte til Månen, men der opstår problemer på deres månefærd. Tegnet af Lars-Ole Nejstgaard

Også til undervisning

Vi havde oprindeligt tænkt, at bøgerne kun skulle være til salg hos boghandlere, men allerede efter de to første bøger blev vi kontaktet af lærere, skolebibliotekarer og naturfagskonsulenter, der sagde, at bøgerne med fordel kunne anvendes i natur/teknologi-undervisningen. Jeg kunne også godt mærke interessen for bøgerne, når jeg var ude på skoler og biblioteker for at holde foredrag om faglitteratur for elever i indskoling og på mellemtrinnet.

De mange positive tilkendegivelser gav os blod på tanden til at udvikle et læringsunivers omkring bøgerne. I første omgang har vi udarbejdet en række aktivitetsark til bøgerne, som vi har lagt op på forlagets hjemmeside. Der er både quiz og opgavesider samt sider med forslag til praktiske øvelser tilpasset målgruppen.

Hvem er så målgruppen? Ja, det har vist sig, at bøgernes form og humor gør, at selv børn helt ned til 5-6 år har fornøjelse af at få dem læst højt, men for at forstå det naturvidenskabelige indhold skal børnene selvfølgelig være lidt ældre. Vi har det dog ikke som et mål i sig selv, at børnene skal forstå alt om emnet efter endt læsning. Det er vigtigere, at de bliver nysgerrige og får lyst til at lære mere. For mig



På et aktivitetsark kan eleverne – sammen med Max og Meta – undersøge, hvorfor Månen skifter udseende. Tegnet af Lars-Ole Nejstgaard



På et andet aktivitetsark bliver der lagt op til at lege Solen, Jorden og Månen. Tegnet af Lars-Ole Nejstgaard

som fagbogsforfatter har arbejdet med serien også givet mulighed for at formidle viden på en ny måde uden at gå på kompromis med mit motto: Gør det let uden at lyve.

I en undervisningsmæssig sammenhæng kan bøgerne om Max og Meta anvendes på forskellig måde. Jeg ved, at nogle lærere og skolebibliotekarer læser dem højt i de yngste klasser og efterfølgende taler med eleverne om "det faglige indhold".

Bøgerne kan lånes på eReolen og vises på en skærm i klassen. Andre lader eleverne læse bøgerne højt for hinanden to og to eller i mindre grupper, hvorefter eleverne arbejder med de tilhørende opgaver, som kan hentes gratis på forlagets hjemmeside. Endelig er der den mulighed, at bøgerne bliver brugt som en slags "supplerende grundbøger" i natur/teknologi-undervisningen. Så bør man anvende aktivitetsarkene med praktiske øvelser, som også kan hentes på hjemmesiden.

Hjælp fra målgruppen

Lars-Ole Nejstgaard og jeg har i høj grad brugt vores børn og børnebørn i processen med bøgerne. Vi har ikke kun pingponget med hinanden i udviklingsfasen, men også brugt den familiære målgruppe. Det var oprindeligt min egen voksne datter, der havde lidt svært ved at forklare sine børn, hvorfor Månen skiftede udseende i løbet af en måned. "Er det ikke noget med, at Jorden bevæger sig hen foran Månen", fik hun fortalt.

Nu er hun næppe den eneste, der blander månefaser og måneformørkelser sammen, men det fik mig til at beslutte, at der bagerst i alle Max og Meta-bøger skal være en enkelt side tekst til de voksne. Ja, måske har jeg selv svigtet og ikke fået formidlet den nødvendige viden til mine børn, men nu kan jeg så råde bod på dette svigt og forære dem et eksemplar af "Max og Meta – Planter", så de i det mindste kan få styr på det med blomsterne og bierne.



Undervisning med Max og Meta-bøgerne på Amagerbro Skole. Foto af Troels Gollander

Bøgerne om Max og Meta udkommer på Forlaget Meta. På forlagets hjemmeside er der quizzer og forslag til sjove og lærerige aktiviteter. Find det hele – inkl. den herlige Max og Meta-sang "Blot et knips" – på forlaget-meta.dk

I skrive stund er der udkommet følgende titler:

- Max og Meta – Månen
- Max og Meta – Farver
- Max og Meta - Tyngdekraften
- Max og Meta – Tid
- Max og Meta – Atomer
- Max og Meta – Planter
- Max og Meta – Lyn og torden
- Max og Meta – Vand
- Max og Meta - Aktivitetshæfte

Troels Gollander er uddannet lærer med geografi og fysik/kemi på linje. Han har undervist på den samme folkeskole i over 25 år, men han er i dag fagbogsforfatter og kursusholder på fuld tid. Han modtog Gyldendals Undervisningsmiddelpris i 2001 og Skriverprisen fra Undervisningsministeriet i 2018. Det med at skrive startede i øvrigt med en artikel i Geografisk Orientering i 1983 om det vulkanudbrud på Vestmannaøerne, der havde fundet sted 10 år tidligere.

Troels Gollander
Fagbogsforfatter og
kursusholder





Foto: Iben Dalgaard

RÅSTOFFER OG GEOLOGI I NORDATLANTEN

Geografisk Dag
Fredag d. 8. november 2024

Nordatlantens Hus,
Nordatlantisk Promenade 1,
5000 Odense

Geografisk Dag sætter fokus på råstoffer og geologi primært i Grønland. Den grønlandske undergrund gemmer på en enestående rigdom af mineraler. Men der er ret få miner i Grønland - både fordi klimaet gør det svært at udvinde og transportere råstofferne, og fordi den arktiske natur er meget sårbar overfor minedrift. Den grønlandske undergrund er i fokus både nationalt og internationalt. Råstofferne er der. Skal eller skal de ikke udvindes. Et dilemma af dimensioner!

Dagens program fortæller også om et testanlæg på Island, som opfanger CO₂ direkte fra atmosfæren med energi fra den islandske undergrund og sætter fokus på fangst og lagring af CO₂ generelt.

Dagen indledes med en orientering og et historisk

view om råstoffer i Grønland. Med råstofspil får vi gennem et konkret undervisningsmateriale indblik i de dilemmaer og muligheder de mange råstoffer giver den grønlandske befolkning, og hører om det store DAC-projekt på Island, som opsamler CO₂ direkte fra atmosfæren. Undervisningsmaterialer udsendes inden Geografisk Dag.

Efter frokost er der faglig fordybelse fra forskere med tre oplæg om råstofferne, arktisk miljø og geologisk lagring af CO₂ i den danske undergrund. Forskerne uddyber formiddagens temaer og giver baggrund og inspiration til at arbejde videre med råstoffer og miljø i Arktis i en tid, hvor også geopolitiske udfordringer i området er højaktuelle.



Foto: Iben Dalgaard

Program

Kl. 10.00: Kan man gå i samlet folk fra Odense Bane-
gård til Nordatlantens Hus.

Kl. 10.30: Kaffe, te og croissant i restauranten.

11.00 - 12.30: Råstoffer i Nordatlanten oplæg til
undervisning

- Introduktion om råstoffer i Nordatlanten
- Historisk gennemgang af råstoffer i Grønland
- Råstofspil – dilemmaer og muligheder
- Opsamling og lagring af CO₂ fra atmosfæren - det islandske DAC-projekt. DAC er en forkortelse for Direct Air Capture.

Andreas R. Otte, formidler Nordatlantens Hus sætter
undervejs fokus på naturlige og samfundsmæssige
udfordringer og holdninger.

Didaktiske forbedelsesmaterialer udsendes 14
dage inden Geografisk Dag til deltagerne.

12.30 - 13.15: Lækker frokostbuffet i restauranten

13.15 - 16.30: Faglige oplæg om råstoffer og miljø:

- Råstoffer i Grønlands undergrund - Chefkonsulent Per Kalvig, GEUS.
Hvilke råstoffer findes og hvor? Hvor store mængder og skal de udvindes?
- Arktiske økosystemer og miljø – Seniorforsker, ph.d. Christian Juncher Jørgensen, Institut for

Ecoscience/Arktisk Miljø. Århus Universitet

Hvordan kan råstofudnyttelse påvirke den sårbare arktiske natur?

- Geologisk lagring af CO₂ - Statsgeolog. Nina Skaarup, ph.d. GEUS.
CO₂ - fangst, CO₂-lagring og CO₂- udnyttelse.

Kaffe, te, isvand, frugt og eftermiddagssødt serveres
i konferencelokalet

Kl. 17.00 – 18.00: Geografforbundets generalforsam-
ling for medlemmer

NB. Ret til mindre programændringer forbeholdes.

Forslag til litteratur:

- Geografisk Orientering nr. 3 2024: Råstoffer og geologi i Nordatlanten
- <https://govmin.gl/da/2020/03/ny-mineralstrategi-groenlands-mineralstrategi-2020-2024/>
- Ny Mineralstrategi – Grønlands Mineralstrategi 2020 – 2024
- Miljø og råstoffer i Grønland. (Red: D. Boertmann 2018).



TAG MED TIL KVINDERNES Ø

Onsdag den. 28. maj til 1. juni 2025

Læsø blev kaldt kvindernes ø før i tiden, fordi mændene meget ofte var på havet i lange perioder, og så måtte kvinderne tage sig af arbejdet på landjorden. Faktisk gik gårdene også i arv på spindesiden.

Øen har, siden de første sten i havet dukkede op med havstigningen, og sand lagde sig over dem, skiftet form mange gange.

I middelalderen var øen dækket af fyrre- og egeskove. Munke satte gang i saltsydningen i 1100-tallet. Salt var meget værdifuldt. Som brændsel til sydningen blev de mange træer fældet, og i midten af 1600 tallet var der ikke flere træer på øen, og saltsydningen stoppede. Svenskerne hjalp også til med at skovene forsvandt ved at sætte ild til skovene under svenskerkrigen. Så var der åbent for enorme sandstorme. På nordøen æder havet af kysten og på sydkysten dukker nyt land op – kaldet Rønnerne. De næste 2-300 år var der ingen træer på øen, og skulle man bygge et hus eller en stald, måtte man have fat i strandgods. Det var ikke først til mølle for at få fat i strandgodset, i det bønderne havde i et område aftalt, hvem der måtte hente strandgods ved næste

stranding.

I 1902 begyndte man at plante træer, i dag er der masser af fyrre- og birketræer på øen. Det er vigtigt at vedligeholde åbne arealer, så træerne fældes også. Noget træ bruges til pejsebrænde og andet bliver lavet til flis og sendt til fastlandet.

Geologisk er Læsøs blåler grundlaget for hele livsgrundlaget. Lerlaget under øen er op til 180 meter tykt. Over dette ler ligger et lag sand på mellem 3 og 15 meters tykkelse. Det betyder, at der ikke er meget landbrug, selv om man har forsøgt at blande husdyrgødning og tang i sandet for at øge udbyttet. Men leret gør, at grundvandet er meget salt, og i 1991 begyndte man igen at syde saltet. Stor turistattraktion.

Vi bor i hytter på Læsø Camping – og hytteby. Der er booket 10 hytter. En del af maden laver vi i fællesskab. Når vi skal rundt på øen benytter vi den gratis bus eller lejer cykler. Køreplanen for 2025 er ikke tilgængelig endnu.

Vi er på øen i tre hele dage, og der er masser at opleve. Nogle af deltagerne vil gerne gå med på lange ture eller cykle ud over stepperne, andre vil på kortere ture. Lise har bilen med, så nogle deltagere kan blive kørt.



Programmet på nuværemnde tidspunkt:

Onsdag den 28. maj: Ankomst - flere færger til øen – og indkvartering

Torsdag den 29.: Bus til Byrum. Her bliver vi hentet af Rønnebussen til en to timers meget interessant og lærerig køretur ud over Rønnerne. Praktisk tøj nødvendigt. Læs om bussen www.roennerbussen.dk

Derefter opleves saltsydning med mulighed for at købe salt i alle mulige afskygninger.

Vi mødes derhjemme og spiser sammen.

Fredag den 30.: Bussen til Hedvigs Hus, som i august 2024 er ved at få lagt et ekstra lag tang oven på taget. Henning, som er tækkemand, vil gerne fortælle om arbejdet ved huset.

(www.laesoe-museum.dk/afdelinger/hedvigs-hus)

Hvis busplanen tillader det, fortsætter vi til Museumsgården. En meget stor nyrenoveret gård.

Vi mødes derhjemme og spiser sammen

Lørdag den 31.: En halvdags tur til Læsø Tang, se (www.laesotang.dk), hvor vi kan spise en lækker frokost med forskellige tangprodukter. Mulighed for at købe deres dejlige økologiske produkter.

Hvis man hellere vil ud på en cykeltur, kan man

leje en cykel og køre på en af de mange cykelruter der er. Der er nærmest ingen bakker på øen, og det er jo herligt.

Søndag den 1. juni: Hjemrejse.

Læs mere om turen på www.Geografforbundet.dk. Kontakt gerne turansvarlig Lise Rosenberg, som var på researchtur på øen i august 2024.

Lr@Geografforbundet.dk / 2239 7777

Tilmeldingsfrist: 5. januar 2025

Pris for medlemmer 1.600 kr.

Tilmelding og betaling på www.Geografforbundet.dk

Pris for ikke-medlemmer 1.900 kr.

Betaling sker ved Mobile Pay 609877 og derefter tilmelding til: Lise Rosenberg

Pris dækker: Færgen til/fra Læsø. Overnatning i hytter med eget bad og køkken. Tur med Rønnebussen, div foredrag og entrebilletter, morgenmad og frokost, næsten hver dag. *Måske* et enkelt aftensmåltid.

MÅNEDENS LINK

En lige til højrebænet! Vil du selv gå på opdagelse i vores eget solsystem? Her kan man kigge på alle vores planeter og måner – med andre ord - google maps 'Globe View' på andre planeter:



www.google.com/maps



Guideline:

- Brug 'Google Maps' på din computer eller tablet.
- Klik "Satellite" muligheden i nederste venstre hjørne.
- Klik "Layers" knappen i nederste venstre hjørne og aktiver 'Globe view' - scroll derefter ud så langt du kan – og vælg evt. den planet du vil se nærmere på.

HER ER DIN STYRELSE



Lars Bo Kinnerup

Forperson for geografforbundet, forlagsbestyrelsen, fagudvalget, kontakt til Nationalkomiteen for Geografi
Lektor på læreruddannelsen
lbk@geografforbundet.dk



Iben Dalgaard

Næstforperson for geografforbundet, forperson kursusudvalget. Pensioneret naturfagskonsulent,
ida@geografforbundet.dk



Jens Korsbæk

Kasserer og forperson for GO Forlags bestyrelse
Cand scient.
jkj@geografforbundet.dk



Kristian Nordholm

Fagudvalget, Uddannelseskonsulent.
Cand. scient i geografi.
kn@geografforbundet.dk



Mikkel Strange

Fagudvalget, lærer
ms@geografforbundet.dk



Myuran Balasubramaniam

Kursusudvalget, forlagsbestyrelsen, lærer
mb@geografforbundet.dk



Susanne Rasmussen

Forlagsbestyrelsen, fagudvalget, lærer
sur@geografforbundet.dk



Mette Starch Truelsen

Suppleant
mst@geografforbundet.dk



Lise Rosenberg

Suppleant
lr@geografforbundet.dk



Portaler til naturfag

Xplore til din undervisning i udskolingen

Undersøgende naturfagsundervisning

Xplore Biologi, Fysik/kemi, Geografi og Fællesfagligt udgør tilsammen et komplet system af portaler til naturfagene i 7.-9. klasse. Læremidlerne er opbygget med fokus på den undersøgende tilgang, naturfaglig fællesfaglighed og gør det nemt for dig at skabe sammenhæng mellem fagene.

Fokus på fællesfaglighed

Med Xplore-portalerne får du komplette undervisningsforløb til en travl hverdag, hvor der er tænkt på både faglig progression, faglig fordybelse og fællesfaglighed.

For hvert klassetrin findes tre tværfaglige forløb, og i portalen Xplore Fællesfagligt findes materiale specifikt tilrettelagt til de fællesfaglige fokusområder og den fællesfaglige naturfagsprøve. Læremidlerne indeholder desuden fælles emner med systemportalen Xplore Matematik.

Se alle portalerne på xplore.dk

Læs mere og bestil gratis prøveabonnement på
goforlag.dk

GO
FORLAG