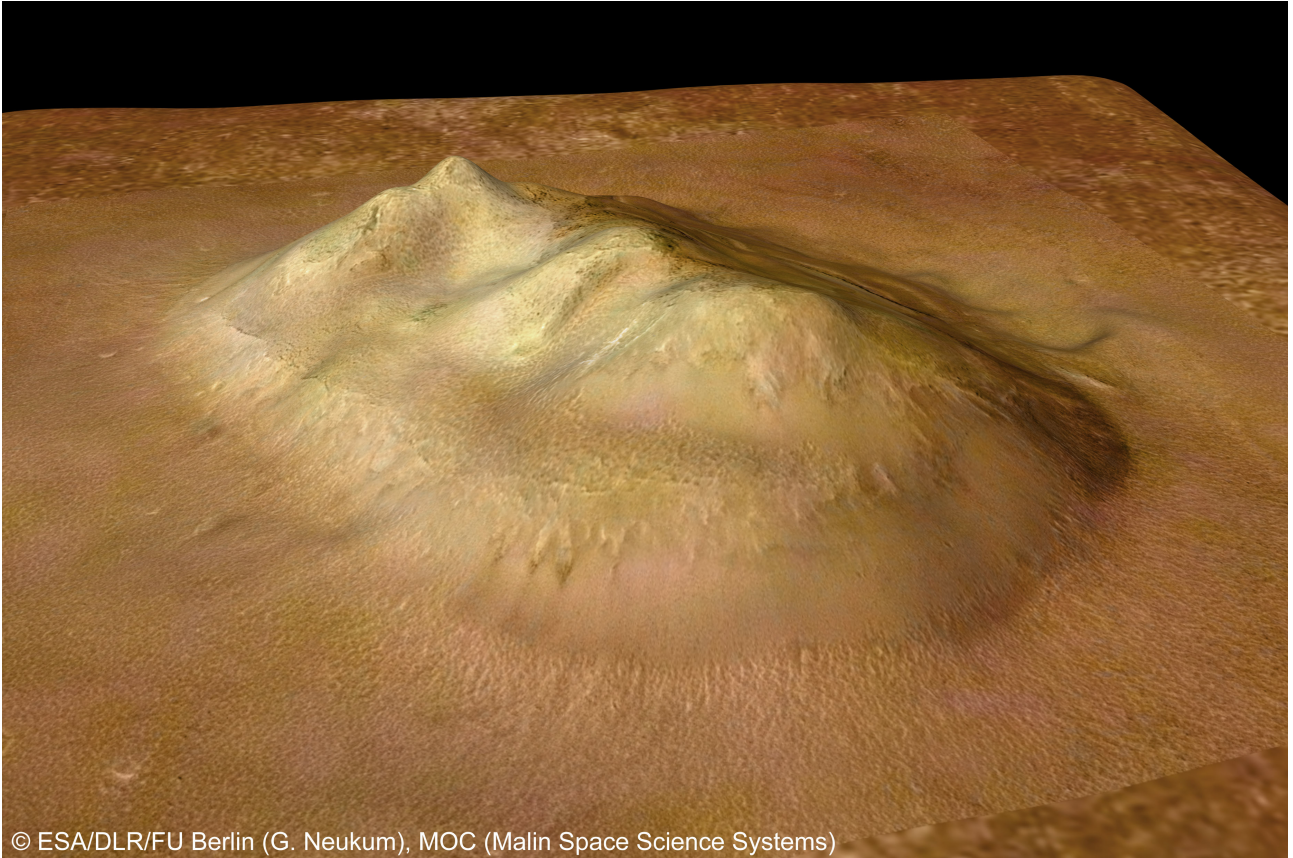




© ESA/DLR/FU Berlin (G. Neukum), MOC (Malin Space Science Systems)

Foto taget af ESA. Cydonia sletten på Mars. (Marsansigtet set tæt på.)

Liv i rummet

Indholdsfortegnelse.

0. Indledning.	3
1. Astrobiologi.	3
2. Betingelser for liv.	5
2.1. Flydende vand.	5
2.2. Bestemmelse af temperatur og tryk på fremmede kloder.	5
2.3. Spitzer-fakta.	7
2.4. Steder at søge efter livsbetingelser.	8
2.5. Phoenix-missionen. (Mars.)	10
3. Livets byggesten.	13
3.1. Atomdannelse.	13
3.2. Molekyledannelse.	14
4. Kometers rolle som transportbærer af molekyler og vand.	18
5. SETI – Search for Extra Terrestrial Intelligence.	21
5.1. Observationer.	21
5.2. Signalanalyse.	22
5.3. Har E. T. allerede været på besøg?	25
6. Konklusion.	29
7. Opgaver.	30

0. Indledning

Mennesker overalt fra alle kulturer og religioner stiller før eller siden sig selv spørgsmålet om, der findes liv andre steder end på Jorden. Som nedenstående argumenter antyder, spiller det ikke nogen større rolle om man er religiøs eller ej for at kunne svare ja til spørgsmålet om, der er mulighed for at finde liv andre steder i Universet.

Hvis man antager, at livet er blevet dannet ved en tilfældighed, er det logisk også at antage, at livet er dannet i andre stjernesystemer ved tilfældighedernes spil. Bare mulighederne er til stede, skulle livet kunne udvikle sig. Da der alene i Mælkevejen er milliarder af stjerner, der er tilstrækkeligt isolerede til at have mulighed for stabile planetsystemer, og da der findes ihvertfald 125 milliarder galakser¹, så skulle der nok også være mulighed for, at livet er opstået på flere planeter i Universet.

Hvis man ikke tror på tilfældighederne i livets opståen, men hælder til en skabelse lavet af en højere intelligens, kan man alligevel godt formode, at livet findes mange andre steder. For hvorfor skulle Gud/Skaberen lave så mange galakser/stjerner/planeter og så kun sætte liv på en eneste? Dette ville forekomme som en ren ødslen med plads.

Et er at føre rundbordsdiskussion om, der findes liv på andre planeter, noget andet er at kigge efter på en nogenlunde fornuftig måde. Enhver kan jo forestille sig, at det er umuligt at undersøge alle stjernesystemer hele tiden, og det er med vores teknologi også umuligt at rejse ud til de andre stjerner og kigge efter. Eftersom der er 1,31 pc² til vores nærmeste nabo, Proxima Centaurus, vil det tage i størrelsesordenen 100.000 år for et rumskib at flyve derud, hvis man bruger almindelige raketter. (Med ion-motorer går det hurtigere – så er rejsetiden ca. 10.000 år.)

At lede efter ekstraterrestrielt liv synes som en formidabel opgave, men alligevel er der forskere, der har sat opgaven i system, og de har dermed dannet en ny videnskabsgren – *astrobiologien*.

1. Astrobiologi

Nedenstående er et ekstrakt af NASA's egen forklaring på, hvad astrobiologi er. Interesserede kan læse mere på adresserne www.astrobiology.arc.nasa.gov samt www.seti.org. De spørgsmål, der i astrobiologien ønskes besvaret, er:

- Hvordan opstår og udvikler liv sig?
- Eksisterer der liv andre steder i Universet?
- Hvad indeholder fremtiden for livet på Jorden og uden for Jorden?

I dag er der opdaget flere planeter udenfor vores solsystem end i det; man har opdaget, at livet set under et er langt mere levedygtigt end hidtil antaget (se tabel 1.1 på næste side for eksempler på særligt levedygtige organismer - de såkaldte ekstremofiler), der er tydelige spor efter vand på Mars, livet på Jorden opstod for ca. 3,8 milliarder år siden, dvs. 'kun' ca. 700 millioner år efter, at Solsystemet blev dannet, og livsformer fra Jorden kan overleve i flere år i rummet uden særlig beskyttelse.

Derfor må der også være basis for at fremkomme med tesen, at livet ikke kun er muligt her på Jorden.

1 <http://hypertextbook.com/facts/1999/TopazMurray.shtml>

2 1 pc = 3,26 lysår = 3,086 · 10¹⁶ m.

Liv på grænsen	
Sted/tilstand	Livsform
Varmeste, 113 °C, (Vulkanø, Italien.)	Pyrococcus furiosus
Koldeste. (Antarktis.)	Cryptotendolithotrophs
Dybeste, 3,5 km. (Landområder.)	Bakterier fundet i underjordiske klipper.
Sureste miljø, pH<0.	Uklassificerede organismer voksende på materialer i huler.
Mest alkaliske miljø, pH>11.	Alkaliphiliske bakterier.
Højeste strålingsmiljø. 5 Mrad = 50 kGy	Deinococcus radiodurans.
Ubeskyttet i rummet, 6 år.	Bacillus subtilis.
Længste rejse ubeskyttet, Kamera på Månen. (3 år).	Streptococcus mitis.
Længste dvaletilstand, 20-40 Myr. Fundet i tarm på rav-indhyllet bi.	Bakterier.
Dybest og højeste tryk, p = 1200 atm. (Marianer-graven.)	Dybhavsdyr.
Mest salte område, 30 % saltkoncentration.	Halophiliske bakterier.

Tabel 1.1. Eksempler på ekstremofile – bakterier, der kan overleve i omgivelser, man ikke normalt forbinder med at kunne opretholde liv.

En biologisk tilgang til astrobiologien³ er gennemgået i den del, der er skrevet af Vagn Kjeldsen.

³ Man kan nok med nogen ret sige, at ægte astrobiologi kræver inddragelse af biologi.

2. Betingelser for liv

2.1. Flydende vand

For at celler, som vi kender dem, skal kunne eksistere, skal de have et opløsningsmiddel at fungere i. Her på Jorden er vand det oplagte opløsningsmiddel. Vand er oplagt, da der findes store mængder af det i Jordens lithosfære og vandmolekyler er polære, dvs. de ødelægger ikke fedtceller, som cellemembraner er lavet af.

Vi kender normalt vand som værende flydende i temperaturintervallet 0-100 °C. Dette er dog under forudsætning af, at trykket er omkring 1 atm. (1 atm = 1013 hPa.) Som figur 2.1 viser, kan vand være flydende ved andre temperaturer end i intervallet 0-100 °C, såfremt det findes under andre tryk.

Af figuren kan man se, at vand kan være flydende fra omtrent -25 °C (Tryk omkring 0,5 GPa) og op til 374,1 °C. (Ved trykket 22,12 MPa.) Til højre for det kritiske punkt, opfører vand sig anderledes, og det vil vi ikke se på her.⁴

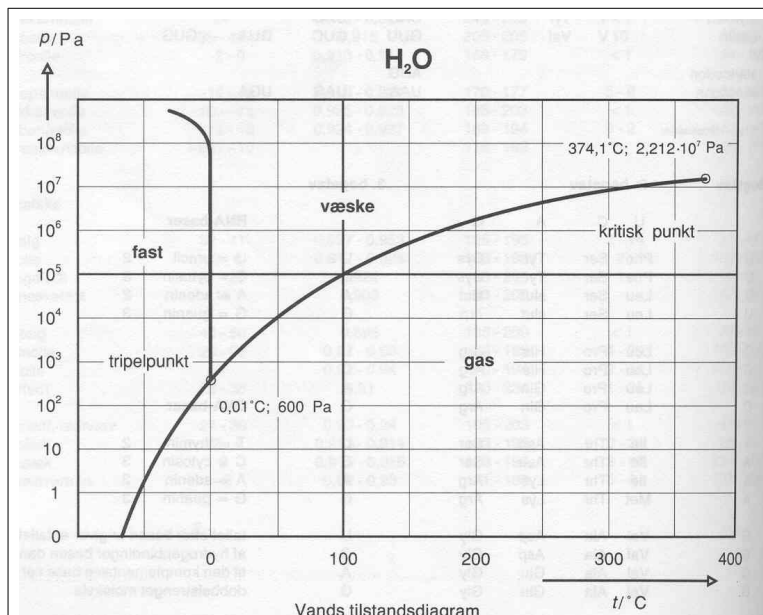


Fig. 2.1. Kilde: DATAbogen, F & K-forlaget side 140. (8. udg, 1. oplag.)

2.2. Bestemmelse af temperatur og tryk på fremmede kloder

Her på Jorden er det ret nemt at måle tryk og temperatur, da vi let kan anbringe et barometer og et termometer i de områder, vi vil udforske. Men hvordan gør man på fremmede kloder?

Svaret for Solsystemets planeter er i princippet indlysende simpelt – man bygger en rumsonde, som flyver hen til de ønskede planeter, og så måler man parametrene, hvorefter resultaterne sendes tilbage til Jorden.

På den måde kender vi allerede data for flere af Solsystemets planeter og Måner. Se tabel 2.1.

Hvis man derimod vil bestemme tryk og temperatur for kloder udenfor Solsystemet, kan man med vores teknologi ikke flyve måleudstyr derhen. Derfor må man ty til andre metoder. Man kan for eksempel måle temperaturen på en fjern planet vha. kikkerter.

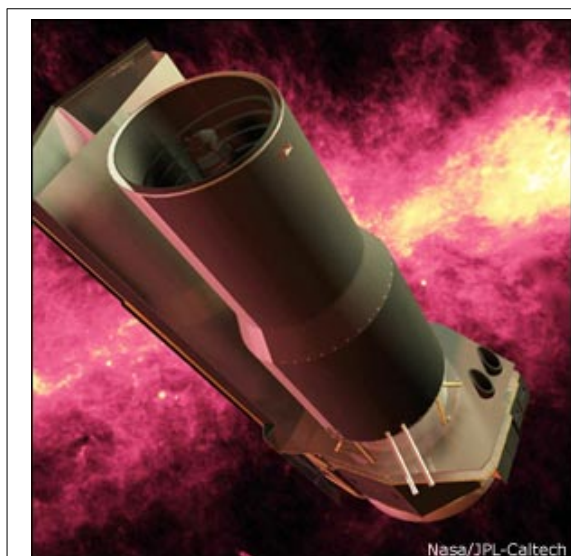


Fig. 2.2. NASA har lavet Spitzer Space Telescope. Et infrarødt observatorium.

Kilde: NASA.

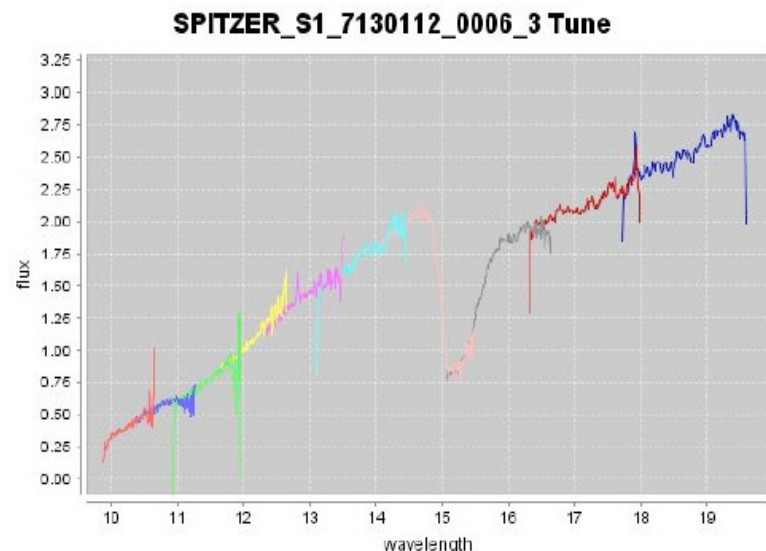
4 På smeltegrafen står temperaturen 0,01 °C anført – den gælder ved 600 Pa. Ved 1013 hPa er temperaturen faldet til 0,0 °C. (Smeltegrafen hælder med hældningstallet $-1,29 \cdot 10^7$ Pa/K.)

Således har Spitzer Space Telescope f.eks. målt dag- og nattemperaturer på en Jupiterlignende planet omkredsende stjernen **ε Andromeda**. (Planeten har bogstavet B. Der er 3 planeter om denne stjerne.) Metoden her går ud på at måle det infrarøde lys, som planeten udsender. Hvis man måler det igennem et gitter eller et prisme opspaltes lyset ved diffraktion i et spektrum – ligesom man kan se en regnbue, når sollyset brydes i regndråber. Hvis man analyserer spektrallinierne, kan man bestemme temperaturen. Se figur 2.3.

Du kan på intranettet se et lille tv-indslag om målingen af temperaturen. Filmen hedder *EpsAndB-temp.m4v*.

Resultatet for planeten var, at dens atmosfæretemperatur varierede med over 1400 °C mellem nat og dag! Dvs. vi med sikkerhed kan sige, at liv, som vi kender det, slet ikke har en chance på den klode.

At måle temperatur og tryk i en atmosfære kan ske, ved at man analyserer spektrallinierne⁵. Dette gøres allerede nu for stjerneatmosfærer. Efterhånden som den teknologiske udvikling giver bedre og bedre måleudstyr, vil man sikkert engang i fremtiden kunne måle temperatur og trykforhold på planeter langt fra vores solsystem.



Figur 2.3. Et spektrum af en stjerne – men det kunne ligeså godt være fra en planet. Kilde: www.spitzer.caltech.edu.

(Små)Planet/månenavn	Atmosfæretemperatur/K Min-Gennemsnit-Max	Atmosfæretryk/MPa
Merkur	90- 440 -700	~0
Venus	228 ⁶ - 737 -773	9,2
Jorden	185- 287 -331	0,1013
Månen	40- 250 -396	$3 \cdot 10^{-16}$
Mars	133- 210 -293	$0,7 \cdot 10^{-3}$ - $0,9 \cdot 10^{-3}$
Jupiter	110- 152 -XXX	0,070
Saturn	82- 143 -XXX	0,140
Uranus	59- 68 -XXX	0,120
Neptun	50- 53 -XXX	>>0,100
Pluto	33- 44 -55	$0,30 \cdot 10^{-6}$

Tabel 2.1. Kilde: Wikipedia.

⁵ Læs mere her: <http://www.faqs.org/faqs/astronomy/faq/part7/section-3.html>

⁶ Gælder kun i øverste skyer.

2.3. Spitzer – fakta

Spitzer-observatoriet består af en kikkert med en spejldiameter på 0,85 m. Der er tilsluttet udstyr til kikkerten, så observatoriet kan måle lys i bølglængdeområdet 3-180 μm .

Kikkerten er bygget af Lockheed-Martin, og udstyret er lavet af Cornell University, University of Arizona samt Harvard-Smithsonian Center for Astrophysics.

Kikkerten endte i sin endelige bane i 2009 med at flyve i en bane omkring Solen med afstanden 1 AU, men 0,62 AU efter Jorden. (I et såkaldt Lagrange-punkt.) Du kan se dens aktuelle position her: http://www.spitzer.caltech.edu/mission/where_is_spitzer

Apparaturet



Spektrometer, IRS, til at analysere det infrarøde lys. Der er yderligere to instrumenter om bord. Et fotometer samt et infrarødt kamera. (Kilde: www.spitzer.caltech.edu.)



Spitzer inden affyringen i en Delta II-raket.

Parameter	Value
Total Observatory mass at launch	861 kg
Dimensions (height $\times$ diameter).....	4.5 m $\times$ 2.1 m
Average operating power.....	375 W
Solar array generating capacity at launch	500 W
Nitrogen reaction control gas at launch	15.59 kg
Estimated reaction control gas lifetime	17 yr
Mass memory capacity	2 Gbytes
Telescope primary diameter.....	0.85 m
Telescope central obscuration.....	14.2%
Superfluid helium at launch.....	337 l
Estimated nominal cryogenic lifetime.....	5.3 yr
Data transmission rate (high-gain antenna up to 0.58 AU from Earth).....	2.2 Mb s ⁻¹
Command communication rate.....	2 kbps

Lidt Spitzerdata.

Kilde: <http://ssc.spitzer.caltech.edu/pubs/apjss/werner1.pdf>

Podcasts: Hvis du vil se videopodcasts over forskellige resultater fra Spitzer-missionen, kan du prøve dette websted: <http://www.spitzer.caltech.edu/video-audio>. Her kan du også se en podcast omkring målingen af en planets temperatur.

2.4. Steder at søge efter livsbetingelser

Vi ved allerede i dag, at Jorden ikke er det eneste sted, hvor der enten er eller har været flydende stoffer. Nedenfor er der et kort oprids af interessante steder at undersøge for liv.

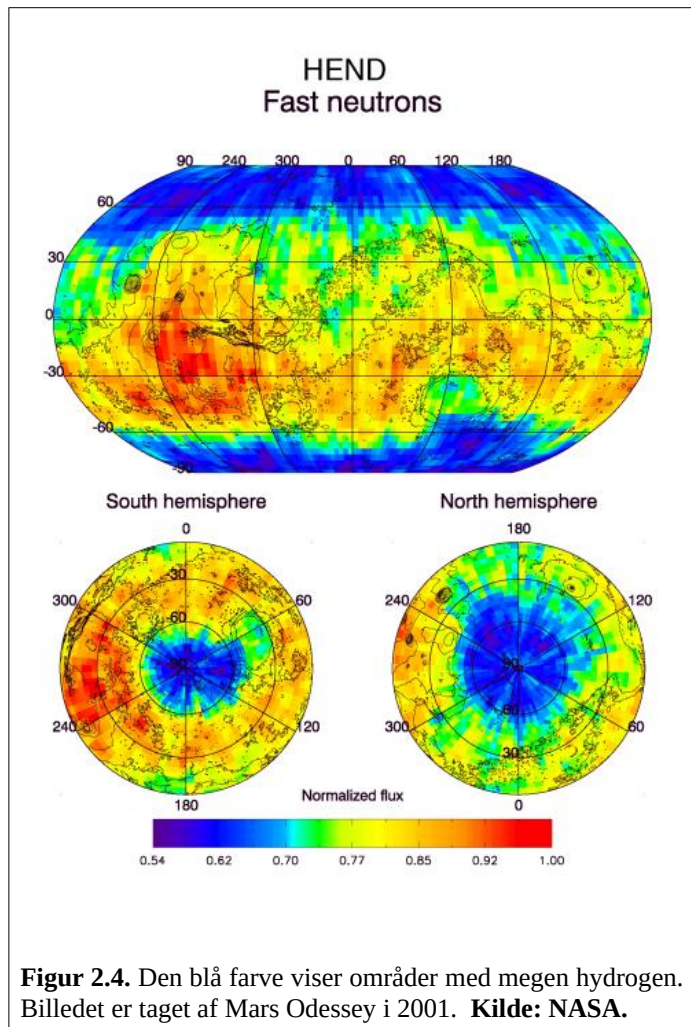
Mars

Mars har engang haft flydende vand på overfladen, men efter at planetens varme-produktion⁷ er aftaget, er vandet henholdsvis fordampet, frosset ned ved polerne, eller trukket ned under overfladen. Flydende vand kan muligvis eksistere i underjordiske lommer, og der kan der være mulighed for at finde liv. Figur 2.4 viser hvor der er høj



Figur 2.5. Området Nanedi Valles hvor væske har skabt et flodleje. Det er lidt usikkert hvordan 'floddeltaet' er dannet, men det må have været et flydende materiale. Billedet er taget af sonden Mars Express.

Kilde: ESA/DLR/FU Berlin (G. Neukum).



Figur 2.4. Den blå farve viser områder med megen hydrogen. Billedet er taget af Mars Odessey i 2001. **Kilde:** NASA.

koncentration af Hydrogen i Mars' overflade.

Hydrogen er hovedbestanddel i vand, men det findes også i mange andre forbindelser. Derfor er det ikke et helt sikkert bevis på, at der er tale om vand. På figur 2.5 kan man se udtørrede lejer.

Pr. 15/3-07 er det lykkedes forskere fra ESA/NASA at finde frossen vand på Mars' sydpol. Området er på størrelse med Texas, og det er ca. 3,7 km tykt. Hvis sådan en klump is smeltede, ville den kunne dække hele planeten i et 11 m tykt vandlag. Dermed må mysteriet om, hvor Mars' forsvundne vand er, være løst. Store dele af vandet har været der hele tiden. Man kan læse mere her: <http://www.esa.int>

⁷ Stenplaneters varmeproduktion kommer fra henfald af radioaktive isotoper i planeten. Hvis planeten er på Mars' størrelse, vil forholdet mellem rumfanget og overfladearealet være så lille, at planeten afkøles hurtigere end for eksempel Jorden. Derved ophører vulkaner samt jordskælv tidligt i dens 'liv', og atmosfæren degenererer dermed. Uden atmosfære vil drivhuseffekten på planeten ophøre, og den vil blive afkølet kraftigt.

Europa

Galileo-missionen har vist, at Jupiters måne, Europa, måske har et flydende hav under dets iskappe. Astrobiologer vil i fremtiden undersøge nærmere, om der er flydende vand på Europa, samt om der findes præbiologiske organiske stoffer. (Stoffer, der bruges som byggestene for liv.)

På figur 2.6 kan man se Europas rillede overflade, som indikerer, at der er flydende materiale under overfladen. Det gør den interessant for astrobiologerne.

Titan

Saturn-månen Titan er den eneste måne i Solsystemet med en tyk atmosfære samt en avanceret sammensætning af organiske molekyler. Atmosfæren består, ligesom vores egen atmosfære, primært af kvælstof.

Cassini-missionen lod i 2005 en probe dumpe ned gennem Titans atmosfære og proben foretog målinger undervejs; senere målinger har blandt andet påvist aminosyrer samt 5 nukleotidbaser, som kan bruges til at bygge DNA. Det er adenin, cytosin, thymin, guanin og uracil og aminosyrerne er glycin og alanin⁸.

Resultaterne strømmer ind, så prøv at finde oplysninger om Titan på Internettet. (Se opgave 2.4.)

Kometer

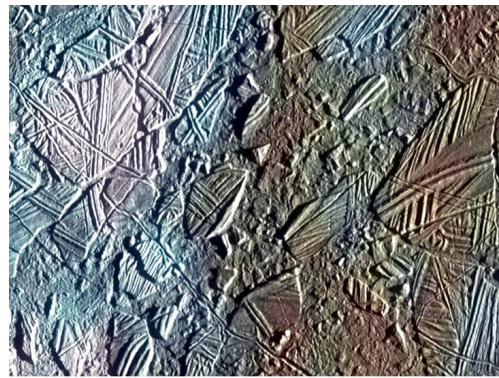
Vi ved allerede nu, at kometer indeholder store mængder vand samt aminosyrer. Kometerne har muligvis leveret aminosyrer til Jorden, før livet opstod på Jorden. Da kometer ofte kommer meget tæt på Jorden, er det oplagt at undersøge disse. Derfor er der flere projekter i gang, som skal udmønte i sonder, der sendes mod kometer for at tage prøver og sende dem retur til Jorden.

For eksempel fløj sonden *Stardust* (opsendt 7/2-1999) til kometen Wild 2, ankom i januar 2004, tog prøver og returnerede dem til Jorden, så vi fik dem i 2006. På Wild 2 fandt man også glycin, og man fandt mange spændende egenskaber ved kometer. Du kan læse mere på siden:

<http://stardust.jpl.nasa.gov/news/news116.html>.

Muses-C/Muses-CN lettede i januar 2002 og skal hjembringe prøver fra asteroiden 25143 Itokawa.

Rosetta-missionen, som startede 2/1 2004 fløj mod komet 67 P/Churyumov-Gerasimenko og landede på kometen i 2014. Landingsmodulet Philae studerede kometens overflade, indtil den løb tør for batterier. Der findes opdaterede oplysninger om denne mission på webstedet <http://rosetta.esa.int/>.



Figur 2.6. Europa set på tæt hold. Kilde: <http://www2.jpl.nasa.gov/galileo/images/topTen02.html>.



Figur 2.7. Titans overflade. Kilde: http://esamultimedia.esa.int/images/cassini_huygens/huygens_land/Picture7.png.

⁸ <http://www.sciencedaily.com/releases/2010/10/101008105847.htm>

Der er mange flere missioner, som er beskrevet på hjemmesiden <http://astrobiology.nasa.gov/missions>.

2.5. Phoenix-missionen (Mars)

I forrige afsnit kunne man læse om egnede steder at undersøge. Mars har allerede været besøgt flere gange, men vi er slet ikke færdig med den planet endnu.

Phoenix-missionen gik ud på at anbringe et måleapparat på Mars. Dette apparat målte indholdet af H_2O og diverse mineraler i marsjorden, samt mængden af CO_2 i atmosfæren. Marsjordens pH-værdi skulle også bestemmes. Disse data giver mulighed for at finde ud af om Mars-mudder kan danne grobund for liv.

De tre hovedspørgsmål, der søges besvaret er

1. Hvordan har den tidlige udvikling af vand ved Nordpolen på Mars set ud?
2. Er der mulige levesteder for mikrober?
3. Hvilke muligheder for liv har området mellem is og mudder et stykke nede i Marsjorden?



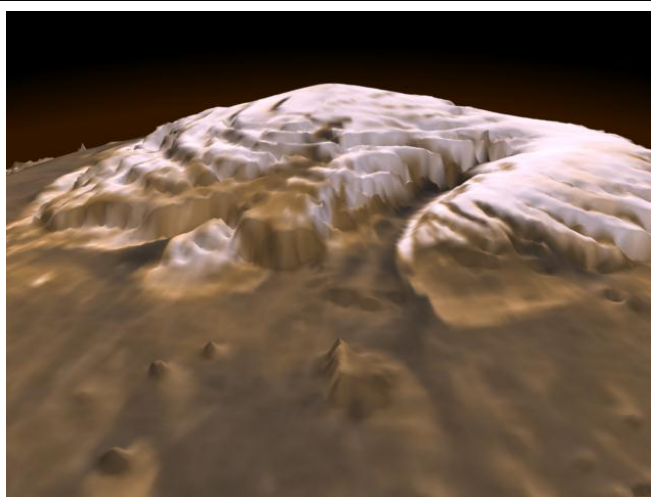
Figur 2.8. En tegners ide om hvordan Phoenix ser ud på overfladen af Mars. **Kilde:** jpl.nasa.gov.

Måling på H_2O

I dag er der kun vandis eller vandgas på Mars. Flydende vand findes normalt ikke. Der er dog tegn på nylige vandudslip fra undergrunden, men når dette vand når op til overfladen, fordamper det meget hurtigt, så flydende vand er yderst sjældent og kortvarigt.

Flydende vand fandtes måske ved polerne for bare 100 kyr siden. Grunden til, at Marspolerne med ca. 100 kyr tidsrum kan have flydende vand, er at Mars' rotationsakse flytter sig – ligesom rotationsaksen på en snurretop ændrer sig, når farten af den aftager.

Dette er interessant, da astrobiologer i dag har fundet ud af at f.eks. sporer kan overleve i iskolde, iltfrie og helt tørre omgivelser i millioner af år, for - når de rette betingelser igen opstår, at genoptage stofskiftet.



Figur 2.9. Tre-dimensionalt billede af Mars' nordpol. Billedet er lavet af Mars Orbiter Laser Altimeter. Kappen er ca. 1200 km i diameter og isen er på det tykkeste sted 3 km. Der er kløfter over 1km dybe. Islaget er i gennemsnit 1,03 km tykt og rumfanget af isen er $1,2 \cdot 10^6$ km³. (Det svarer til ca. halvdelen af Grønlands iskappe.) **Kilde:** gsfc.nasa.gov.

Ved at undersøge is fra polerne er det håbet, at meteorologer bliver så gode til at modellere Marsklimaet, at de vil kunne blive i stand til at forudsige, hvor evt flydende vand vil opstå i fremtiden.

Nordpolsisen udgør i øvrigt kun 10 % af den krævede vandmængde for at have vand nok til ur-havet på Mars. Den resterende vand ligger på Sydpolen samt nedfrosset under det meste af Mars' overflade. Dermed er der også en lille chance for, at der findes underjordiske steder på planeten, der har flydende vand.

Men hvorfor er vand nu så vigtigt?

Hvis celler skal kunne overføre kemiske forbindelser (ioner), skal det ske i et opløsningsmiddel. Vand er et sådant middel, og vand har også den egenskab, at det ikke ødelægger cellerne. Et opløsningsmiddel som f. eks. alkohol opløser fedt, hvilket kan ødelægge celler.

Vanddamp og is er også opløsningsmidler, men deres evne til at transportere kemiske forbindelser er meget ringere end for vand.

Celleprocesser kræver proteiner som katalysatorer i deres stofskifte, og proteiner kræver vand for at kunne katalysere ordentligt.

Vand har også den klare fordel, at det er flydende over et relativt stort temperaturinterval, og når det endelig fryser, så flyder isen ovenpå og virker som isolator for vandlagene nedenunder.

Endelig har vand den fordel, at vandmolekyler er polære – dvs. kemiske forbindelser som salt og sukker er letopløselige i vand, mens fedtstoffer ikke er. Derfor kan energi nemt transporteres i vand, og cellemembraner, som er lavet af fedt, går ikke i stykker i vand.

Jordbundsanalyse

Phoenix-roveren kan grave jordprøver op og opvarme jorden i små ovne, så den afgiver nogle af de gasser, som den indeholder. Disse gasser opfanges af en gas-analysator, som derefter kan måle mængden af CO₂, vanddamp, kvælstof, kulstof og fosfor. Dermed kan man finde ud af om Marsjorden har tilstrækkelig med kemisk potentiel energi til, at mikrober kan overføre energi ved elektronbytning. (Her på Jorden afgiver glukose elektroner, mens ilt optager dem, men på Mars kan det være andre molekyler og ioner, der sørger for den proces.)

Marsjorden bliver også opløst i vand, så pH-værdi og salinitet⁹ kan undersøges. Der skal også tjekkes, om der er mange frie radikaler, der jo er cellegifte.

Jordeksperimenter fra Marslaboratoriet i Århus viser, at hvis man graver dybt nok (nogle cm), så vil Jorden skærme for de radikaler, som Solens UV-lys vil lave, og derfor tror vi, at Marsjorden under overfladen kan levere gunstige livsbetingelser.



Fig. 2.10. Vanddråber på blade ombord på ISS. **Kilde:** NASA/JSC/Petit.

⁹ Salinitet = saltindhold.

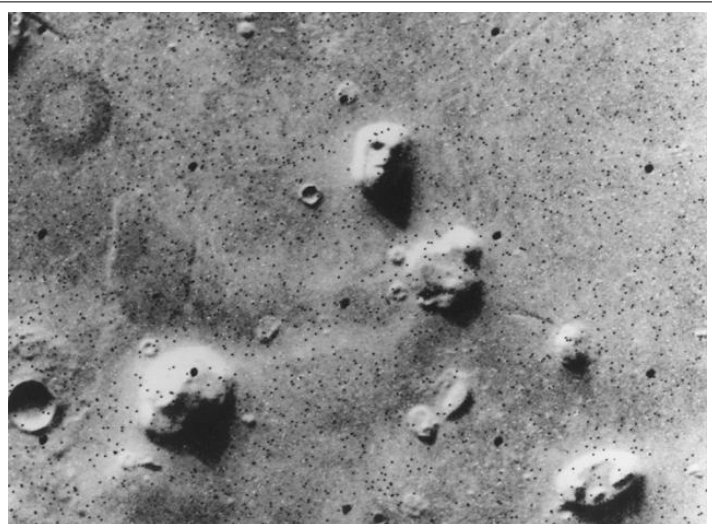
Resultater

Phoenix har blandt andet fundet perchlorat i Marsjorden – et materiale som mikrober her på Jorden kan bruge som føde. Der er fundet spor af flydende vand i marsjorden, det sner jævnligt deroppe og desuden mange andre ting. Læseren anbefales at besøge <http://phoenix.lpl.arizona.edu> for at lære mere om missionen.



Phoenix-missionen er færdig nu, da solpanelerne på sonden er dækket til af is. Missionen viste sig dog at være mere levedygtig end beregnet, så den var en succes.

Danmark er også deltager i udforskningen af Mars. F.eks. har Århus Universitet et Marslaboratorium. Du kan læse mere om dette laboratorium på følgende adresse: <http://www.marslab.dk/>



Marsansigtet, som nogle troede var et tegn på liv. Se et nyere billede på forsiden af denne note. Et 'for sjov'-billede.

3. Livets byggesten

Alt (pånær elektromagnetisk stråling samt ikke-baryonisk stof og mørk energi) er opbygget af atomer og molekyler. Levende organismer er bygget op af lange komplicerede molekyler – f.eks. DNA-molekyler, proteiner mv. Det er derfor naturligt at spørge, hvordan atomerne og molekylerne overhovedet er blevet dannet.

3.1. Atomdannelse

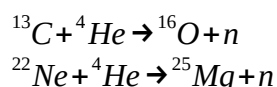
I Big Bang blev der dannet ca. 75 % brint og 25 % helium. Der blev også dannet minimale mængder lithium og beryllium. Alle andre grundstoffer er dannet i stjerner ved fusionsprocesser, neutronreaktioner samt i stjerneeksplosioner – supernovaeksplosioner. Der er muligvis også dannet grundstoffer ved kollisioner mellem neutronstjerner.

Grundstoffer op til Ni-62 ($Z=28$) dannes i fusionsprocesser i tunge stjerners indre, hvorved energi kan frigøres. Ni-62 har en bindingsenergi på 8,795 MeV. (Fe-56 har en bindingsenergi på 8,790 MeV.) Tungere grundstoffer kan ikke dannes ved fusion af atomkerner, da disse processer kræver energi. De øvrige grundstoffer dannes derimod ved neutronindfangning og radioaktivt henfald. Nedenfor er nævnt de forskellige dannelsesprocesser for grundstoffer tungere end jern.

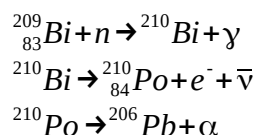
S-processen

s-processen (sløv) forekommer i røde giganter og supergiganter. Her sker der en 'stille' neutronudstrømning på ca. 10^5 - 10^{11} neutroner/cm² pr. sek, og disse neutroner kan ramme f.eks. jern, så endnu tungere grundstoffer kan dannes. Bemærk at hele kernen ikke er blevet til jern endnu, da stjernen ellers ville kollapse.

Neutronerne, som bidrager til s-processerne kan f.eks. dannes ved at C-13 eller Ne-22 fusionerer med He-4. Disse processer skriver man på følgende vis:



Processerne fortsætter indtil Pb-206. Pb-206 absorberer 3 neutroner og henfalder så til Bi-209, som bestråles af en neutron; den henfalder tilbage til Pb-206. Skrevet op ser de sidste s-processer ud som følger:



s-processen når ikke at danne alle grundstoffer med atomtal 27-82. Mange af grundstofferne med $Z < 82$ dannes også ved r-processen (se næste side.) I tabellen herunder ses nogle af de grundstoffer, som fortrinsvist dannes ved s-processen.

Z	Symbol	Navn	Z	Symbol	Navn
38	Sr	Strontium	56	Ba	Barium
39	Y	Yttrium	57	La	Lanthan
40	Zr	Zirkonium	58	Ce	Cerium

41	Nb	Niobium	82	Pb	Bly
----	----	---------	----	----	-----

R-processen

r-processen (ræs) sker når neutronstrømmen er 'stor' (omkring 10^{22} neutroner/cm² pr. sek.) – for eksempel i en supernovaeksplosion, hvor elektroner presses ind i protoner og danner neutroner. Eller når to neutronstjerner kolliderer. Processen går så stærkt, at de nye isotoper ikke kan nå at henfalde ved beta-henfald, før de atter modtager neutroner. Dermed kan de tungeste naturlige grundstoffer dannes. (Uran.) Hvis atommasserne overstiger ca. 270 u vil de også kunne henfalde ved spontan fission, og derfor bliver de allertungeste grundstoffer ekstremt sjældne.

Tabellen nedenfor viser nogle grundstoffer, der fortrinsvist er lavet ved r-processen.

Z	Symbol	Navn	Z	Symbol	Navn
33	As	Arsen	67	Ho	Holmium
35	Br	Brom	68	Er	Erbium
44	Ru	Ruthenium	69	Tm	Thulium
47	Ag	Sølv	71	Lu	Lutetium
52	Te	Tellurium	75	Re	Rhenium
53	I	Iod	76	Os	Osmium
54	Xe	Xenon	77	Ir	Irridium
55	Cs	Cæsium	78	Pt	Platin
63	Eu	Europium	79	Au	Guld
64	Gd	Gadolinium	90	Th	Thorium
65	Tb	Terbium	92	U	Uran
66	Dy	Dysprosium			

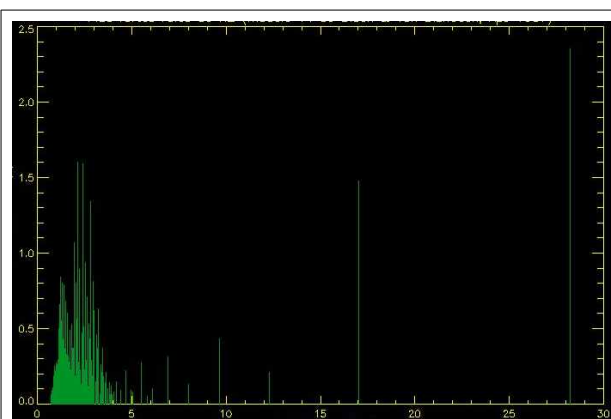
Begge tabellers data er taget fra en kilde som henviser til:

<http://kencroswell.com/alchemy.html>

3.2. Molekyledannelse

Som beskrevet i biologidelen af disse noter, kan aminosyrer dannes ved kraftige udladninger (lyn) i en blanding af mindre molekyler. Det er svært at sige, i hvor stor målestok dette skete på den tidlige Jord. Vi kender dog til gigantiske molekylefabrikker – nemlig verdensrummet. I interstellare tåger (gasskyer) kan molekyler dannes på overfladen af silikater, når gasserne bestråles af stjernelys. Silikaterne er 'sod'-partikler, som er dannet i røde stjerner.

Det er svært at detektere disse molekyler, da molekylespektre har rigtig mange linier – og da der findes mange forskellige molekyler, kan et målt spektrum indeholde utallige linier, som er uhyre svære at identificere korrekt. Hvis man måler spektret fra jordoverfladen, adderes mange linier fra vores egen atmosfære, hvilket komplicerer analysearbejdet endnu mere. På figur 3.1 kan du se spektret for det allermest simple molekyle – nemlig H₂.



Et spektrum af molekylær brint. 1. akse viser bølgelængden i μm . 2. akse viser intensiteten af H₂-linierne.

Figur 3.1. Kilde: www.u-cergy.fr

Alligevel har besværlighederne ikke afholdt radioastronomer fra at bestemme en stor mængde forskellige molekyler i gasskyerne og kometerne. Nogle af molekylerne er rigtig giftige for mennesker, men nogle er også aminosyrer, som kan bruges til at bygge proteiner.

Nedenfor kan du se hvilke identificerede molekyler, der var fundet indtil april 2015. (Kilde: <http://science.gsfc.nasa.gov/691/cosmicice/cometary.html>)

I listen kan man se aminosyren glycin samt molekylet HCN nævnt. HCN-polymerer¹⁰ findes overalt i rummet; bl.a. på overfladen af kometer, som har ramt Jorden. HCN kan bruges til at lave aminosyrer, som proteiner er lavet af. (HCN + H₂O laver heteropolypeptider¹¹, som igen kan lave proteiner.)

Hvis molekylet anført i tabellerne nedenfor er skrevet med blå, er det fundet på både gas- og fast form. Farvet baggrund betyder, at identifikationen er lavet i enten det infrarøde, -visuelle eller det ultraviolette spektrum. Alle øvrige er målt i radio- eller mikrobølgeområdet. Er der anført et '?' betyder det, at detektionen af molekylet ikke er sikker.

10 Polymerer er lange molekylekæder bygget af det samme lille molekyle. I dette tilfælde lange kæder af HCN-molekyler.

11 Polypeptider er peptider indeholdende 10-100 aminosyrer. (Peptider er f.eks. proteiner eller et molekyle indeholdende mere end 1 aminosyre.) Hetero betyder, at de enkelte peptider er bundet til et atom, der ikke er C.

Molekyler med 2 atomer			
H ₂ hydrogen	CO carbon monoxide	CSi carbon monosilicide	CP carbon monophosphide
CS carbon monosulfide	NO nitric oxide	NS nitric sulfide	SO sulfur monoxide
HCl hydrogen chloride	NaCl sodium chloride	KCl potassium chloride	AlCl aluminum monochloride
AlF aluminum monofluoride	PN phosphorus mononitride	SiN silicon mononitride	SiO silicon monoxide
SiS silicon monosulfide	NH imidyl radical	OH hydroxyl radical	C ₂ diatomic carbon
CN cyanide radical	HF hydrogen fluoride	FeO iron monoxide	LiH lithium hydride
CH methyldiyne	CH ⁺	CO ⁺	SO ⁺
SH mercapto radical	O ₂ ? oxygen	N ₂ nitrogen	

Molekyler med 3 atomer			
H ₂ O water	H ₂ S hydrogen sulfide	HCN hydrogen cyanide	HNC hydrogen isocyanide
CO ₂ carbon dioxide	SO ₂ sulfur dioxide	MgCN magnesium cyanide	MgNC magnesium isocyanide
NaCN sodium cyanide	N ₂ O nitrous oxide	NH ₂ amidogen radical	OCS carbonyl sulfide
CH ₂ methylene	HCO formyl radical	C ₃ triatomic carbon	C ₂ H ethynyl radical
C ₂ O ketenylidene	C ₂ S	AlNC	HNO nitrosyl hydride
SiCN silicon monocyanide	N ₂ H ⁺	SiNC	c - SiC ₂ silicon dicarbide
HCO ⁺ formyl cation	HOC ⁺	HCS ⁺	H ₃ ⁺
OCN ⁻ solid-phase only			

Molekyler med 4 atomer			
NH ₃ ammonia	H ₂ CO (?) formaldehyde	H ₂ CS thioformaldehyde	C ₂ H ₂ acetylene
HNCO isocyanic acid	HNCS thioisocyanic acid	H ₃ O ⁺ hydronium ion	SiC ₃
C ₃ S	H ₂ CN	c - C ₃ H	/ - C ₃ H
HCCN	CH ₃ methyl radical	C ₂ CN cyanoethynyl radical	C ₃ O
HCNH ⁺	HOCO ⁺ protonated CO ₂		

Molekyler med 5 atomer			
CH ₄ methane	SiH ₄ silane	CH ₂ NH methyleneimine	NH ₂ CN cyanamide
CH ₂ CO ketene	HCOOH (?) formic acid	HCC-CN cyanoacetylene	HCC-NC isocyanoacetylene
c - C ₃ H ₂	/ - C ₃ H ₂	CH ₂ CN cyanomethyl	H ₂ COH ⁺ protonated formaldehyde
C ₄ Si	C ₅	HNCCC	C ₄ H

Molekyler med 6 atomer			
CH ₃ OH methanol	CH ₃ SH methanethiol	C ₂ H ₄ ethylene	H(CC) ₂ H diacetylene
CH ₃ CN methylcyanide	CH ₃ NC methylisocyanide	HC(O)NH ₂ formamide	HCC-C(O)H propynal
HC ₃ NH ⁺ protonated cyanoacetylene	HC ₄ N cyanopropenylidene	C ₅ N	C ₅ H
H ₂ CCCC butatrienylidene			

Molekyler med 7 atomer			
CH ₂ CH(OH) vinyl alcohol	c - C ₂ H ₄ O ethylene oxide	HC(O)CH ₃ acetaldehyde	H ₃ C-CC-H methylacetylene
CH ₃ NH ₂ methylamine	CH ₂ CH(CN) acrylonitrile	HCC-CC-CN cyanobutadiyne	C ₆ H hexatriynyl radical

Molekyler med 8 atomer		
CH ₃ COOH acetic acid	HC(O)OCH ₃ methyl formate	HOCH ₂ C(O)H glycolaldehyde
H ₃ C-CC-CN cyanomethylacetylene	H ₂ C ₆ hexapentaenylidene	H(CC) ₃ H triacetylene
H ₂ C=CH-C(O)H propenal		C ₇ H

Molekyler med 9 atomer		
(CH ₃) ₂ O dimethyl ether	CH ₃ CH ₂ CN ethylcyanide	CH ₃ CH ₂ OH ethanol
CH ₃ C ₄ H methylbutadiyne	HCC-CC-CC-CN cyanoheptatriyne	C ₈ H

Molekyler med 10 atomer	
(CH ₃) ₂ CO acetone	HOCH ₂ CH ₂ OH ethylene glycol
H ₃ C-CH ₂ -C(O)H propanal	CH ₃ (CC) ₂ CN methylcyanoacetylene
NHH-CHH- COOH Glycin	Glycin er nævnt i det levende univers

Molekyler med 11 atomer
HCC-CC-CC-CC-CN cyanooctatetrayne

Molekyler med 12 atomer	
C ₆ H ₆ benzene	(CH ₂ OH) ₂ C(O) dihydroxyacetone

Molekyler med 13 atomer
HCC-CC-CC-CC-CC-CN cyanodecapentayne

Se <http://science.gsfc.nasa.gov/691/cosmicice/interstellar.html>
for den nyeste liste.



Figur 4.1 a, b. Komet Hale-Bopp taget den 6/4-1997 i Osnabrück observatorium ved Oldendorfer Berg. Dr. A. Hänel tog billederne. Bemærk de forskellige haler. Ionhalen er blå og støvhale er den store bøjede hale. a) $f = 200 \text{ mm}/1:4$, 21:12 UT, eksp.tid 10 min., Kodak Gold 400 film, b) med hoben h + chi Perseus, $f = 55 \text{ mm}/1:4$, 21: UT, eksp.tid 6 min., Kodak Gold 400 film. Kilde: "Osnabrück Observatorium." A. Hänel.

http://nostromo.physik.uni-osnabrueck.de/students/ahaenel/komet/kom_obse.htm

4. Kometerne som transportbærere af molekyler og vand

Da Jorden blev dannet, skete det ved ganske ekstreme temperaturer – Faktisk var Jorden en overgang flydende. Komplicerede molekyler ville næppe i stor stil kunne overleve disse betingelser, så enten er de blevet lavet efter, at Jordskorpen var blevet fast, eller også er de kommet til udefra.

Kometerne er her interessante. For det første har vi fundet mange forskellige slags molekyler i kometer, for det andet ved vi fra teoretiske modeller, at Jorden er blevet bombarderet med kometer i sin tidlige ungdom. Så kometerne kan sagtens have fungeret som molekyledepoter.

Hvordan ved vi så, hvad kometerne er lavet af?

Rumsonder

Man har haft rumsonder oppe og måle på kometer. F.eks. var der flere satellitter oppe og måle på Halleys komet, da den sidst besøgte det indre af solsystemet i 1986. Rosetta-missionen gentog successen ved at besøge en P67 Churyumov-Gerasimenko. Oprindeligt var missionen at rejse op til Komet 46 P/Wirtanen, men pga. forsinkelser er sonden nu på vej mod 67 P/Churyumov-Gerasimenko. Missionen lykkedes, men den blev lidt kort, da landeren *Philae* endte i et skyggefuldt område - derfor løb batterierne tomme efter få timer. Når rejsetiden er så lang, skyldes det, at kometen er meget langt væk, og sonden kan ikke flyve direkte derud. Den skal bruge gravity assist flere gange – den har allerede brugt Jorden og Mars til at få fart på, og den skal bruge Jorden to gange mere. Man kan læse mere om denne mission på rosetta.esa.int.

Spektroskopiske målinger

I en første approksimation kan man betragte kometer, som en slags gigantiske 'beskidte snebolde.' Kometerne består nemlig fortrinsvist af is (50-90 %) iblandet silikater (støv og sten) samt en del gasser og molekyler. De varierer ganske meget i størrelse, men de fleste kendte kometer har størrelser, som ligger i omegnen af 1-60 km i diameter.

H₂O, HDO, OH, H₂O⁺, H₃O⁺, CO, CO₂, CO⁺, HCO⁺, H₂S, SO, SO₂, H₂CS, OCS, CS, CH₃OH, H₂CO, HCOOH, CH₃OCHO, HCN, DCN, CH₃CN, HNC, HC₃N, HNCO, CN, NH₃, NH₂, NH₂CHO, NH, CH₄, C₂H₂, C₂H₆, C₃, C₂, Na, K, O⁺

H¹³CN, HC¹⁵N

C³⁴S

Molekyler fundet i Hale-Bopp. Kilde: "Comet Hale-Bopp (August 1 1997.)" <http://www.eso.org/outreach/info-events/hale-bopp/comet-hale-bopp-summary-aug01-97-rw.html>. ESO-skrivelse.

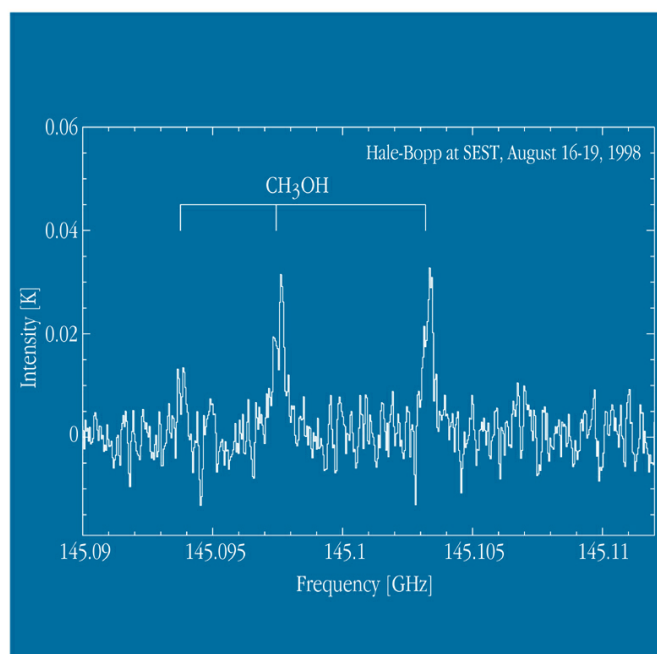
Når en komet kommer ind i nærheden af Solen, vil Solen varme den op, og den udvikler en såkaldt *coma*, som er en meget stor gassky, der omkranser kometkernen. Comaen kan godt blive op til en million km i diameter. Comaen er en af grundene til, at det er let at observere kometer, når de er

nær Solen og dermed os. Kometen vokser jo i størrelse og i lysstyrke, og desuden vil solstrålingen samt solvinden (for eksempel elektroner og protoner) puste til comaen, som derved udstrækkes i en lang hale, som dermed altid peger bort fra Solen. (Se figur 4.1.)

Hvis man kigger nærmere på billeder af kometer, kan man se at de faktisk har mere end én hale - de har en bred og buet hale, som består af støv, der pustes væk fra comaen, og desuden har de en *ionhale*, som er smallere og peger i en mere lige retning væk fra kometen. Det skyldes, at ionerne er meget lettere end støvpartiklerne. Støvpartiklerne er derimod relativt tunge og er derfor sværere at skyde væk. Når kometen så bevæger sig igennem sin bane, vil det afbøje støvhale.

Når kometerne sådan 'puster sig op' i nærheden af Solen, bliver de altså relativt nemme at observere, og dermed har vi kunnet finde mange forskellige slags molekyler i kometer. F.eks. viser spektret i figur 4.2, at der er

methanol (CH₃OH) i Hale-Bopp, dvs. træsprit. Der er også vand, kuldioxid, samt kvælstof- og kulstofforbindelser (hydrogencyanid (HCN) for eksempel) foruden støv og andre silikater. Se iøvrigt kassen ovenfor for en mere fuldstændig liste. På grund af tilstedeværelsen af vand og kulstofforbindelser er hypotesen om, at kometerne er leverandører til vandet på Jorden, samt at de



Detection of Methanol in Comet Hale-Bopp at Heliocentric Distance 6.1 AU

ESO PR Photo 40a/98 (22 October 1998)

© European Southern Observatory



Figur 4.2. Del af radiospektrum. Taget med 15 m-SEST teleskopet på La Silla, Chile i perioden 16/8 til 19/8-1998. Methanol-linierne ligger ved hhv. 145,0938, 145,0974 og 145,1032 Ghz. Eksponeringstid 708 min. **Kilde:** "New Observations of Comet Hale-Bopp from La Silla." ESO Press Release 16/98. 22 Oct. 1998.

måske også er kilden til aminosyrerne, blevet forstærket.

Der er anslået $1,6 \cdot 10^{21}$ kg vand på Jorden, og hvis 50 % af kometerne består af vand, ville det kræve ca. en million kometnedslag, som ikke var usandsynligt i Jordens ungdom.

Kometer *kan* altså være vigtige bidragydere med molekyler til Jorden, men som med al ny forskning, ved vi ikke med sikkerhed, om det ér kometerne, der er hovedbidragyder med molekylebyggesten til celler, eller om Jorden selv har lavet dem. Det er dog påfaldende, at kometer indeholder både livets byggesten, store mængder af et passende opløsningsmiddel (vand) til celler, og at Jorden er blevet bombarderet med disse i sin 'ungdom'.

5. SETI – Search for Extraterrestrial Intelligence

5.1. Observationer

Hvis man vil lede efter *intelligent* liv andre steder end i Solsystemet, er det nødvendigt at benytte kikkerter/antenner, da det er komplet umuligt med vores teknologi at sende sonder ud til andre solsystemer.

Et gammelt og nu ophørt NASA-projekt er SETI-projektet. (Search for Extra Terrestrial Intelligence.) Dette projekt benyttede radioteleskoper (parabolantennor) til at lytte efter radiosignaler fra fremmede civilisationer; projektet var dyrt, og den amerikanske kongres annullerede bevillingerne i 1993. I 1995 startede det privatfinansierede *Project Phoenix*¹² op, og formålet med dette projekt var som for Project SETI at finde intelligent liv i rummet. Man kan læse mere på webstedet [seti.org](http://www.seti.org).

I project Phoenix undersøgte ca. 1000 sol lignende stjerner samt kendte stjerner med planeter omkring sig; alle stjernerne befinder sig inden for en afstand af ca. 200 lysår. Ved at fokusere på færre stjerner, blev projektet billigere at gennemføre.

Man undersøgte radiosignaler i frekvensintervallet 1000 MHz til 3000 Mhz, og man delte frekvenserne op i 1 Hz-intervaller. Dvs. man undersøgte 2 milliarder kanaler ad gangen pr. stjerne! Dette kræver naturligvis en enorm regnekraft. Regnekraften leveredes af frivilliges computere. I stedet for at have en gammeldags 'screensaver,' kunne man henvende sig til www.seti.org tilmelde sin computer, og dens regnekraft blev så stillet til rådighed for dataanalyse, når man ikke selv benyttede sin pc.

I perioden 1995-1996 benyttede man sig af Parkes Observatoriets 210 fods teleskop. Se figur 5.1. Derefter benyttede man sig i perioden september 1996 til april 1998 af NRAOs (National Radio Astronomy Observatory) 140 fods teleskop i West Bank, Virginia. Se figur 5.2. I perioden fik man lov til at anvende 50% af kikkertens operationstid. Fra 1998-04 brugte man Arecibo-observatoriets 1000

¹² Ikke at forveksle med NASAs *Mission Phoenix*.



Figur 5.1. Parkes observatoriet i Sidney. **Kilde:** Foto af Rick Twardy. <http://www.pks.atnf.csiro.au/>



Figur 5.2. National Radio Astronomy observatory i Greenbank, Pocahontas County, West Virginia. **Kilde:** www.gb.nrao.edu/



Figur 5.3. Arecibo-observatoriet i Puerto Rico. **Kilde:** <http://www.naic.edu>

fod radioteleskop. Se figur 5.3. Her observeredes 2x3 uger om året.

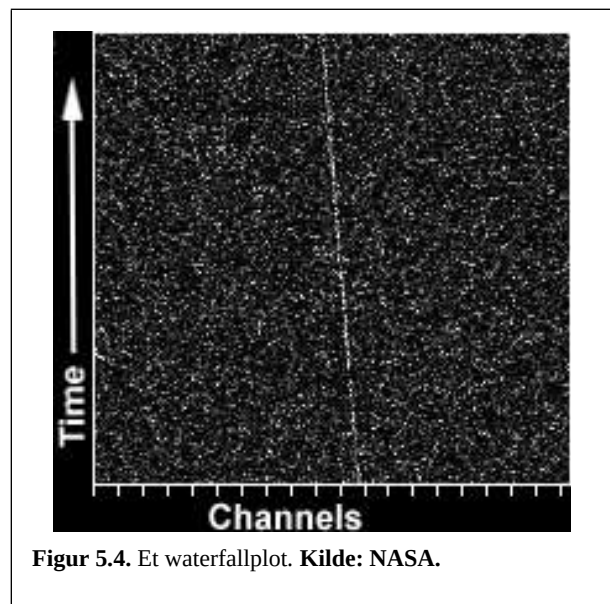
Da projektet sluttede i 2004 havde man kun fundet ud af, at i Mælkevejens omegn er der meget stille, når man måler i radioområdet.

Men hvordan undersøger man, om et signal er et naturligt signal eller et intelligent signal? Det vil det næste afsnit gennemgå.

5.2. Signal-analyse

Waterfall-plot

Eftersom datamængden er overvældende, er det nødvendigt at benytte sig af en datafremstilling, der gør det muligt at overskue store datamængder på kort tid. En enkel måde er *waterfall-plottet*. Som navnet antyder, minder det en smule om et vandfald.



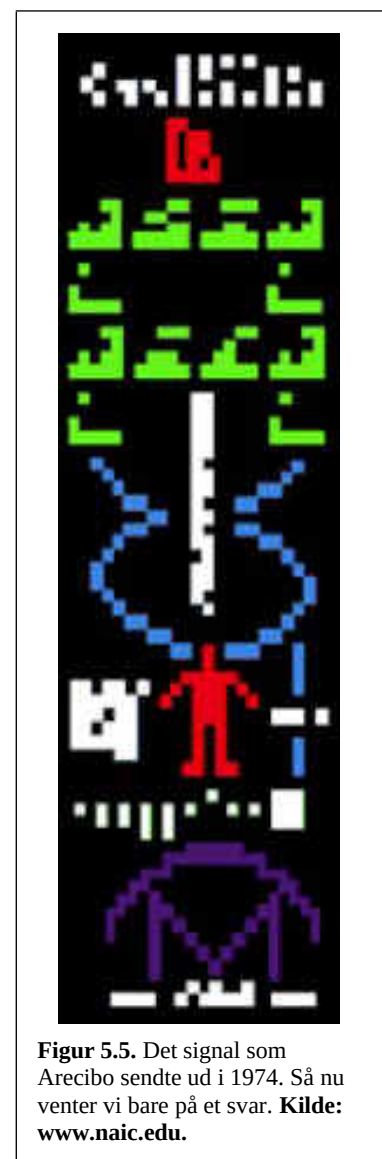
Figur 5.4. Et waterfallplot. Kilde: NASA.

Betragt figur 5.4. Figuren viser et signal fra Pioneer 10-satellitten. På den vandrette akse har man frekvensen af signalet, og på den lodrette akse har man en tidskurve. Tiden vokser opad 2.-aksen. Hvis dataene kom ud på en skærm ville det ligne et 'vandfald' af punkter. De fleste punkter er støjmålinger, som giver 'skumsprøjtet', og det målte signal svarer til sporet efter båden, der falder ned i vandfaldet.

Som man bemærker er signalet fra satellitten en skæv linie. Det skyldes, at Jorden snurrer, og at den bevæger sig i sin bane omkring Solen, og dermed vil frekvensen fra satellitten ændres som følge af dopplereffekten. Umiddelbart virker det forvirrende, at man ikke tager højde for Jordens bevægelse, men det har den indlysende fordel, at et signal udsendt fra Jorden vil give en lodret streg. Derved er det nemt at se, om signalet skal kasseres eller ej. Eftersom udstyret er følsomt nok til at registrere småting som utætte mikrobølgeovne mv., er det vigtigt at kunne frasortere jordiske signaler.

Hvis man finder et signal, der er extraterrestrielt (udenjordisk) skal man dernæst forsøge at tyde det signal, som er blevet udsendt. Betragt figur 5.6. Figuren viser et eksempel på et signal, man kunne forvente at opsnappe fra en civilisation, som er indrettet som vores egen. Prøv selv at finde ud af, hvad signalet prøver at fortælle os.

Foruden at sende simple signaler som det vist i eksemplet i figur 5.6, kan man forsøge sig med mere avancerede signaler. For eksempel har vi fra Jorden en enkelt gang i 1974 via Arecibo-teleskopet sendt et signal, der ser ud som på figur 5.5. Det viser først en parabolantenne, solsystemet, mennesker osv. Billedet er



Figur 5.5. Det signal som Arecibo sendte ud i 1974. Så nu venter vi bare på et svar. Kilde: www.naic.edu.

1679 bits stort – et tal der er et produkt af primtallene 23 og 79. (Se opgave 5.1 for en detaljeret gennemgang af billedet.)

Med Voyager-rumsonderne er medtaget en plade med billeder af mennesket, Solsystemet og forskellige motiver fra Jorden. På billedsiden er der også tegninger af æg, der befrugtes, en model af forskellige molekyler, for eksempel et DNA-molekyle, og mange andre ting. Se figur 5.7. Derudover er en kobbergrammofonplade indkapslet i guld, hvor der afspilles hilsener på mange af Jordens sprog – blandt andet svensk. (Dansk er ikke med.) Foruden hilsenerne er der mange forskellige slags musik og lyde.

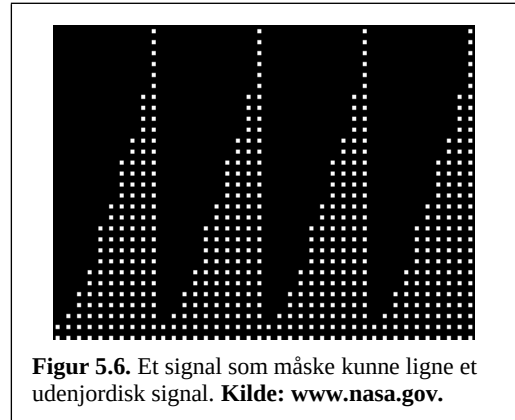
Nogle mennesker mener, det er risikabelt at sende følsomme oplysninger om vores kropslige opbygning samt placering i Mælkevejen ud i rummet, da det automatisk gør os meget sårbare. En meget avanceret civilisation, der kan knække problemet med at transportere sig mellem stjernerne, kunne jo med ovenstående oplysninger få ideer til at invadere Jorden.

Andre mener, at vi i forvejen har 'brudt tavsheden' ved at spredte radio/tv/telefon-signaler allerede har meddelt, hvor vi er. Og at en fremmed intelligent civilisation skulle bruge vores oplysninger på en destruktiv måde forekommer usandsynligt. Læseren kan selv overveje, hvem der har ret.

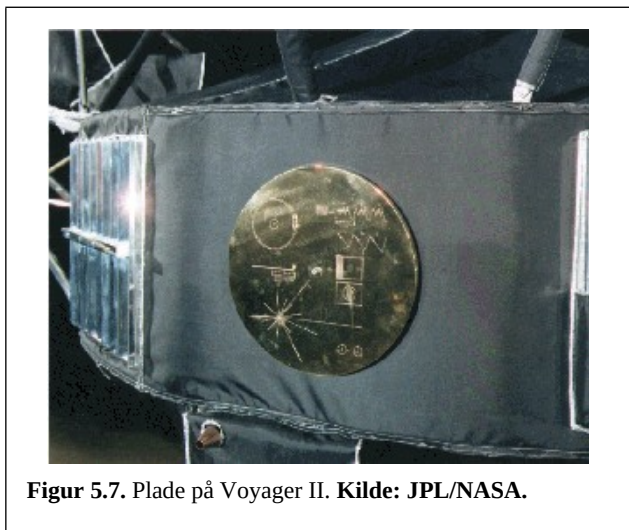
For at illustrere hvor vi står mht at finde liv udenfor Jorden, kan vi opremse nogle få af spørgsmål, som forskerne stadigvæk forsøger at finde svarene til:

1. At rejse til andre kloder er pt. kun muligt i Solsystemet. Og her er det forbundet med store omkostninger og mange problemer. At rejse til andre solsystemer er endnu et helt uoverskueligt teknisk problem. (Se dog afsnit 5.3.)
2. Hvis kommunikation via radiobølger eller måske laserlys kan opfanges, opstår det store problem med at forstå indholdet af signalerne. Når man tænker på de problemer arkæologer og antropologer har haft med at lære at tyde tidligere jordiske civilisationers sprog, hvor svært vil det så ikke være med E.T.s sprog?
3. Hvis vi finder liv på kloder i Solsystemet, hvordan kan vi så være sikre på, om det er liv, der er opstået på den pågældende klode? Kan det være transporteret fra Jorden derud eller endda måske omvendt - at livet er vandret den anden vej?

Men hvad nu, hvis intelligent liv allerede har besøgt os? Kan vi finde spor fra det? Der er faktisk seriøse folk, der leder efter spor tæt på Jorden. Det er kort beskrevet i næste afsnit.



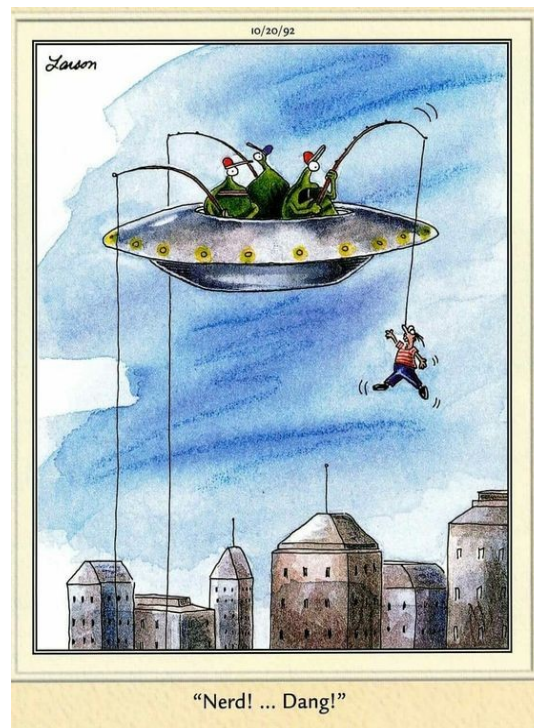
Figur 5.6. Et signal som måske kunne ligne et udenjordisk signal. **Kilde:** www.nasa.gov.



Figur 5.7. Plade på Voyager II. **Kilde:** JPL/NASA.



Det hele kan blive lidt tungt – hurra for de jordlige adspredelser. **Kilde: Gary Larson.**



Er E. T. venligtsindet? **Kilde: Gary Larson.**

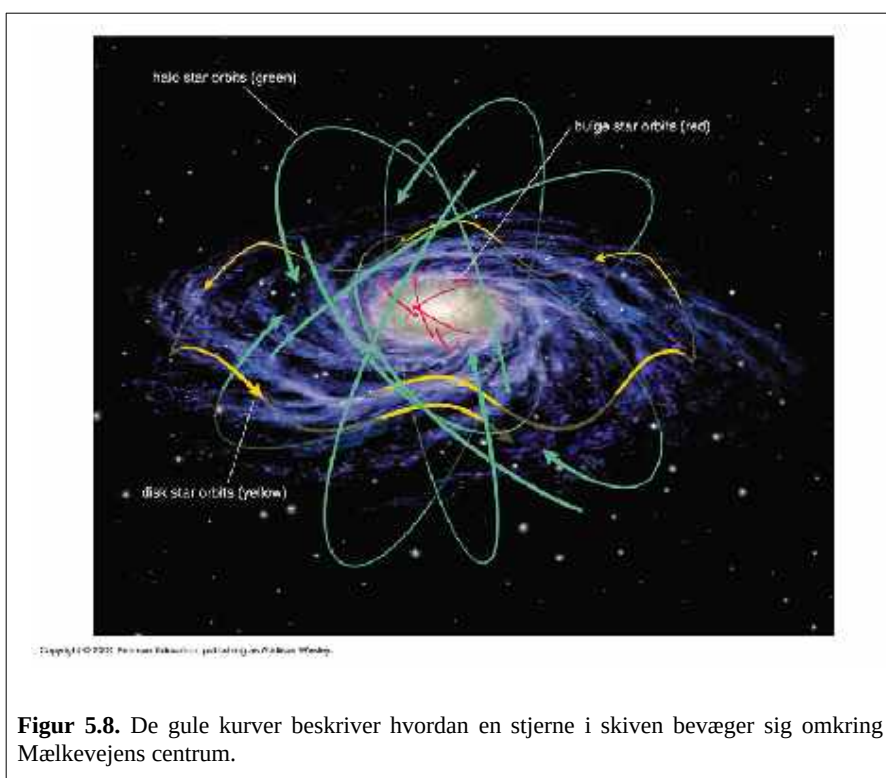
5.3. Har E. T. allerede været på besøg?

Normalt vil man blive betragtet med en lettere overbærende hoveddrysten, hvis man fortæller, at man arbejder med at lede efter spor fra rumvæsners besøg på Jorden eller Månen. For de fleste forskere vil arbejdet med ovenstående emne være den sikre vej til latterliggørelse og sætten sig selv uden for al fremtidig indflydelse i forskningens verden.

Alligevel er der forskere, der har fundet modet til at gå i gang med at udforske, om Jorden har haft besøg på et eller andet tidspunkt i dets historie. Blandt andet har Alexey V. Arkhipov fra Institut for Radioastronomi, Kharkov, Ukraine brugt tid på at undersøge muligheden for at fremmede væsener på et eller andet tidspunkt har observeret os fra Månen.

Begrundelse for hypotesen at fremmed liv kan have besøgt os

Solen kredser om Mælkevejens centrum, men den bevæger sig også op og ned på tværs i sin bane om centeret. Se figur 5.8. Det gør stjernerne i Solens omegn naturligvis også, og derfor har ca. 10.000 stjerner i Solens (og dermed Jordens) levetid indtil nu kommet indenfor en afstand af ca. 1,5 pc af os. Hvis der på bare en af de 10.000 stjerner kredser en planet, som har intelligent liv på et højere niveau end os, så er det måske ikke urealistisk at forestille sig, at de kan flyve ned til os på et overskueligt tidsrum.



Figur 5.8. De gule kurver beskriver hvordan en stjerne i skiven bevæger sig omkring Mælkevejens centrum.

1,5 pc er knap 5 lysår, så hvis man kan flyve med 10

% af lysets hastighed, tager det 50 år at flyve hertil. Med vores teknologi er det komplet umuligt at få et rumskib op i den fart, men med den udvikling vores teknologi hidtil har haft, så er det måske ikke urealistisk i en nærmere fremtid. Læseren kan jo tænke på, at for ca. 120 år siden (1903) fløj brødrene Wright for første gang, og kun 66 år senere besøgte vi Månen.

Egnede steder at anbringe observationsudstyr

Med mindre E.T. har været på besøg for meget kort tid siden, så vil vi sandsynligvis ikke kunne finde spor her på Jorden. Jorden har jo et klima, der eroderer alting, og selv meget bestandige ting ville indenfor få år blive overbegroet og dækket af jord. Hvis E.T. vil observere Jorden i lang tid og samtidigt gøre det uset, ville Jorden heller ikke være et ideelt sted at lave en observationsplatform.

Til gengæld vil Månen være egnet. Der er flere fordele ved en Månebase:

1. Et jordvendt observatorium på Månen vil være beskyttet af Måneoverfladen, så

observatoriet kun vil modtage halvdelen af den kosmiske stråling og meteorider, som det ville have gjort, hvis det kredsedde i omløb om Jorden.

2. Observationsstedet kan nemt camoufleres. Selv med vores dages superkikkerter – for eksempel Hubblekikkerten, kan vi slet ikke skelne små legemer på Månen. (HST kan skelne objekter, der er ca 100 m fra hinanden. Dvs. et legeme på f.eks. 25 meters længde vil være helt uskelneligt for HST. Faktisk er under ½ % af Månen fotograferet med en opløsning på under 1 m. Det gør, at alt unaturligt slet ikke er skelneligt.)
3. Hvis instrumenterne går i stykker, kan månejord bruges til reparation af instrumenter. Allerede med vores teknologi, kan man løst sagt hælde månejord ind i en maskine, og så kommer ilt, vand, cement og andre materialer ud.
4. Det er naturligvis nemmere at stabilisere udstyret på måneoverfladen end i kredsløb om Jorden – selvom en civilisation, der kan flyve 5 lysår, nok ikke vil tage stabiliseringen af udstyret som nogen større udfordring.

At finde observatoriet

Månens overflade, regolitten, er et metertykt støvlag, som er dannet efter utallige meteoritnedslag på overfladen. Dette lags øverste par cm redistribueres på måneoverfladen hvert ca. 1 millioner år. Denne omfordeling går altså *meget* langsomt i forhold til Jordens erosionsprocesser. Erosionen på Månen kommer fra nedslag.

Men selv med den langsomme erosion vil objekter i størrelser af under 1 m ikke kunne findes på overfladen, hvis de er over 10 Myr gamle. Små objekter i cm-størrelse kan være helt op til 10 m nede i regolitleget – og effektivt set umulige at finde. Derfor må man søge efter store spor.

Der er også menneskelige fortolkningsproblemer at tage højde for: Alt afhænger af øjet der ser! En geolog ser altid naturkonstruktioner, en astronom ser kratere fra meteoritnedslag osv. Men hvad nu hvis det, man ser, ikke er naturligt? Noget interessant vil nærmest kræve, at man flyver op til Månen og samler det op for at undersøge det nærmere.

SAAM-projektet

SAAM-projektet (Search for Alien Artifacts on the Moon) leder efter interessante observationssteder.

Deres foreløbige begrænsninger til søgning efter spor er:

1. Objekter under 1 m i diameter kan ikke findes mere.
2. Objekter under 10 m i diameter finder man i dybder indtil 10 m og i kratere.
3. Findestedet er ikke det samme som det oprindelige placeringssted – afstand kan være helt op til 1 km.
4. Finder man flere artefakter, er de tungeste og mindste af dem de største fingerpeg på deres oprindelige placering.
5. Lavarør og mærkelige dale under 0,10 Gyr gamle er særligt interessante at få undersøgt.
6. Følgende områder er særligt interessante at undersøge: Aristarchus, Gassendi, Furnerius, Stevinus, samt den sydlige væg i krateret Malapert. (Jorden kan altid ses derfra, og 94 % af tiden er der adgang til sollys.) Herodotus og Mare Tranquillitatis er også interessante.

Resultater indtil nu

Der er fundet særlige refleksionsfænomener, der øjensynligt kun kan forklares ved en form for spejl, der reflekterer Sollyset. Det er lys, der ligner stjerner – på Månens overflade. Fænomenerne varer fra 20-60 min. Hvis lyset er genspejl fra et spejl anbragt deroppe, er det interessant at vide, hvor lang tid et spejl vil være støvfrit. Beregninger viser, at erosion vil have dækket et 1 km² spejl til 1 m² i dag, hvis spejlet blev anbragt for 300 kyr siden.

Der er fundet mange nattelys på Månen. De har være synlige fra 15 min til mere end 2 timer. Lyset har i det synlige område været konstant. Derfor udelukkes elektriske udladninger, gas luminens og meteoritnedslag.

Nogle lysfænomener – hvor farverne i et krater pludseligt skifter farve i nogle minutter, kan dog i dag forklares ved at gasser fra Månens undergrund siver op og vender det øverste lag af regolitten om. Da Solens stråler har bleget de dele af regolitten, der vender opad, vil en vending af regolitkornene give anledning til et farveskift. Men det er uvist om denne forklaring kan forklare alle de observerede fænomener.

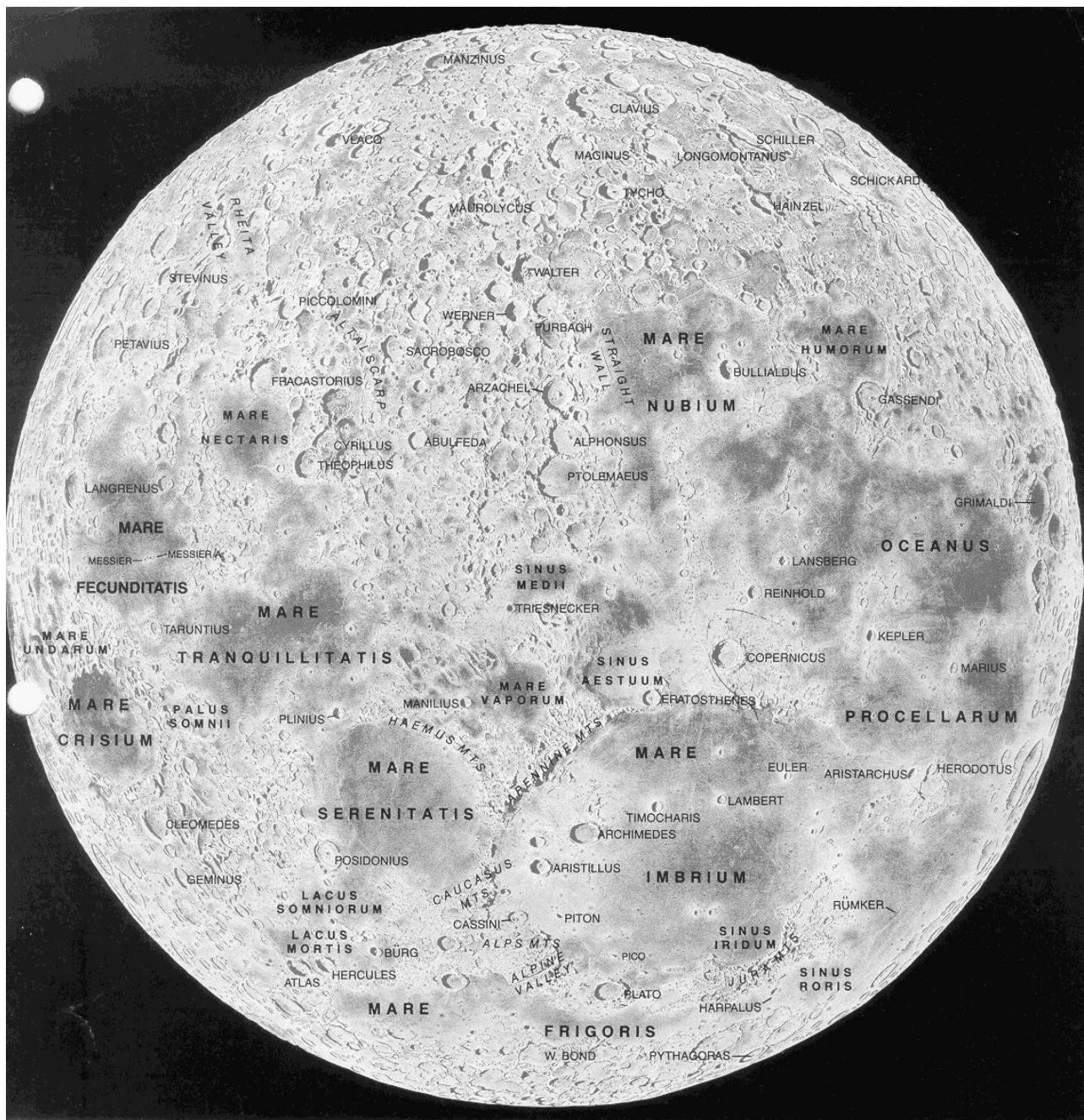
Når prober og rumskibe har landet på Månen er mængden af lysfænomener steget – og stigningen i lytsglimtene er statistisk signifikant, dvs. tilfældige udsving i antallet af lysfænomener kan det øjensynligt ikke være.

Hvad ved vi så?

Vi ved, at det *måske* ikke er komplet umuligt, at 'nogle' har kikket forbi engang i en fjern fortid. Vi ved også, at Månen fremviser fænomener, som vi ikke umiddelbart kan forklare. Men meget mere ved vi faktisk ikke.

Tanken om at der ligger rester fra tidligere civilisationer på Månen, lyder også for de fleste mennesker, som ren faststsnak. Men det bør ikke betyde, at folk straks afviser tanken og undlader at undersøge tingene nærmere. Især indenfor astronomien er der gennem tiden fremkommet de særeste observationer på nattehimmelen – og det er ikke mange år siden, at Hubblekikkerten for første gang nogensinde observerede himmellegemer på steder, hvor himmelen set fra Jorden er kulsort.

Og tænk på hvad vi har fundet indtil nu. Sorte huller, roterende neutronstjerner, og at det samlede Univers engang har været samlet i et uendeligt lille punkt. Alle disse store opdagelser kunne menneskeheden godt vænne sig til at tage seriøst – måske ér tanken om besøg fra E.T. alligevel ikke så vanvittig?



Kilde: http://nebo.znanost.org/2004/4noci/moon_map_big.jpg

6. Konklusion

Denne note havde som formål at indvi læseren i en af naturvidenskabens mest spændende aktiviteter, nemlig forsøget på at besvare spørgsmålet ”Er vi alene?” Fra at være et rent spekulativt emne, som kun science fiction forfattere tog alvorligt, har vi set, at naturvidenskaben er begyndt at forske i spørgsmålet.

I søgningen efter svaret på spørgsmålet, har vi allerede lært en masse om Jordens eget liv – nemlig at hele planeten er inficeret med liv fra de dybeste områder til de højeste tinder. Liv kan også overleve i stærkt radioaktive-, sure-, basiske-, kolde- og varme områder. Ja, selv i områder uden ilt og lys findes livet.

Forhåbentligt er det også blevet klart for læseren, at astrobiologi er et eksempel på hvordan traditionelle faggrænser nedbrydes, da faget indeholder elementer fra både astronomi, fysik, biologi, kemi og geologi.

Faget er endnu meget ungt og derfor er der ikke mange svar på alle spørgsmålene, men hvis udviklingen får lov at fortsætte i samme tempo som nu, går der nok ikke mange år, før der kommer gode svar på spørgsmålet om, hvordan liv udbreder sig og måske udvikler sig.

7. Opgaver

Opgave 2.1. Livsbetingelser i Solsystemet.

Benyt tilstandsdiagrammet samt tabel 2.1 til at finde ud af hvilke kloder i Solsystemet, der kan indeholde flydende vand i atmosfæren i kortere eller længere perioder.

Opgave 2.2. Temperaturmåling på exoplanet.

Se videosekvensen EpsAndTemp.m4v.

Opgave 2.3. Spitzer-teleskopet.

Hop ind på <http://www.spitzer.caltech.edu> og find ud af hvordan Spitzer-teleskopet virker, og hvorfor det er anbragt udenfor Jordens atmosfære.

Opgave 2.4. Titan.

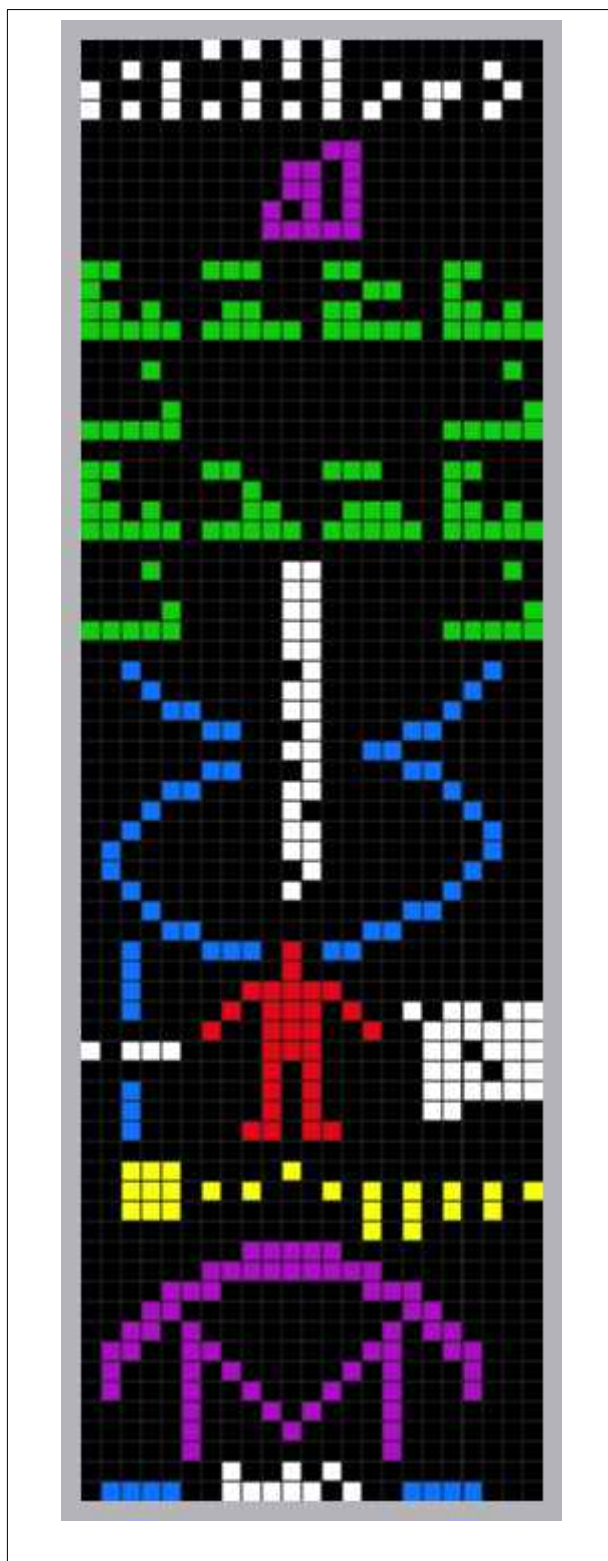
Nogle af resultaterne fra Cassini-missionen kan findes på Internettet. Prøv med udgangspunkt i <http://saturn.jpl.nasa.gov> og andre sider på Internettet at besvare følgende spørgsmål:

- Hvad er målet med Cassini-missionen?
- Hvad er Titan-atmosfærens sammensætning.
- Hvilket stof på Titan svarer til vands rolle på Jorden?
- Kan man forestille sig liv, der er baseret på andre opløsningsmidler end vand?

5.1. Arecibo-signalet.

Betragt figuren til højre. I det originale billede, er der ikke farver. Der blev sendt $23 \times 73 = 1679$ bits afsted. (1 bit kan være et nul eller et ettal.)

- Hvilken slags tal er 23 og 73? Kan du genfinde tallene på billedet?
- Hvordan har man kodet bittene om til tal, tror du?
- Den øverste hvide række angiver nogle tal samt en markering af, hvilken bit, der repræsenterer 1'erne. (Husk at et binært tal har grundtallet 2 i stedet for 10.) Hvilke tal prøver de hvide figurer at vise?
- Næste figur (den lilla) viser en grundlinje med grundstoffer, og ovenover hvert tal står antallet af protoner i grundstoffet angivet. Hvilke grundstoffer er der tale om?
- De 12 grønne felter angiver DNA-nukleotider. Grundlinjen i hvert felt svarer til de grundstoffer, du fandt i spørgsmål d. (Altså repræsenterer hver prik et grundstof.) Prikkerne ovenover grundlinjen fortæller hvor mange af de



enkelte grundstoffer, der findes i nukleotidet. Forsøg at identificere de forskellige nukleotider. (Bemærk at flere af stofferne går igen. Det er fordi, de også skal forklare hvordan DNA-molekylet vist længere nede er lavet.)

- f) I midten af de blå DNA-strengene står et binært tal. Det viser hvor mange mulige kombinationer af nukleotiderne, der kan laves. Hvor mange kombinationer står der? Hint: Den nederste prik viser hvor det mindst betydende ciffer skal læses. Man læser opad. (I virkeligheden benytter mennesket iøvrigt kun ca. 3 milliarder kombinationer.)
- g) Næste felt viser mennesket, samt hvor stort det er, og hvor mange der er på Jorden. Prøv at finde ud af hvad tallet til venstre for manden angiver. (Mindste betydende ciffer aflæses lige til højre for den hvide plet, der er anbragt længst til venstre.) Bølgelængden af signalet er 12,6cm.
- h) De hvide punkter til højre for manden angiver hvor mange mennesker, der var i 1974. Atter står den øverste hvide prik til venstre for, hvor mindste betydende ciffer findes. Find ud af hvor mange mennesker, der var på Jorden ifølge NASA.
- i) Hvad betyder det gule område?
- j) Hvad betyder det næstnederste lilla område?
- k) Der står et tal med hvidt allernederst. Hvilket tal er det? Og hvad repræsenterer det?

5.2. Liv i Universet.

Nasa og andre har udmærkede hjemmesider. Prøv blandt andet ved hjælp af Internettet at besvare nedenstående spørgsmål.

- a. Forklar hvad *Astrobiologi* er for noget?
- b. Hvad gør den amerikanske regering for at undersøge UFO'er?
- c. Hvad er Bion projektet?
- d. Hvad er *Mars' ansigt* for noget?
- e. Amerikanerne landede først på Månen. Har USA annekteret Månen?

Seti-instituttet har også en god hjemmeside, hvis man er interesseret i *Ekstraterrestrielt liv*. (<http://www.seti.org>.) Hop over på den side og besvar følgende spørgsmål:

- f. Hvordan er den mest hensigtsmæssige måde at søge efter liv på?
- g. Hvilke slags signaler er det bedst at søge efter?
- h. Hvor henne er det bedst at søge efter liv?
- i. Hvad er et *Waterfall plot*?
- j. Hvordan skal et *Waterfall plot* se ud, hvis signalet kommer ude fra Rummet?
- k. Der er et eksempel på et muligt(?) udenjordisk signal vist figur 5.6. Forsøg at tyde budskabet.

5.3. Liv i Universet II.

Hop ind på FBI's hjemmeside og find information om 'The Roswell incident.'

- a. Hvad er den officielle forklaring på Roswell-affæren?
- b. Prøv ved hjælp af beskrivelsen i FBI's papirer, at tegne en skitse af det objekt, som faldt ned ved Roswell.
- c. Efter øjenvidners beretninger blev et stort område dækket af metalstumper fra nedslaget. Prøv at finde en fornuftig forklaring på den officielle forklaring og øjenvidnernes forklaring.
- d. Et rumskib fra en fremmed civilisation antages at komme fra stjernen Proxima Centaurus, som ligger 4,28 lysår væk. Hvor lang tid ville det tage for et rumskib derfra

at flyve til Jorden, såfremt det benytter en ion-motor, der kan give skibet en fart på 200.000 km/h?

Foruden Roswell-affæren har der også været andre underlige sager i USA. For eksempel er kvæg blevet lemlæstet af uforklarlige grunde. Download siderne og besvar nedenstående spørgsmål ved at skimme i siderne.

- e. I hvilke områder blev kvæget mishandlet?
- f. Hvilke skader fandt man på kvæget?
- g. Folk troede at rumfolk var involverede i mishandlingerne. Hvilke beretninger støttede denne hypotese?
- h. Hvilke naturlige forklaringer er der på, at bestemte organer manglede på de døde dyr? Og hvilke observationer peger imod de naturlige forklaringer?
- i. Hvad tror du er den rigtige forklaring på kvæg mishandlingerne?

Endelig har der på mindre dramatisk vis – også i USA - været masser af UFO-observationer i 60'erne og 70'erne. Læs den første fil i 'Project Blue Book' og besvar nedenstående spørgsmål.

- j. I hvilken periode foretog det amerikanske flyvevåben undersøgelserne af folks observationer?
- k. Flyvevåbenet konkluderede 3 ting på grundlag af observationerne. Hvilke?
- l. Hvor mange UFO-observationer blev i alt registreret? Og hvor mange fortsatte med at være uforklarede? (Hvis du har tid, så tegn en (år, antal observationer)-graf.)
- m. I 1989 forsøgte en person at starte 'The new Project Blue Book.' Hvorfor gjorde man det?
- n. Hvilke rygter gav anledning til nye gisninger om at den amerikanske regering holdt viden tilbage for offentligheden?
- o. Giv din egen forklaring/mening om UFO-debatten. Du kan for eksempel komme ind på rejseafstande, teknologi, mødet mellem to forskellige kulturer, psykologiske faktorer (jagt på berømmelse for eksempel), konspirationsteorier osv. osv.

Små sjove online ting.

<http://www.alienearts.org/>