



Rumfarten fylder 60 år

Helle og Henrik Stüb

PRAXIS - Nyt Teknisk Forlag

Rumfarten fylder 60 år

Helle og Henrik Stub

For 60 år siden, den 4. oktober 1957, blev verdens første satellit Sputnik 1 opsendt. Dermed begyndte rumalderen, som siden har været med til at præge vort samfund.

I de følgende fire artikler beskriver vi forskellige sider af rumfarten med det forbehold, at vi befinder os midt i begivenhederne. Vi har ikke historikerens mulighed for at se rumalderen på så stor afstand, at vi kan se, hvordan rumfarten kommer til at ændre samfundet. Men vi prøver alligevel.

I den første artikel ”Hvad har vi lært af 60 års rumfart” ser vi på rumfartens historie, lige fra månekapløbet til begrebet ”Den nødvendige rumfart”, og hvorfor denne historie har givet mange et forkert billede af samspillet mellem samfund og rumfart.

I artiklen ”Inner Space eller Outer Space” ser vi på den mærkelige kendsgerning, at næsten al rumfart foregår ret tæt på Jorden – solsystemets udforskning er i virkeligheden kun en lille del af den samlede rumfart. Det var ikke, hvad man oprindeligt forestillede sig, men udviklingen har en forklaring.

Er det mennesker eller robotter, der kommer til at udforske universet? Det ser vi på i den tredje artikel. Ved rumalderens begyndelse forestillede man sig, at plane-

terne blev udforsket på samme måde, som man engang udforskede de ukendte områder på Jorden, nemlig med opdagelsesrejsende. Det bliver ikke sådan, det kommer til at foregå, og det er der flere grunde til.

Rumfarten har altid søgt efter grænser, og den ultimative grænse er rejsen til stjernerne. I artiklen ”Rumfarten, universet og os” ser vi på stjernerejser, men også på, hvordan udforskningen af det store univers uden for vort solsystem gradvist vil komme til at ændre hele vor kultur. For et muligt møde med en anden civilisation måske millioner af år forud for os kan give et helt nyt syn på menneskets plads i universet.

Artiklerne kommer fra Videnskab.dk, hvor Helle og Henrik Stub er tilknyttet som skribenter. Her kan du finde spændende historier fra forskningens verden om alt mellem himmel og jord. Det hele er frit tilgængeligt. Du kan også få et gratis nyhedsbrev og selv stille spørgsmål til videnskaben. Videnskab.dk er Danmarks nationale forskningsportal – for alle, til at forstå og til at stole på.

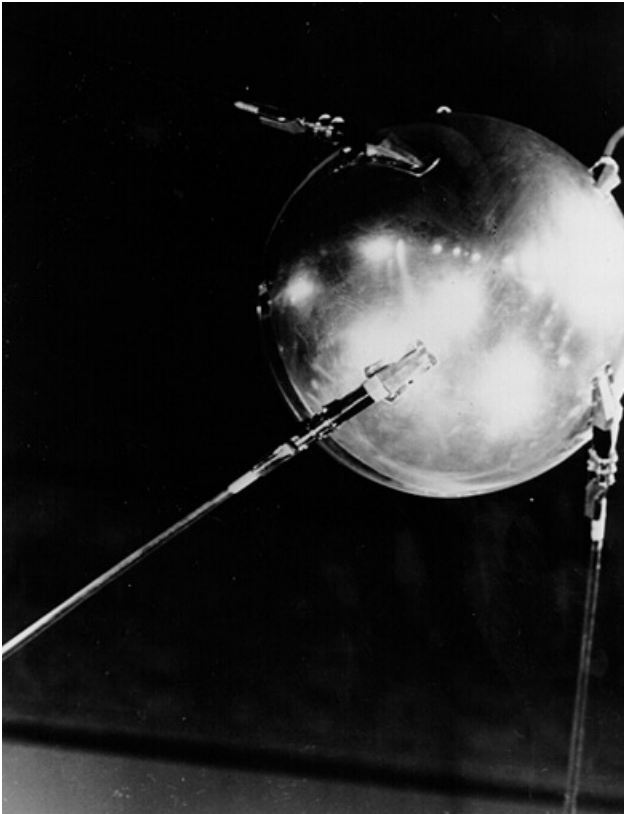
Læs flere artikler af Helle og Henrik Stub på Videnskab.dk:
http://videnskab.dk/s?query=helle+og+henrik+stub+&sort_by=field_publication_date&sort_order=DESC

Indholdsfortegnelse

HVAD HAR VI LÆRT AF 60 ÅRS RUMFART?	3
INNER SPACE ELLER OUTER SPACE – DET ER SPØRGSMÅLET . . .	10
MENNESKER ELLER ROBOTTER	18
RUMFARTEN, UNIVERSET OG OS	24

HVAD HAR VI LÆRT AF 60 ÅRS RUMFART?

Artiklen blev første gang bragt i videnskab.dk den 4. oktober 2017 under navnet: Rumfarten fylder 60 år - hvad har vi lært.



Sputnik 1. Kilde: NASA

Det er nu 60 år siden, verdens første satellit Sputnik 1 blev opsendt og dermed startede rumalderen. Det skete den 4. oktober 1957 midt under den kolde krig, og be- driften blev på en gang set som menneskets første skridt ud i rummet og som et skift i magtbalancen mellem USA og Sovjetunionen. Lige fra begyndelsen har rumalderen været en historie om konflikten mellem drøm og politik.

Vi er selv så gamle, at vi kan huske den første Sputnik, og hvordan vi søgte at se den bevæge sig hen over himlen som en ganske klar og blinkende stjerne. Hvad vi ikke tænkte over dengang var, at det slet ikke var den lille Sputnik, vi så, men den 27 meter lange raket, som havde opsendt Sputnik.

Interessen var enorm, og den voksede, da Sputnik 2 kun en måned senere blev opsendt med hunden Laika om bord. Russerne fortalte, at Laika levede og havde det godt. I dag ved vi, at den døde af hedselag kun få timer efter opsendelsen på grund af en fejl ved temperaturreguleringen i dens lille kabine. Men debatten dengang fortsatte i aviser og blandt folk: Så vi her starten på et fantastisk eventyr, hvor mennesket ville udforske rummet, eller skulle vi være mere bange for, at Sovjetunionen nu havde en raket stor nok til at kunne nå USA med atomvåben?



Hunden Laika. Kilde: [https://en.wikipedia.org/wiki/File:Laika_\(Soviet_dog\).jpg](https://en.wikipedia.org/wiki/File:Laika_(Soviet_dog).jpg)

Amerikanerne startede svagt. I december 1957 ville de opsende deres første satellit, den lille kun 1,5 kg tunge

Vanguard 1, som var på størrelse med en grapefrugt. Da raketten eksploderede på startrampen, var nederlaget totalt, og gloser som kaputnik og flopnik kom på mode. Man begyndte at tale om en raketkløft, hvor Sovjet var ved at få overtaget med at bygge raketter, som kunne sende atomvåben fra det ene kontinent til det andet.

Rumalderen var ikke engang et år gammel, da amerikanerne uden det store held søgte at sende de første raketter mod Månen i efteråret 1958. Men det blev igen russerne, der ryddede forsiderne, da de næsten nøjagtigt to år efter Sputnik 1, altså i oktober 1959, kunne vise de første billeder af Månens bagside. Efter vore dages målestok var billederne af meget ringe kvalitet, men de viste, at der var mere i rumfarten end bare et våbenkapløb. Vi var på vej ud i rummet.

Månekapløbet

Kennedy vandt præsidentvalget i 1960, bl.a. fordi han udnyttede myten om en raketkløft, hvor USA var prisgivet de store raketter, som var blevet brugt til at opsende Sputnik. De første spionsatellitter viste dog, at der ikke var en sådan kløft, men da Yuri Gagarin blev det første menneske i rummet, var Kennedy nødt til at reagere.

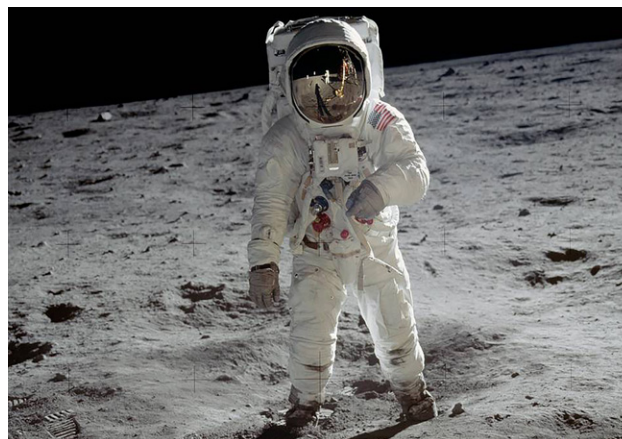
Resultatet blev Apollo-projektet, som udnyttede, at rummet dengang var noget nyt og eventyrligt. Der var en ægte interesse, men drivkraften var rent politisk. Det var bestemt ikke et ønske om at udforske Månen, som man udmærket godt vidste, var en død klode uden atmosfære. Månens værdi var alene, at den kunne udnyttes i den kolde krig til at demonstrere USA's overlegenhed over Sovjetunionen.

Månekapløbet viste nu en side af rumfarten, som kun få havde tænkt på – nemlig de uhyre omkostninger ved at bygge raketter og rumskibe. På sit højeste i 1966 var næsten 400.000 beskæftiget med Apollo-projektet. Det gav et enormt budget på godt 35 mia. nutidsdollars, hvilket svarede til ca. 4,4 % af nationalbudgettet. Siden da er det gået ned ad bakke. I dag er NASAs budget på kun 0,5 % af det samlede budget.

Sovjetunionen havde simpelt hen ikke råd til for alvor at gå ind i et kapløb med den langt større og mere moderne amerikanske industri. De prøvede dog at bygge en måneraket for en tiendedel af prisen for en af de store Saturn 5 raketter, der sendte de amerikanske astronauter til Månen. Det gik, som man kunne forvente: Den russiske måneraket blev opsendt fire gange, og hver gang endte det med, at raketten eksploderede kort efter starten. Alle 13 opsendelser af Saturn 5 var derimod vellykkede. Desuden havde Sovjetunionen et andet problem: De manglede et rumagentur som NASA til at lede arbejdet. De delte det ud mellem mange ”chefkonstruktører”, som måtte kæmpe om de sparsomme midler.

The finest hour

Landingen af Apollo 11 var et højdepunkt, som vi, der oplevede det, aldrig vil glemme. Vi så de noget tågede billeder, da Armstrong trådte ned på Månens overflade med de berømte ord ”Et lille skridt for et menneske, men et kæmpespring for menneskeheden”. For første gang så vi et menneske stå på en flad, solbelyst måneslette under en kulsort himmel. Alene denne kontrast viste, hvor forskellig Månen er fra Jorden.



Buzz Aldrin fotograferet af Neil Armstrong, Apollo 11 missionen, 1969.
Kilde: NASA

Apollo 11 blev fulgt af fem andre landinger, og på de tre sidste medførte astronauterne en elektrisk bil. Det var en stor bedrift, men for mange var NASAs ”finest hour” redningen af Apollo 13. På vej mod månen eksploderede en ilttank, og de tre astronauter måtte søge ly i månelandingsfartøjet, som kun var beregnet til to. Her viste NASA, hvad en god organisation kan gøre. Der blev udført mirakler af improvisation, og de tre astronauter blev reddet.

Men måneflyvningerne kostede kassen, så efter seks landinger opgav NASA at opsende Apollo 18-20, selv om både raketter og rumskibe var bygget. Nogle af dem befinder sig i dag på museer, bl.a. på Cape Canaveral – nok de dyreste udstillingsgenstande i historien.

Videnskabeligt førte Apollo til en ny teori for Månens dannelse som resultatet af et sammenstød mellem Jorden og en klode måske på størrelse med Mars. Og i første omgang fik vi bekræftet alle vore fordomme om Månen som en død og tør ørken. Men 40 år efter Månerejserne lærte vi dog, at man ikke altid skal stole på det første indtryk: Således er der fundet vand på Månen, i hvert fald nogle steder, især nær polerne. Det er i form af is under overfladen – og den opdagelse kan få stor betydning for fremtidens rumfart. Apollos prøver var knastørre, simpelthen fordi de alle stammer fra de varme områder nær ækvator.

Der er tilsvarende erfaringer fra udforskningen af Mars, hvor de første billeder kun viste et kraterdækket landskab, men ingen af de enorme vulkaner, gamle flodlejer og dybe kløfter, der viser, at Mars har haft en fortid, hvor der måske var bedre muligheder for liv, end der er i dag. Mener vi det seriøst med at udforske rummet, kræver det en langvarig indsats – og desværre blev Apollo-projektet standset efter bare seks landinger. Man kan simpelt hen ikke basere ægte rumfart på et kortvarigt kapløb.

Satelliternes tidsalder

Det blev meget hurtigt klart, at rumfarten ikke kunne fortsætte som under månekapløbet, hvor man så stort på omkostningerne. Månekapløbet gav et forkert bil-

lede af, hvad rumfart er, og hvad rumfartens plads er i det moderne samfund. Derfor var konsekvensen efter månekapløbet, at rumfarten så at sige skulle genopfinde sig selv og finde sin naturlige plads i samfundet. Det er så kostbart at drive rumfart, at rumfarten på en eller anden måde skulle bevise, at den er pengene værd.

Det blev ikke månerejserne, der kom til at føre rumfarten videre, men et utal af satellitter, som kunne løse mange forskellige opgaver. Kommunikation og spionage var de første, men der kom hurtigt andre. På ret kort tid blev der etableret store systemer af satellitter, der var så nyttige, at rumfarten blev international. Der er nu seks store rummagter, som selv kan opsende satellitter, og hertil kommer, at man nu kan købe både opsendelser og satellitter. Derfor anvender næsten alle lande i verden rumteknologi. De seks rummagter er USA, Rusland, Kina, Europa, Indien og Japan, hvor rumfarten alle steder styres af et rumagentur. Ser man på programmerne for de forskellige rumagenter, er de forbløffende ens.

Forklaringen er, at med en pris på 50-200 millioner dollar for en satellittraket skal man tænke sig meget godt om med, hvad der sendes ud i rummet. Der skal foretages en benhård prioritering af, hvilke projekter man går i gang med, og denne prioritering har været ret ens i de forskellige lande. Men det er måske ved at ændre sig nu, hvor firmaet SpaceX er begyndt at genbruge første trin af deres i forvejen billige Falcon-raketter. Fremover vil vi måske opleve en rumfart, hvor man tør eksperimentere mere, fordi genbrug af raketter får prisen for opsendelser til at falde drastisk.

Mere end en slags rumfart

Vi tænker ofte på rumfart som et enkelt begreb, men det billede er alt for simpelt. For at forstå rumfartens udvikling, må den opdeles i flere hovedområder.

Grundlaget for al rumfart er, hvad man kan kalde den *nødvendige rumfart*. Det er den rumfart, som er nødvendig for at opretholde infrastrukturen i et moderne og stadig mere globaliseret samfund. Den nødvendige rum-

fart handler om at have systemer af satellitter, der kan løse opgaver inden for områder som:

- Kommunikation
- Navigation (GPS)
- Meteorologi
- Jordobservation (klima, forurening mv.)

Alene det enorme behov for kommunikation har skabt en hel ring af satellitter i den såkaldte geostationære bane 36.000 km over ækvator. Her er omløbstiden 24 timer, således at en satellit i denne bane altid hænger stille over samme punkt på Jorden. Allerede i 1945 foreslog den visionære forfatter Arthur C. Clarke at anvende denne bane til satellitter. Men selv han havde vel næppe forestillet sig, hvorledes banen i dag er blevet den tættest befolkede hovedvej ude i rummet med flere hundrede satellitter.

Hertil kommer militære programmer med spionatsatellitter og satellitter, der kan varsle mod angreb. Man kan naturligvis diskutere, om den nødvendige rumfart nu også er det, man normalt forstår ved rumfart, men det er i hvert fald den, der sørger for, at der i dag eksisterer en industri, der kan bygge både raketter og satellitter.

For alle rumagenturer er det en del af deres opgave at drive forskning. Den *videnskabelige rumfart* er i virkeligheden kun en mindre del af rumfarten, men den har i høj grad været med til at ændre hele vor forståelse af både solsystemet og universets opbygning og udvikling. De centrale aktører her er:

- Astronomiske satellitter
- Rumsonder

Vi behøver bare at nævne Hubble-teleskopet, der med sine fantastiske billeder for alvor har vist os universet helt tilbage til tiden kort efter Big Bang for 13,8 milliarder år siden. Men der findes også mange andre typer astronomiske satellitter, der observerer i bølglængder, vi ikke kan se, som gamma- og røntgenstråling, ultraviolet og infrarødt lys. Der er næsten ikke det område af astronomien, som ikke bruger data indsamlet af satellitter.

Da rumalderen begyndte i 1957, var det den almindelige opfattelse, at det første menneske på Månen hurtigt ville blive efterfulgt af de første mennesker på Mars og Venus. Det er ikke blevet til noget, og vi skal senere se, hvorfor bemandede rejser til planeterne stadig ligger langt ude i fremtiden. Men til gengæld har rumsonder gennemgået en så rivende udvikling, at de allerede har givet os et ganske klart billede af, hvad der venter os på solsystemets andre planeter. Og så har rumsonder den fortræffelige egenkab, at de er langt billigere end et bemandedt rumskib.

Mennesket og rummet

Den måske største overraskelse ved den moderne rumfart er, hvor lille en rolle mennesker i rummet spiller. Det er måske ikke det indtryk, man får ved at se TV eller læse aviser, der langt foretrækker at bringe historier om astronauter i stedet for at fortælle om de mange slags satellitter og rumsonder.

Det er korrekt, at det største rumfartsprojekt til dato er den Internationale Rumstation ISS, som Andreas Mogensen besøgte i 2015. Det er også korrekt, at her drives den forskning, der en dag vil sætte mennesker i stand til at gennemføre de lange rejser ud til solsystemets andre planeter – samt en masse anden videnskabelig forskning.

Men ISS er lige som månerejserne et politisk projekt, der skulle sikre en god overgang til tiden efter Sovjetunionens fald. Amerikanerne kunne godt bruge erfaringerne fra de mange, meget langvarige russiske rumflyvninger på rumstationen Mir til deres eget rumstationsprojekt – og så var det en udmærket måde at sikre arbejde til den russiske rumindustri, så den ikke begyndte at sælge sine tjenester til lande som Nordkorea ...

Der er ingen tvivl om, at ISS er blevet en stor succes, ikke mindst fordi den har formidlet et meget vellykket samarbejde mellem USA, Rusland, Europa, Japan og Canada. For disse rummagter handler den bemandede rumfart alene om at være med i ISS.

Men alligevel er der noget, der viser, at fremtiden for bemandede rumfart ikke er så lys, som man skulle tro ved

bare at følge ISS. Siden rumfærgerne blev udfaset i 2011, har amerikanerne ikke kunnet opsende astronauter – og de rumskibe, der nu satses på, Dragon fra SpaceX og Starliner fra Boeing, er konstant forsinkede, især på grund af for få midler. De bliver sandsynligvis først klar i 2019.

Alene det, at en supermagt i rummet som USA frivilligt giver afkald på at kunne sende astronauter ud i rummet i en periode på otte år, viser noget om prioriteringen af den bemandede rumfart. Vi i Europa har bestemt heller ikke noget at være stolte af – to gange har vi opgivet at bygge et lille bemanded rumskib til ISS, selv om Europa har teknikken. Japan har et program, men det kører for meget lavt blus, så det eneste land ud over Kina, der kan opsende astronauter, er Rusland – og det sker med et Soyuz rumskib, der blev konstrueret for 50 år siden. Også her lader en moderne afløser vente på sig.

Vi vil i en kommende artikel vende tilbage til forklaringen på, hvorfor bemanded rumfart ikke længere har den prioritet, som rumstationen ISS og den kommende kinesiske rumstation ellers synes at tyde på.

Tilbage til virkeligheden

En regering har mange prioriteter, og udforskningen af solsystemet og universet ligger ikke i toppen. Men så længe det ikke er for dyrt, er der heller ingen modstand. Man kan næsten sige, at videnskabelig rumfart opfattes som en del af kulturpolitikken – det sender et signal om, at man er et civiliseret land. Så længe de videnskabelige programmer er forholdsvis små og ikke alt for dyre, klarer de sig ret godt. Men der, hvor politikere og rumagenter for alvor kan mødes, når der skal diskuteres budgetter, er den nødvendige rumfart og den militære rumfart.

Det er der gode grunde til, for erfaringen viser, hvilken enorm indflydelse den nødvendige rumfart har haft på samfundets udvikling. Vi kan se på et par eksempler.

Den kolde krig var domineret af et efter vore dages målestok temmelig vanvittigt atomkapløb mellem USA og Sovjetunionen. Hvert land lagrede atomvåben og ra-

ketter nok til at udslette hinanden flere gange – og sandsynligvis også gøre store dele af Jorden ubeboelig. Ikke så mærkeligt, at den strategi blev kaldt MAD (Mutual Assured Destruction). Der er ingen tvivl om, at MAD var endt galt, men så åbnede spionsatellitterne en udvej.

Man kunne nu nedruste, fordi der var åbnet en mulighed for at kontrollere, at modparten overholdt aftalen – og det førte til de såkaldte SALT aftaler om en begrænset nedrustning, som var med til at gøre verden en smule mere sikker.

Men satellitterne, som stod bag SALT, skabte også en ny risiko, og i 1983 var det meget, meget tæt på at gå helt galt. Den russiske officer Stanislav Petrov havde vagten i Moskva, hvor hans opgave var at varsle, hvis de nye OKO satellitter havde opdaget et amerikansk angreb på Sovjetunionen. Og det var netop, hvad satellitterne viste, nemlig at amerikanerne havde sendt fem raketter mod Sovjet. Petrov skulle nu i princippet have slået alarm, så et gengældelsesangreb kunne begynde, men han tøvede, fordi han ikke kunne forestille sig et angreb med kun fem raketter.



Stanislav Petrov (1939-2017) i 2016. Kilde: https://en.wikipedia.org/wiki/Stanislav_Petrov

Og det var godt, alarmen ikke gik og startede en atomkrig, for hvad OKO havde set med sit infrarøde teleskop, var sollys, som var reflekteret af skytoppe. Den nye teknik, som skulle give ekstra sikkerhed ved at fordoble varslingsstiden fra 15 til 30 minutter, kunne også skabe situationer, som i virkeligheden var farligere end selv Cuba-krisen.

Spion- og varslings satellitter bruges stadig, men nu med stor forsigtighed. For ”Petrov-hændelsen” er nemlig ikke enestående ...

Globaliseringen og ikke mindst den globale økonomi er i meget høj grad satellitbaseret. Satellitter forbinder de økonomiske centre verden over, og når der foretages handler, bruger man de uhyre nøjagtige atomure på GPS satellitterne til at fastslå tidspunktet. Det kan afgøre, om man vinder eller taber en formue, for nogle gange kan kurser skifte meget hurtigt, så et ”tidsstempel” for handlen er altafgørende.

Transport af varer er styret af GPS, hvor man hele tiden kan følge skibe og lastbiler. Det gør det muligt at planlægge at transportere på en måde, så man ikke har brug for at lagre varer i længere tid. Det er økonomisk en fordel, men uden GPS ville transportnettet af fødevarer bryde sammen i et omfang, som kunne føre til akut mangel på fødevarer mange steder.

Der er i det hele taget et utal af opgaver: Overvågning af vejr, klima og forurening, og her i Europa kontrol med, om regler for dyrkning af marker og tildeling af tilskud til landbruget følges.

De nødvendige satellitter skal man nok passe godt på – men det åbner så spørgsmålet om prioritering af alle de andre områder af rumfarten.

Hvad vi så har lært

60 år med rumfart har først og fremmest vist, at vi ikke kan anskue rumfarten som et isoleret fænomen. Rumfart er så dyr og kræver så mange resurser, at samfundets reaktion på de store drømme om at rejse ud i rummet er altafgørende.

Rumfarten kan føres tilbage til amatører, der for egne penge søgte at bygge de første raketter. Mellem sig skabte de i perioden ca. 1925-1940 meget af det tekniske og videnskabelige grundlag, som rumfarten stadig bygger på. Man kan næsten sige, at de gik i gang i munter uvidenhed om, hvor svært det er at bygge raketter, for slet ikke at tale om rumskibe.

Her kunne rumfarten så været afgang ved en stille død, hvis ikke det havde været for militæret – først i Tyskland, senere i Sovjetunionen og USA, som så mulighederne ved at bygge langtrækkende raketter. Amatører, som indtil da alene havde været optaget af at flyve ud i rummet, blev nu draget ind i storpolitik og våbenproduktion.

To af disse amatører kom til at spille en afgørende rolle, nemlig Wernher von Braun fra Tyskland og Sergei Korolev fra Sovjetunionen. De var dygtige ingeniører, men først og fremmest karismatiske ledere. Men både de og hele rumfarten mistede uskylden. Under krigen konstruerede von Braun V2 raketten, mens han stadig drømte om at flyve til Månen. Måske er det bare en vandrehistorie, men der er nok et element af sandhed i den sætning, som er tillagt von Braun: ”Jeg sigtede efter Månen, men ramte London”.

Det er let her, mange år senere at være bagklog og kritisk, men von Braun og Korolev levede i en anden tid, og de holdt gennem hele livet fat i drømmen om at sende mennesker ud i rummet. Den kolde krig gav dem deres livs chance, og den blev udnyttet.

Fordi satellitter viste sig at kunne løse mange vigtige opgaver, overlevede rumfarten det første kapløb, og den er nu en central del af samfundet – men det er ikke sket på den måde, man drømte om, før rumalderen begyndte.

På engelsk har vi udtrykket ”Be careful what you wish for – you may get it”. I sidste ende fik rumforskerne de raketter, som de havde ønsket sig, men det viste sig, at de ikke alene kunne skabe rumalderen. Satellitterne gav nye og til dels uventede muligheder for rumfarten, men da rumsonderne begyndte at se længere ud i solsystemet til Mars og Venus, mødte vi et solsystem, der ikke var, hvad vi havde drømt om. For der skal to ting til at skabe en ægte rumalder:

- Den tekniske mulighed for at rejse ud i rummet
- Egnede rejsemål

Det med rejsemålene havde man i mange år taget næsten for givet, men rumsonderne viste, hvor naive vi havde været i vor opfattelse af Mars og Venus. For hverken Mars eller Venus – eller for den sags skyld solsystemets andre planeter og måner – kan på nogen tænkelig måde kaldes

for egnede rejsemål for os mennesker. Vi er blevet tvunget til at indse, at rumfart ikke bare er et spørgsmål om raketter og rumskibe. Naturen skal arbejde med, og det har den bestemt ikke gjort i vort solsystem.

I de kommende artikler vil vi se på, hvordan vor nye viden om solsystemet og universet kommer til at forme rumfartens fremtid.



Næppe noget andet satellitsystem betyder så meget for det moderne samfund som GPS-satellitterne. Vi bruger næsten alle GPS til dagligt, og det bruges til alt fra transport af fødevarer, planlægning af flyveruter og i den militære strategi. Kilde: NASA

INNER SPACE ELLER OUTER SPACE – DET ER SPØRGSMÅLET

Artiklen blev første gang bragt i videnskab.dk den 11. oktober 2017 under navnet: Lange rumrejser: derfor er der ikke sket en dyt i mange år.

I 2011 bragte det engelske tidsskrift The Economist en artikel med titlen ”The End of The Space Age” der argumenterede for, at den del af rumforskningen, som drejer sig om



Rummet omkring Jorden er ved at blive fyldt godt op med satellitter. De her viste satellitter kredser alle i polarbaner godt 1000 km over Jorden, hvorfra de kan overvåge hele planeten. Kilde: NASA

at udforske solsystemet, gradvist ville ophøre, og at fremtidens rumfart ville foregå tæt på Jorden. Artiklen kan læses på siden <http://www.economist.com/node/18897425>.

The Economist delte rummet op i to dele, *Inner Space* og *Outer Space*. Inner Space er rummet fra Jorden og op til den geostationære bane 36.000 km over ækvator. I denne bane findes en hel ring på flere hundrede satellitter, som især bruges til kommunikation. Den danner en naturlig grænse, fordi kun meget få satellitter har baner om Jorden længere væk end den geostationære bane.

Uden for Inner Space befinder sig *Outer Space*, som simpelthen er resten af solsystemet og universet. Tanken om rumflyvning længere borte fra Jorden end den geostationære bane blev så afvist med ordene: "Inner Space is useful. Outer Space is history" – en sætning, der med rette blev opfattet som noget provokerende.

I 2011 var man i fuld gang med at færdigbygge den internationale rumstation ISS, så det var nærliggende at afvise denne påstand om rumfartens fremtid med et berømt citat fra den amerikanske forfatter Mark Twain (1835-1910). Da han på en rejse i Europa hørte, at der gik rygter om hans død, svarede han med at sende følgende telegram hjem til USA: "Rygterne om min død er stærkt overdrevne". Tilsvarende kan man spørge sig selv, om det virkelig kan passe, at "Outer Space is history".

The Economist rejser dog nogle centrale spørgsmål om, hvordan rumfarten kan udvikle sig – spørgsmål som er lige så aktuelle i dag, som da artiklen blev bragt.

Det nyttige "indre rum"

Der er ingen tvivl om, at den første sætning: "Inner Space is useful" er sand. For her findes alle de satellitter, der definerer det, som vi har kaldt "Den nødvendige rumfart". Det er satellitter, som overvåger Jorden og dens klima, forudsiger vejret, hjælper os med at navigere sikkert rundt og er med til at opretholde magtbalancen gennem spionage fra rummet og varsling mod raketangreb.

Den nødvendige rumfart kan kort defineres som alle de satellitter, der er nødvendige for at opretholde det

moderne samfund. Man kan diskutere, om den nødvendige rumfart er "rigtig rumfart", men dens fremtid er i hvert fald sikret. Det kan vi se alene af oversigten over satellitopsendelser i 2017 fra 1. januar-1. oktober.

Der blev i denne periode foretaget 62 opsendelser, hvoraf de 5 var mislykkede. De fordeler sig på følgende måde:

Nødvendig rumfart (især kommunikation)	51
Forsyninger til rumstationer	7
Bemandede opsendelser	3
Videnskab	1

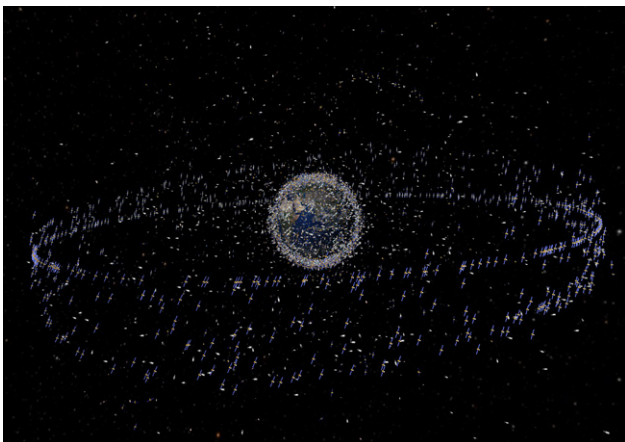
Det er ganske tankevækkende, at der var hele 5 mislykkede opsendelser svarende til 8 % af opsendelserne. Der er trods alt gået 60 år siden den første Sputnik. Når det er sagt, må det dog også understreges, at der også findes særdeles pålidelige raketter som Soyuz, Atlas 5 og Ariane 5, hvor 98-99 % af opsendelserne er vellykkede. Men vi er stadig langt fra den sikkerhed, som flyvningen har opnået - noget som kommende rumturister nok lige bør være opmærksomme på.

I dag foregår al bemanded rumfart i bane om Jorden, og det har ført til, at udviklingen af nye rumskibe går meget langsomt. Alene den kendsgerning, at USA ikke selv har kunnet opsende astronauter efter, at rumfærgerne blev udfaset 2011, taler deres tydelige sprog. Private firmaer som Boeing og SpaceX er ved at udvikle nye rumskibe, men de vil tidligst være klar i 2018. En sådan pause ville man aldrig tillade i et højt prioriteret område som GPS, hvor det er vigtigt, at satellitterne regelmæssigt bliver udskiftet.

Det bemandede program i USA oplever altså en pause på mindst syv år, og det er interessant, at de nye privatbyggede rumskibe ikke repræsenterer et kæmpespring i teknologi. Både Dragon 2 fra SpaceX og Starliner fra Boeing er baseret på den gamle teknik fra Gemini og Apollo med at bruge rumkapsler. Naturligvis er computere og elektronik langt mere avanceret end noget, man havde ved rumalderens start. Således er Starliner så automatisk, at astronauternes opgave i højere grad bliver at være systemoperatører, der overvåger computere, end

at udføre egentligt pilotarbejde. Dog er den mere moderne teknik med at bruge et rumfartøj med vinger, der kan lande som et fly, tilsyneladende opgivet.

At næsten alle opsendelser gælder satellitter til Inner Space, betyder også, at der er ved at komme et alvorligt problem med rumaffald. Således må rumstationen ISS jævnligt ændre sin bane for at undgå sammenstød med rumskrot.



Rumskrot bliver et stadigt større problem for satellitterne. Det meste skrot findes tæt på Jorden, men på tegningen er det let at se den geostationære bane, hvor rumskrottet fordeler sig i en tynd ring. Den geostationære bane 36.000 km over ækvator er den mest anvendte bane omkring Jorden. Kilde: ESA.

Er det ydre rum bare historie?

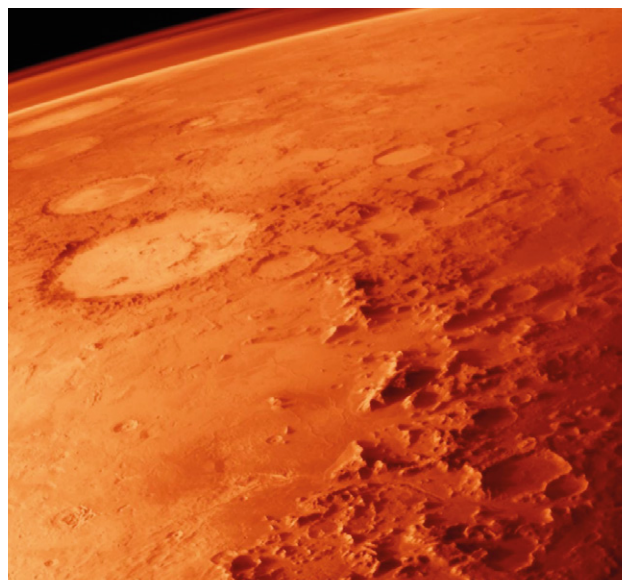
Hvad der virkelig skabte debat, var sætningen ”Outer Space is History”. For rumfart handler ikke om at opsende en ny TV- eller vejr-satellit, men om at udforske universet. Og i den klassiske vision skulle det ske ved at sende ekspeditioner ud til solsystemets planeter og måske også i en fjern fremtid til stjernerne.

Men oversigten over opsendelser i 2017 taler sit eget sprog. Der er ikke opsendt en eneste rumsonde og slet ingen bemandede ekspeditioner til hverken Månen eller Mars. Den enlige videnskabelige satellit, der blev opsendt, var en kinesisk astronomisk satellit.

Så spørgsmålet om ”Outer Space is History” kan ikke bare fejes af vejen med Mark Twain citatet nævnt tidligere. Rumfarten har i dag ikke et fokus på at udforske solsystemet og universet, men i stedet på at opretholde det moderne samfund – og det er der gode grunde til.

For det første har erfaringen vist, at det er både teknisk og økonomisk mere krævende at drive rumfart, end man antog ved rumalderens start. I 2006-2007 gennemførte Danmark ekspeditionen Galathea 3, hvor inspektionskibet Vædderen sejlede verden rundt for at udforske havene. Det 257 dage lange togt kostede omkring 170 mio. kroner og gav en masse videnskabeligt udbytte. For den pris kunne vi kun bygge en lille videnskabelig satellit – en ekspedition til Månen eller Mars vil koste et sted mellem 100 og 1000 gange så meget som Galathea 3. Og det er en pris, som kun få eller ingen regeringer vil betale for ren videnskab.

Men vigtigere er, at solsystemet slet ikke er egnet til bemanded rumfart. Ved rumalderens begyndelse var optimismen stor. De fleste regnede med, at vi kunne rejse til Mars og Venus og udforske dem på samme måde, som vi har udforsket utilgængelige områder på Jorden.



Mars er kraterdækket – en kold rød ørken. Kilde: NASA

Et nyt solsystem

Man vidste godt, at Mars var kold og med en tynd atmosfære, men der var håb om at finde liv i form af lav og mos, i hvert fald nær ækvator. At udforske Mars blev set som en slags polarekspedition, og så sent som 1951 skrev Arthur C. Clarke en roman "Sands of Mars", hvor man godt kunne gå rundt på Mars blot iført polartøj og en iltmaske.

Venus var et ukendt mål, men med håb om at finde have, kontinenter og liv. Nok vidste man, at Venus måtte være varmere end Jorden, men polaregnene måtte det da være muligt at udforske. Argumentet var, at det tætte skylag tilbagekaster så meget af Solens lys, at temperaturen på overfladen ikke ville blive alt for høj.

I dag ved vi, at Venus har en meget tæt atmosfære af CO₂, og at en løbsk drivhuseffekt har forvandlet Venus til en 480 °C varm ørken. Atmosfæren er så tæt, at trykket ved overfladen svarer til det tryk, vi finder i en havdybde på 900 meter. Mars er ikke bare kold med nattemperaturer ned til -120 °C, men atmosfæren er også så tynd, at vi skal op i en højde på 30 km over Jorden for at finde et tilsvarende lavt tryk. Der er ikke brug for polardragter, men rigtige rumdragter – og desuden er der intet tegn på hverken lav eller mos nogen vegne. Kun rød ørken med masser af støv og støvstorme.

Med naboplaneter som Venus og Mars er det svært at skabe stor opbakning til at sende mennesker på lange rejser ud i solsystemet. Hvis Venus og Mars havde været, som man troede ved rumalderens start, ville vi ret sikkert have besøgt dem trods de store omkostninger.

Mars og Venus var rumfartens hovedmål, men de virker ikke helt så tillokkende i dag, som de gjorde engang. Og som vi skal se, er resten af solsystemet bare værre.

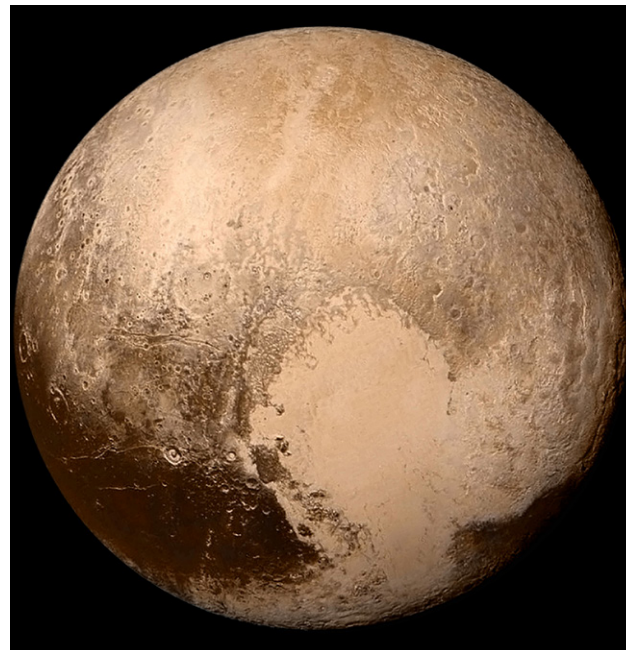
Resten af solsystemet

Vi må nok indrømme, at det ydre solsystem, altså fra Jupiter og udefter, ikke er meget bedre rejsemål for mennesker end Venus og Mars. Jupiters måner kunne være

meget spændende at besøge, især Europa, hvor der under et tykt lag is måske gemmer sig et dybt hav med de muligheder, det åbner for liv. Men desværre ligger Europa så langt inde i Jupiters strålingsbælte, at selv elektronikken har svært ved at klare det.

Både USA og Europa har planer om at sende sonder til månen Europa, men selv disse godt beskyttede sonder kommer til at kredse i meget aflange baner om Jupiter, således at de kun med mellemrum kommer ind forbi Europa, hvor strålingen er rigtig stærk. Resten af tiden bruger sonderne til at "køle af" langt fra Jupiter. Det er nødvendigt for, at elektronikken kan overleve, men bestemt ikke noget, der lægger op til bemandede rejser.

Saturns måner Enceladus og Titan er mindst lige så spændende, og her er strålingen heller ikke så stort et problem. Men rejsetiden til Saturn er flere år med de rumskibe, vi kan bygge i dag. Så bemandede rejser herud har nok lange udsigter – selv om det vil være noget af en oplevelse at flyve gennem gejserne på Enceladus og sejle på Titans metansøer.



Sputnik Planum på Pluto er Plutos 'hjerter', den hvide slette. Kilde: NASA

Teoretisk skulle det være muligt for en astronaut at gå på Sputnik Planum – Plutos enorme gletsjer af frosset kvælstof. Men en rejse til Pluto er mere end tre gange så lang som rejsen til Saturn, og selv New Horizons, den hurtigste rumsonde, der nogensinde er opsendt, var 9 år om rejsen til Pluto – og så havde den ikke engang brændstof nok til at bremse ned ved ankomsten og gå i bane om Pluto. New Horizons fløj på få timer forbi Pluto med en fart på 50.000 km i timen, og gav os i virkeligheden kun et kort glimt af denne fascinerende klode så langt fra Solen.

De lange rejser

Rejser til det ydre solsystem vil kræve, at astronauter opholder sig i flere år om bord på et rumskib, hvorfra Jorden i bedste fald kun kan ses en lille stjerne blandt så mange andre på den sorte himmel. Direkte samtaler med Jorden er udelukket, da radiosignaler vil være timer om at tilbagelægge vejen fra rumskib til Jorden og tilbage igen. Så der vil være meget lang tid mellem spørgsmål og svar.

Hertil kommer den store udfordring, det vil være at konstruere rumdragter og andet udstyr, som kan sikre, at astronauter kan arbejde ved de meget lave temperaturer, der findes i det ydre solsystem. Methanhavene på Titan har en temperatur på $-180\text{ }^{\circ}\text{C}$, og Pluto er med en temperatur på $-240\text{ }^{\circ}\text{C}$ kun $30\text{ }^{\circ}\text{C}$ over det absolutte nulpunkt.

I alle tilfælde skal der konstrueres små og lette atomreaktorer, som kan levere en masse energi til både at opvarme rumskibe og eventuelle baser. Den teknik ligger et godt stykke ude i fremtiden. I det ydre solsystem kan man nemlig ikke få energi nok ved at bruge solceller. Her er rumfarten helt henvist til atomkraft.

Outer Space er en udfordring

Det er derfor langt mere selve solsystemet end mangel på interesse fra politikere, der har formet rumfartens udvikling. Der var engang en science fiction-roman med titlen

”Rumdragt haves – vil gerne ud at rejse”. Vi har rumdragterne, men mangler rejsemål, hvor mennesker kan leve og bo på nogenlunde normal vis.

Hertil kommer, at vi er ret langt fra at have de nødvendige rumskibe til at rejse til andre planeter. Helt grundlæggende kræves der tre typer af rumskibe:

- Et transportrumskib, der kan sende astronauter ud i bane om Jorden
- Et rumskib til lange rejser, der kan flyve fra bane om Jorden til bane om en anden planet
- Et landingsfartøj

Det eneste, vi har, er nogle ret små transportrumskibe, som kan sende astronauter op til ISS. Det er Soyuz og snart Dragon og Starliner.

Et langtursrumskib skal bygges helt forfra. Det kan bedst beskrives som en rumstation udstyret med en raketmotor. Da besætningen skal kunne leve og bo på rumskibet i sandsynligvis flere år, må det blive ganske stort. Når man tænker på arbejdet med at sende alle delene op til ISS, som jo ikke skal flyve nogen steder hen, er det let at se, at et langtursrumskib bliver både en økonomisk og en teknisk udfordring.



Astronauten Aldrin stiger ned på Månen fra landingsfartøjet Eagle i juli 1969. Billedet er taget af den første mand på Månen, Neil Armstrong. Kilde: NASA



Det europæiske rumagentur ESAs forslag til en månebase viser problemerne ved at bo på Månen: Af hensyn til stråling og de ekstreme temperaturer fra $-180\text{ }^{\circ}\text{C}$ om natten til over $100\text{ }^{\circ}\text{C}$ om dagen skal basen dækkes af et tykt lag månesteov. Kilde: ESA

Vi har i rumfartens historie kun haft et landingsfartøj, nemlig det *Lunar Module*, som blev brugt i Apollo-programmet til at landsætte mennesker på Månen. Der skal bygges et nyt og større *Lunar Module* til Månen og en helt ny type landingsfartøj til Mars, som jo har en atmosfære.

Alt dette kan naturligvis bygges, men det vil tage tid og koste en masse penge.

Med tiden skal vi nok få baser på Månen og Mars, men at bo på dem vil nok mest af alt minde om at bo på Antarktis, hvor det jo er noget af en udfordring at bevæge sig udendørs. Og selv herinde, tæt på Solen, kan man opleve nogle ganske lave temperaturer. Om natten kan temperaturen på Månen synke ned til $-180\text{ }^{\circ}\text{C}$, mens nattemperaturer på under $-100\text{ }^{\circ}\text{C}$ er ganske normale på Mars. En udvej er at grave basen godt ned, hvilket måske alligevel bliver nødvendigt af hensyn til strålingen fra rummet.

En anden udvej

Men i en overskuelig tidsramme er det svært at se, at Månen og Mars kan blive hjemsted for et stort antal mennesker. Der er dem, der forestiller sig, at man kan omdanne klimaet og atmosfæren på Mars, så det bliver lettere at bo deroppe. Måske, men det ligger langt ude i fremtiden. I det 21. århundrede må vi nøjes med solsystemet, som det er.

Den tekniske udvikling kan dog åbne "Outer Space" på en helt ny måde, nemlig ved brug af Virtual Reality. Udviklingen af robotter og rumsonder går nu meget hurtigt, og i løbet af det 21. århundrede vil det ret sikkert blive muligt for os her på Jorden at opleve solsystemet i Virtual Reality, formidlet af robotter, som kan komme steder, intet menneske kan komme.

Tænk at kunne vandre blandt svovlvulkanerne på Jupiters måne Io, dykke ned i havet under Europas is eller

sejle på Titans metansøer – alt sammen hjemme fra stuen. Vort bedste håb er, at robotter og Virtual reality kan gøre solsystemet mere nærværende for os alle, og på en måde gøre os alle til astronauter.

Men hvem ved – måske har Elon Musk eller hans efterfølgere til den tid gjort deres drømme til virkelighed og sendt deres 100-mands ”krydstogtrumskibe” ud i solsystemet. Fremtiden ligger åben for os, og det er svært at sige både, hvad vi kan, og hvad vi vil 50 år fra nu.



En rumforsker fra ESA afprøver, at man kan styre biler og satellitter med virtual reality. Kilde: ESA

To visioner

Hvad der virkelig skabte debat var, at den vision for rumfartens fremtid, som The Economist formulerede i artiklen, var meget negativ. Bladet skrev:

”Fremtiden ser ud til at være begrænset af den nye grænse for Jorden, den geostationære bane. Inden for denne grænse vil der komme stadig mere aktivitet, og denne del af rummet vil blive tæmmet af mennesket, ligesom vi har tæmmet så mange odemarker i fortiden.

Uden for den geostationære bane vil rummet forblive tomt. Der vil være enkelte strejftog, ligesom når mennesker forlader deres forskningsbaser i Antarktis for at kortvarigt at begive sig

hen over iskappen, før de igen vender tilbage til basen for at få varme, mad og selskab. Men menneskets drømme om en fremtid berude i rummet vil stort set være forsvundet.”

Det er klart, at for enhver, som er interesseret i rumfart, er en sådan vision provokerende, og den behøver slet ikke at blive sand.

Over for den står en anden vision, formuleret helt tilbage i 1951 af Arthur C. Clarke, her gengivet i en lidt forkortet udgave:

”Mod slutningen af det 20. århundrede kom mennesket til at indse, at Jorden kun er en af mange verdener, Solen kun en af mange stjerner. Raketten bragte mange millioner af års isolation til ophør. Da de første rumskibe landede på Mars og Venus, var menneskets barnestadium forbi, og historien som vi kender den, tog sin begyndelse ...”

Netop denne forestilling om, at vor fremtid ligger ude i rummet, har i høj grad været en drivkraft for den tidlige rumfart med de store forventninger til Mars og Venus. Nu, hvor vi har lært solsystemet at kende, ved vi, at det ikke er en fremtid, der bare kommer af sig selv – dertil er solsystemet for fremmedartet.

Men alligevel er det muligt at opretholde en positiv vision for rumfartens fremtid, hvor rumfarten ikke bare holder sig til Inner Space. Elon Musk fra SpaceX søger jo gang på gang at vise os de muligheder, han forestiller sig i en fremtid for mennesker ude i rummet. Derfor er der for mange mennesker en enorm forhåbning til et firma som SpaceX, der ses som en modpol til de etablerede rumagenturer, der heller ikke altid er lige inspirerende at høre på.

Disse forhåbninger vil måske også blive rettet imod et nyt firma ved navn Blue Origin, der er grundlagt af Jeff Bezos, Amazons grundlægger. Blue Origin er ligesom SpaceX ved at bygge store raketter med navne som New Shepard og New Glenn opkaldt efter amerikanske astronauter.

På mange måder har Jeff Bezos en vision, der minder om Elon Musk. På en konference i 2017 udtalte Bezos således: “The long-term vision is millions of people living and working in space. We need a space-faring civilization.”

Er visioner nok?

Musk og Bezos har i hvert fald visionerne, og man kan kun håbe, at de kan indfri forventningerne. Det er dog vigtigt at huske, at de som alle andre er underkastet både de tekniske og økonomiske love. Det er nok lidt svært at forestille sig private firmaer finansiere et stort fremstød i rummet, hvor man taler om mange hundrede eller flere tusinde mennesker ud i rummet. I dag sender verdens rumagenturer kun 12-15 mennesker ud i rummet om året.

Skal de store planer overhovedet have en mulighed for at lykkes, bliver det nødvendigt hurtigt at skabe et overskud ved at flyve ud i rummet. Rumturisme kan næppe alene gøre det, men måske kan det lykkes ved at drive minedrift på asteroider, eller ved at levere energi til Jorden fra store energisatellitter. Om sådanne projekter er mulige for slet ikke at tale om rentable, det ved vi endnu ikke, men de er afgørende for rumfartens fremtid.

Det er korrekt, at solsystemet ikke har opfyldt vore forventninger om, at det lå parat lige til at blive udforsket og måske endda koloniseret. Solsystemet er i stedet blevet ikke bare en kolossal teknisk udfordring, men også en udfordring til hele vor kultur. For første gang skal vi drage ud til steder, hvor det i hvert fald er meget vanskeligt – og mange steder helt umuligt - at leve eller bo. Vi kan håbe på, at det vil blive muligt at skabe rumkolonier eller baser, som med industriel virksomhed kan levere det økonomiske overskud, som er nødvendigt for at opholde sig permanent i rummet, men det meste af vor aktivitet i solsystemet vil nu nok blive at indsamle viden.

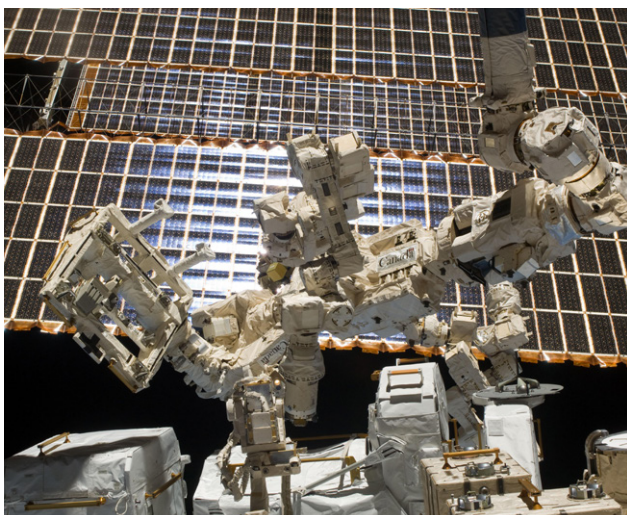
Det eneste, vi med sikkerhed kan sige, er, at udforskning af solsystemet kan give os en ny forståelse af vor plads i universet. Man kan sige, at solsystemet vil vise, om vor nuværende kultur opfylder et af de krav, som man kan stille til en ægte civilisation – nemlig at den også kan investere i en langsigtet indsamling af viden, og ikke bare tage sig af de jordnære problemer, selv om de naturligvis også er vigtige at løse.



Minedrift i rummet, som en tegner forestiller sig det. Kilde: NASA

MENNESKER ELLER ROBOTTER

Artiklen blev første gang bragt i videnskab.dk den 21. oktober 2017 under navnet: Skål mennesker eller robotter udforske universet?



Robotten Dextre ombord på ISS i 2011. Kilde: NASA

Den klassiske fortælling om rumfartens fremtid er historien om, hvordan mennesker drager ud i solsystemet, først til Månen og Mars og senere til de fjerne ydre planeter og deres måner. Rumfart blev set som en direkte fortsættelse af de store opdagelsesrejser her på Jorden, hvor de sidste hvide pletter på kortet, ørkener, jungler og de polare egne blev undersøgt og kortlagt.

Udforskningen af solsystemet er de største opdagelsesrejser i historien, men det er slet ikke sikkert, at disse rejser vil blive foretaget af mennesker. Allerede nu kan vi jo se, hvor central en rolle rumsonder spiller, og alt tyder på, at robotter og rumsonder vil blive stadig mere vigtige.

Der er tre vigtige grunde til, at udviklingen går denne vej. Man kan også vælge at sige, at mennesket, og her menes i praksis astronauterne, står over for tre store udfordringer.

Tre store udfordringer

Den første udfordring er, at der set fra menneskets synspunkt kun findes to slags kloder i solsystemet:

- Dem, der er vanskelige at besøge og opholde sig på
- Dem, der er umulige at besøge

I den første gruppe har vi Månen, Mars, Jupiter månerne Callisto og muligvis også Ganymedes samt Saturns måner med Enceladus og Titan som de vigtigste mål. I den anden gruppe har vi så resten af solsystemet, og det omfatter jo langt det meste.

Den andet udfordring er, at mennesket har svært ved at tåle lange rumrejser. Som vi skal se, er de rent medicinske problemer ganske store, og hertil kommer de mulige psykologiske problemer ved at rejse så langt bort fra Jorden, at vor hjemplanet kan være svært at se samtidig med, at al normal kommunikation er umulig.

Den tredje udfordring er, at den gamle påstand om, at astronauter er langt hurtigere og bedre til at udforske en fremmed klode, nok ikke vil være sand om et par årtier. Det er blevet fremført, at alt det arbejde, de to små marsbiler Spirit og Opportunity har udført over mange måneder, kunne være klareret af en astronaut i en rover på et par dage. Det er da korrekt, men de robotter, astronauterne kommer til at "konkurrere" med om 20-50 år, vil være langt mere autonome og også langt mere intelligente end dem, vi kan bygge i dag.

Rumstationerne

Siden 1971 har der kredset rumstationer om Jorden, og det har givet os et godt indblik i, hvordan mennesker både fysisk og psykisk kan klare lange ophold i rummet. Der er både positive og mindre positive erfaringer, men selv i dag er rekorden for at opholde sig i rummet kun på 437 dage,

og den rekord blev sat allerede i 1995 af den russiske kosmonaut Polyakov. Det skal sammenholdes med, at rumrejser ud i solsystemet vil tage flere år, medmindre rumskibene bliver langt hurtigere end dem, vi kan bygge i dag.

På den positive side står, at for den veltrænede astronaut er vægtløsheden ikke en hindring for at udføre endda ret kompliceret arbejde. På rumstationen ISS udfører astronauter rutinemæssigt laboratoriarbejde og foretager store og små reparationer. Selv rumvandring, der engang var en kæmpe udfordring, er blevet rutine i en grad, der har gjort det muligt at basere bygningen af ISS på, at astronauter har kunnet samle delene ude i rummet.

Man skal dog huske, at både den omhyggelige udvælgelse af astronauter og den årelange træning får arbejdet til at se lettere ud, end det er i virkeligheden.

En ting, vi ikke ved meget om, er, hvordan astronauter rent psykisk klarer lange ophold i rummet – det er ikke rigtig noget, der tales om. Vi ved dog, at der på de små russiske rumstationer af typerne Salyut og Mir har været problemer med astronauter, som til sidst bare ikke kunne holde hinanden ud, og der er et enkelt eksempel, hvor en flyvning er blevet afkortet, muligvis som følge af psykologiske problemer. På ISS er der heldigvis så god plads, at astronauterne godt kan finde steder at være alene, hvis de får et behov for det. En anden vigtig faktor er den fantastiske og altid afvekslende udsigt til Jorden fra en højde på 400 km – en udsigt som mange astronauter har sagt er fantastisk afstressende. Den udsigt har man desværre ikke, når Jorden er mange millioner kilometer borte. Desuden vil der på et rumskib til Mars helt sikkert være meget mindre plads end på ISS.



Astronauten Tracy Dyson nyder udsigten til Jorden fra ISS. Kilde: NASA

Det skrøbelige menneske

Der har til dato været over 550 mennesker ud i rummet, og de har tilsammen opholdt sig omkring 139 år uden for atmosfæren. Det giver jo noget af et grundlag for at vurdere de medicinske konsekvenser af at foretage rumrejser. Her er billedet noget mere blandet.

Vi ved nu med sikkerhed, at hverken vægtløshed eller stråling er spor sundt. Strålingen fra rummet kan godt gå hen og blive det allerstørste problem for rejser ud i solsystemet, hvor rumskibet ikke længere er beskyttet af Jordens magnetfelt. Vægtløsheden er også et stort problem, men 1-2 timers fysisk træning hver dag – især på motionscykler – har vist sig at kunne holde knogler og muskler i en rimelig god form.

Formen er dog ikke bedre, end at astronauter efter et flere måned langt ophold i rummet skal gennem en lang genoptræning, før de kan leve normalt under Jordens tyngdekraft. Når de russiske Soyuz rumskibe lander, kan man også se, hvor hurtigt astronauterne bliver næsten båret hen i liggestole, selv om de efter kort tid normalt kan gå i hvert fald kortere stræk. Problemet er, at der jo ikke står et lægehold parat på Mars, når astronauterne lander ...



Astronauten Pavel Vinogradov bæres fra landingen efter at have været på ISS i 5½ måned i 2013. Kilde: NASA/Bill Ingalls

Et katalog af problemer

Skal vi samle de vigtigste erfaringer fra 56 års bemanded rumflyvning, må de vigtigste problemer være:

- **Vore rumskibe er for langsomme**

Over et halvt års rejse til Mars og flere år til det ydre solsystem er simpelthen ikke acceptabelt. Hertil kommer, at astronauterne jo også skal hjem igen, så selv et hurtigt smut til Mars og hjem igen kan meget let tage halvandet år med den nuværende teknik.

- **Svækkelse af knogler og muskler**

Uden to timers hård træning om dagen vil knoglerne tabe både calcium og fosfor. Tabet af knoglemasse kan komme op på 10 % i løbet af et halvt år i rummet, hvilket vil føre til sygdommen osteoporose (knogleskørhed). Desuden fører vægtløsheden til, at astronauter kan blive op til 5 cm højere, da knoglerne jo ikke presses sammen. Det fører ofte til ubehagelige rygmerter.

- **Den kosmiske stråling**

I en højde på bare 400 km over Jorden er ISS godt beskyttet af Jordens magnetfelt. På en rejse til Mars eller en anden planet har man ikke denne beskyttelse. Hertil kommer faren fra solstorme, hvor strålingen kan blive så voldsom, at astronauternes liv kan komme i fare. Selv på en "hurtig" marsrejse er strålingsdosen beregnet til 0,66 Sievert, hvilket svarer til at få en CT-scanning ca. en gang om ugen. Den årlige tilladte dosis for folk, der arbejder med radioaktive stoffer, er 0,02 Sievert. Grænsen for en øget risiko for kræft sættes til 0,1 Sievert/år, og da den overskrides ret meget på en Marsrejse, får astronauterne dermed en markant forøget risiko for kræft.

- **Svækket syn**

I vægtløsheden fordeler blodet sig anderledes i kroppen, hvor hjertet jo hele tiden skal pumpe så godt, at blodet kommer helt rundt og ikke ender i benene. I den vægtløse tilstand fører det til, at for meget blod samler sig i overkrop og hoved, og for lidt i benene. Det ekstra blod i hovedet kan åbenbart udøve et tryk på øjet, der kan påvirke synet. Hele 60 % af de astronauter, som har opholdt sig mindst et halvt år i rummet, har fået synsproblemer, der viser sig som sløret syn. Normalt forsvinder problemet igen, når man vender hjem, men enkelte har permanent fået nedsat synet.

- **Svækket immunsystem**

Meget tyder på, at immunsystemet ikke fungerer optimalt under vægtløshed. Nogle af immunsystemets celler bliver mere aktive, hvilket får kroppen til at overreagere, hvilket kan give allergi og udslet. Til gengæld bliver andre celler mindre aktive.

- **Psykologiske problemer**

Det er muligt, at de psykologiske problemer ved en lang rumrejse ud i solsystemet kan vise sig at være meget større end ved bare at kredse om Jorden. For astronauterne på ISS har det stor betydning altid at kunne se ned på Jorden, bare 400 km. Den udsigt har man desværre ikke, når Jorden er mange millioner kilometer borte. I bedste fald er Jorden synlig som en lille stjerne, men der er også perioder, hvor Jorden er ovre på den anden side af Solen, og hvor man hverken kan se Jorden eller på nogen måde komme i kontakt med den. Det at være uden kontakt oplevede de opdagelsesrejsende i 1700- og 1800-tallet jo tit, men moderne mennesker er jo – ikke mindst takket være mobiltelefonen – vant til altid at være ”på”. Og så hjælper det jo heller ikke, at et rumskib eller en base er et meget trangt opholdssted med små muligheder for privatliv. Der vil helt sikkert være meget mindre plads end på ISS. Og der er ikke noget sted i solsystemet, man bare kan forlade basen og bare gå en tur – for det vil kræve rumdragt og lang tids forberedelse.



Nutidens rumskibe: Soyuz MS-03 til transport af mandskab (i forgrunden) og Progress 66 til at transportere udstyr parkeret ved ISS i maj 2017. Kilde: NASA

Nedsat rejsetid

Rigtig meget kunne løses, hvis vore rumskibe var noget hurtigere. Nu er der jo endnu ikke bygget et langtursrumskib, og den gode nyhed er, at man rent teknisk godt kan bygge et rumskib, der kan flyve til Mars 6-8 uger i stedet for 6-8 måneder. Den dårlige nyhed er, at det vil koste en masse penge.

Der er to veje frem: Den ene er at bruge atomkraft. Der er forskellige forslag til atommotorer, der kan løse problemet, men de skal udvikles stort set fra grunden. Rent politisk bliver det heller ikke let at begynde at sende radioaktive materialer til en atomreaktor ud i rummet. Det ved NASA alt om, da der var en frygtelig ballade, da rumsonden Cassini blev sendt mod Saturn i 1997 med sin last af plutonium, som skulle levere energien til rumsonden.

Den anden måde er måske mere miljøvenlig. Nye undersøgelser har vist, at der findes is på Månen begravet under overfladen i polaregnene. Ikke meget is, men nok til at udvinde og sende fra Månen og ind i en bane om Jorden. Her kan isen med sollysets hjælp spaltes i ilt og brint, som jo er et meget effektivt raketbrændstof.

Med en tankstation i rummet behøver vi ikke at sende alt det brændstof, vi skal bruge ud i rummet, hvilket jo i sig selv kræver en masse brændstof, da Jorden har et stærkt tyngdefelt. Kan rumskibet tankes op ude i rummet, er det ikke svært at fylde så meget brændstof på, at rejsetiderne kan nedsættes markant.

Problemet her er bare, at produktion af is på Månen vil kræve en månebase, og sandsynligvis bygningen af en elektromagnetisk katapult, der kan sende beholdere med brændstof mod Jorden. En meget stor startudgift, men givetvis en god ide den dag, der er etableret et behov for regelmæssige rejser til Mars eller andre kloder i solsystemet.

Robotterne kommer til hjælp

Alt i alt ser den bedste vej frem ud til at være at bruge astronauter så lidt som muligt og autonome, semi-intelligente robotter så meget som muligt i hvert fald til

forskningsopgaver. Selv hvis man ønsker at etablere en koloni på Månen eller Mars, vil det være en stor fordel at alliere sig med robotter.

Et af de mere interessante forslag er kommet fra verdens største rumfartsforening, The Planetary Society. De har foreslået, at den første rejse til Mars slet ikke kommer til gå til selve planeten, men i stedet til den lille måne Phobos, som kredser kun 6000 km over Mars.

Fra Phobos kan astronauterne så sende mange små rumsonder ned til overfladen og direkte styre dem. Det kan lade sig gøre, fordi et radiosignal fra Phobos kun er 20 millisekunder om at komme ned til Mars. Teknikken hedder *telepresence* og bruges mange steder, fx til at styre ubemandede fly, operationer på sygehuse og meget andet.

Tidsrammen er 2033, og til den tid vil robotter ikke bare køre rundt på Mars, men bevæge sig på alle mulige måder, afhængigt af terrænet – måske gå, måske flyve. Hertil kommer, at de vil være meget autonome og have en betydelig grad af intelligens. Styret fra Phobos vil snese af store og små robotter kunne udforske mere af Mars, end det vil være muligt for astronauter, som lander. Der er jo også mange steder på Mars, hvor det slet ikke vil være sikkert for astronauter at bevæge sig. Bortset fra sikkerheden begrænser en tung rumdragt jo også, hvor stejle bjerge og dybe kløfter en astronaut kan udforske.

Andreas Mogensen har taget det første skridt

På sin rumflyvning i september 2015 gennemførte Andreas Mogensen et forsøg, der direkte kan ses som en forberedelse til at bruge denne teknik. Projektet hed *Meteron*, og her skulle Andreas Mogensen demonstrere, at man kan fjernstyre en robot fra rummet. Det skulle ske ved at styre en rover på en simuleret månebase anbragt i Holland. Opgaven var at sætte en lille pind ind i et lille hul, og som hjælp kunne Andreas føle, hvor let eller svært det var at bevæge den lille pind. Første gang tog

det 45 minutter at gennemføre forsøget og anden gang bare 10 minutter.

Også i juli 2013 har NASA og ESA gennemført den type forsøg fra ISS. Her gennemførte NASA-astronauten Chris Cassidy sammen med ESA-astronauten Luca Parmitano forsøg, hvor de styrede en rover anbragt i Ames forskningscentret i Californien. Formålet var at udforske et simuleret månelandskab.

Der forskes altså allerede i denne teknik, som muligvis bliver den foretrukne metode til at gennemføre i hvert fald den første meget grundige undersøgelse af en planet. Så kan man i ro og mag vælge de steder, hvor der kan være en god grund til at indsætte astronauter.

På langt sigt

Går vi længere ud i fremtiden, er der i hvert fald to steder, hvor teknikken med fjernstyring af robotter kan gøre god nytte.

Det er ikke så svært at sende et bemanded rumskib i bane om Venus, men det er ganske umuligt for mennesker at lande på den 480 °C varme overflade. Det er også svært for robotter at overleve den høje temperatur koblet sammen med et tryk på 90 atmosfærer – men de er den eneste mulighed for at udforske overfladen og direkte analysere, hvilke klipper den består af. Med lidt fjernstyring fra et omkredsende rumskib kan der udrettes meget i de få timer eller dage, robotten kan køre rundt, før den dør af hedeslag.

Det andet sted er Jupiters måne Europa, hvor der under den isdækkede overflade findes et dybt hav, med de muligheder det åbner for liv. Europa kredser bare 670.000 km fra Jupiter, og så dybt inde i Jupiters strålingsbælter, at det er svært for selv elektronik at klare sig i længere tid.

Men på Månen Callisto, som kredser 1,88 millioner km fra Jupiter, er strålingen ikke stærkere, end at mennesker kan overleve at opholde sig der – især, hvis de graver basen godt ned. Herfra kan man så styre de robotter, som skal søge at bore sig gennem isen. Det bliver



Meteron = Multi-purpose End-To-End Robotic Operations Network. Det er muligt, at udforskningen af Mars vil foregå ved, at astronauter fra et rumskib i bane om Mars fjernstyrer et stort antal robotter nede på overfladen. Kilde. NASA/GSFC

en ganske vanskelig opgave, for selv under de mest optimale forhold tager det et radiosignal ca. 8 sekunder om at komme fra Callisto til Europa og tilbage igen. Her bliver det i hvert fald nødvendigt med særdeles autonome og intelligente robotter, som kun behøver lidt hjælp fra

mennesker, men det går nok, da et projekt af denne art meget vel kan ligge et århundrede ude i fremtiden.

Den ultimative udfordring for robotteknikken bliver flyvninger til andre stjerner – et emne vi vil behandle i den sidste artikel.

RUMFARTEN, UNIVERSET OG OS

Artiklen blev første gang bragt i videnskab.dk den 25. oktober 2017 under navnet: Solsejl kan spare os tusindvis af års rumrejse mod stjernerne

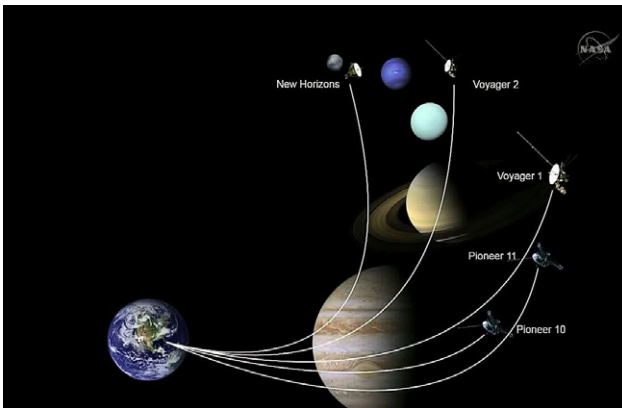
Rumfart er ikke alene et spørgsmål om teknik og rumskibe. På langt sigt vil vi også se, at rumfarten bidrager til den måde, vi opfatter vor plads i universet og dermed



Mælkevejen set af hubbleteleskopet. Kilde: NASA, ESA og Hubble.

også bidrager til vor kultur. Den side af rumfarten vil blive tydelig den dag, vi sender de første rumsonder ud af solsystemet med kurs mod de nærmeste stjerner.

Er der grænser for rumfarten?



Fem af vore rumsonder er nu på vej ud af solsystemet. Senest var det New Horizons, der efter mødet med Pluto i 2015 nu er på vej ud i Kuiperbæltet. Af de øvrige fire har vi stadig kontakt til Voyager 1 og 2, der blev opsendt i 1977. Kilde: NASA

Men inden vi ser på de store spørgsmål om, hvordan rumfart vil påvirke vor kultur, er det nok på sin plads at se på, hvilke grænser der er for rumfarten.

I dag kan vi sende rumsonder til selv de fjerneste kloder i vort solsystem. Rejserne tager sin tid, men selv New Horizons var dog ikke mere end ni år om at flyve fra Jorden til Pluto. New Horizons er den hurtigste rumsonde, der nogensinde er sendt ud i rummet. Den blev opsendt med en Atlas 5 raket, som gav sonden en fart på 58.500 km i timen i forhold til Jorden. Det var lige alt det, at den 500 ton tunge raket kunne klare opgaven, og det gik kun, fordi New Horizons er en lille rumsonde med en vægt på bare 478 kg.

New Horizons er en stor teknisk triumf, men alligevel vil sonden være titusinder af år om at nå ud i en afstand svarende til den nærmeste stjerne.

Med atomdrevne raketter er det muligt at opnå langt større hastigheder. Med den teknik, der er til at forudse, kan atomdrevne raketter opnå hastigheder på 10-100

gange mere, end det er muligt med kemisk drevne raketter. Det vil bringe rejsetiderne til de nærmeste stjerner ned til få tusinde år. Det betyder, at hvis oldtidens romere eller ægyptere havde opsendt en atomdrevet rumsonde, ville den først i vore dage være fremme ved sit mål. Selv om vi nu kunne bygge en sådan sonde, er det svært at forestille sig, at vor nuværende kultur kunne planlægge et projekt over så lange tidsrum.

Men betyder det, at der er så stærke grænser for rumfart, at vi må holde os inden for vort solsystem og opgive tanken om at sende rumsonder til andre stjerner? Det kan vi i dag ikke give et helt klart svar på. Og måske skal vi heller ikke være så kedede af, at de umådelige afstande i universet i alle tilfælde vil gøre stjernerejser meget vanskelige.

En russer griber ind

Det er klart, at stjernerejser ligger så langt ude i fremtiden, at man indtil nu ikke har forsket meget i emnet. Dygtige amatører har skrevet flere bøger og er kommet med nogle udregninger. De har ikke altid været enige, men der har i hvert fald været en undertiden ret livlig debat.

Det har nu ændret sig, takket være russeren Yuri Milner, en IT-milliardær, der bruger nogle af sine mange penge til at starte de såkaldte ”Breakthrough projekter”, hvor han virkelig udfordrer de grænser, som videnskaben og teknikken sætter i dag. Af særlig interesse her er de tre projekter:

- Breakthrough Listen
- Breakthrough Message
- Breakthrough Starshot

Breakthrough Listen er et projekt med et budget på ikke mindre end 100 mio. dollar til at lytte efter signaler fra andre civilisationer. Når man sammenligner med de nærmest ikke-eksisterende midler, der hidtil har været afsat til en sådan aflytning, er Breakthrough Listen vist det, man kalder en ”game changer” på moderne dansk. I

april 2017 blev resultaterne af det første års eftersøgning præsenteret: Ingen klare beviser for andre civilisationer, men 11 særdeles interessante resultater, som man nu vil se nærmere på.

Breakthrough Message er en årlig pris på 1 mio. dollar for at udarbejde det bedste budskab, vi kan sende til en anden civilisation. Budskaberne skal dog ikke sendes, før der på en eller anden måde er opnået enighed om, at det er en god ide.

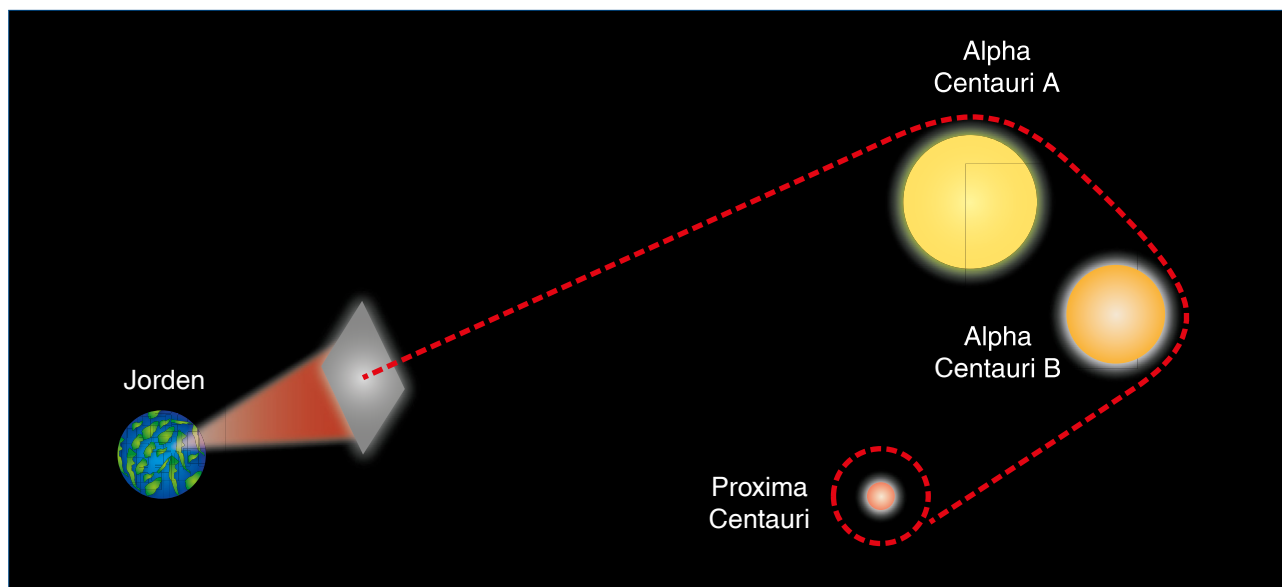
Breakthrough Starshot skal med et budget på 100 mio. dollar udforske muligheden for at sende en rumsonde til vor nærmeste stjernenebo, Alfa Centauri 4,3 lysår borte. Og det skulle meget gerne være en rumsonde, som kan klare rejsen ikke på århundreder eller årtusinder, men på bare 20 år.

Med et budget på 100 mio. dollar er det ikke svært af hyre gode videnskabsmænd og ingeniører. At opgaven ikke er spor let, viser det første forslag, der blev præsenteret samtidig med, at projekt Breakthrough Starshot blev

annonceret 12. april 2016. Denne dato var ikke tilfældigt valgt. Det er rumfartens dag i Rusland, fordi verdens første kosmonaut, Yuri Gagarin, blev opsendt netop denne dag i 1961.

Den umulige opgave

Der er tænkt kreativt for at stille et projekt på benene, som ikke bare umiddelbart kunne fejles af vejen. Valget faldt på nogle ganske små rumsonder på kun få gram udstyret med solsejl. Sonderne sendes ud i rummet med en almindelig raket, og ude i rummet foldes solsejlet ud. Da sollyset slet ikke er stærkt nok, bliver solsejlet belyst af nogle enorme lasere, som står her på Jorden. De er så kraftige, at de på få minutter kan bringe en sondes fart op på 20 % af lysets hastighed, eller 60.000 km i sekundet. Det giver en acceleration langt større end den, man vil opleve ved at lade sig skyde til Månen med en kanon, som Jules Verne i sin tid foreslog. Til gengæld kan sonden nå Alfa Centauri på godt 20 år.



Princippet bag brugen af solsejl: lasere på Jorden rettes mod solsejlet, der derved får en meget kraftig acceleration, så det på få minutter bringer rumskibet op på 20 % af lysets hastighed. Tegning: Stig Bing

Man vil opsende flere hundrede sonder ad gangen i håb om, at bare nogle få vil overleve den meget voldsomme start. De næsten frimærkestore sonder har fået det meget passende navn Starchip, for de er på størrelse med de chips, der sidder i en mobiltelefon.

Hvordan nogle få gram tunge sonder skal kunne kommunikere med Jorden over en afstand på mere end fire lysår, står lidt hen i det uvisse, selv om der tales om et laserdrevet kommunikationssystem, hvor solsejlet bruges som antenne – hvis ellers solsejlet har overlevet starten. Men det virkelige problem er, at sonderne farer forbi enhver planet, de måtte møde, med en fart på 60.000 km i sekundet, og det giver jo ikke mange minutter til at foretage observationer. Sammenlignet hermed har New Horizons nærmest sneget sig afsted, da den fløj forbi Pluto – selv om samtlige videnskabsmænd ved projektet havde ønsket, at den var ”blevet der lidt længere”.

Starchip flyver så hurtigt, at den vil møde et ofte helt overset problem. Rummet mellem stjernerne er ikke helt tomt. Overalt findes der brintskyer – ganske vist uhyre tynde med kun få atomer pr. kubikmeter, men de er der. Når brintatomer møder en rumsonde med 20 % af lysets hastighed, så er sammenstødene ganske voldsomme. Naturligvis kan et sammenstød med et enkelt brintatom ikke på nogen måde ødelægge en rumsonde, men millioner af sammenstød over mange år kan efterhånden erodere den.

Naturen ser således ud til at have en praktisk hastighedsgrænse, der ligger langt under den hastighedsgrænse, vi normalt hører om, nemlig lysets hastighed.

Det bliver spændende at se, om projektet i de kommende år vil komme med andre og måske bedre forslag. I hvert fald er der aldrig før brugt 100 mio. dollar til at planlægge en stjernesonde.

To veje til stjernerne

Starchip viser den ene af to måder til at rejse mod stjernerne. Det er den hurtige forbiflyvning, hvor rejsetiden er kort, men hvor rumsonden ved ankomsten flyver så hurtigt, at der næsten ikke er tid til at se noget. Således

vil Starchip kunne krydse gennem hele vort solsystem på godt 3 døgn – og prisen er da også, at sonden bliver så lille, at det er svært at se, hvad den egentlig kan udrette, og hvordan den skal få sendt data tilbage til Jorden.

Den anden måde er at opsende en forholdsvis langsom rumsonde, som ved ankomsten vil være uger eller måneder om at flyve gennem det fremmede solsystem, den trods alt er sendt ud for at udforske. Da det heller ikke kræver så meget energi at opsende en langsom stjernesonde, kan den bygges så stor, at den kan medføre mange forskellige instrumenter og en god radiosender. Problemet er naturligvis bare, at vi så kommer til at tale om rejsetider på over 1000 år, og det vil kræve et samfund af en hel anden type end vores at planlægge over så lange tidsrum.

Naturligvis er det en nærliggende tanke at søge at bremse en hurtig rumsonde ned, når den når frem til målet. Det er nu lettere sagt end gjort. Nedbremsning med raketter er helt umulig, fordi det simpelthen ikke er muligt at medføre de nødvendige mængder brændstof. Solsejl er en bedre mulighed, men det vil kræve mange års forskning at afgøre, om metoden kan bruges i praksis. Her er måske noget, som Milner kunne bruge nogle af sine 100 mio. dollar på.

En alternativ rumsonde

En af ”hovedpersonerne” i Arthur C. Clarkes roman ”Fontænerne i Edens have” er en langsom stjernesonde, der flyver gennem vort solsystem. I romanen hedder sonden Starglider, og den kommer fra en anden civilisation 52 lysår borte. Med en fart på bare 600 km i sekundet, er det en langsom sonde, 500 gange langsommere end lyset. Starglider har rejst i 60.000 år, og Solen er den 12. stjerne, den besøger. I romanen er Starglider udstyret med en højt begavet computer, der ved ankomsten til vort solsystem selv optager kontakt med Jorden. Selv om vi naturligvis har mange spørgsmål at stille, så taler den kun med os i de få måneder, det tager at flyve gennem vort solsystem.

Nok flyver Starglider langsomt, men den virkelige fordel ved denne hastighed er, at når rumsonden efter en lang rejse ankommer til den stjerne, som er målet, flyver den ikke hurtigere end, at stjernen kan nå ændre rumsondens bane så meget, at kursen kan sættes mod en ny stjerne uden at bruge brændstof – det er netop det samme ”Gravity assist” princip, som de fleste af vore egne rumsonder anvender her i solsystemet. Og i romanen udnyttes Solen så til at sende Starglider videre mod stjernen Tau Ceti. Hele ideen til sonden har Clarke hentet fra en videnskabelig artikel.

Det sidste budskab fra Starglider, før den forlod vort solsystem for at sætte kursen mod Tau Ceti, var dog det, som vakte den største opsigt og debat.

”Min hjemplanet har for 456 år siden meddelt mig, at universets oprindelse nu er opdaget, men at jeg ikke er i besiddelse af kredsløb, der kan forstå forklaringen. De må derfor kommunikere direkte med min hjemplanet for yderligere oplysninger. Jeg omstiller nu til fortsat rejse, og må afbryde kontakten. Farvel”.

Stargliders afsluttende bemærkning berører et centralt problem. Den har fået at vide hjemmefra, at selv om dens skabere nu forstår universets oprindelse, er det altså uden for Stargliders egen fatteevne. Starglider accepterer bare denne besked – men vil vi gøre det samme? Og hvordan vil det påvirke os at få at vide, at der viden, vi bare ikke er kloge nok til at fatte?

Tidens udfordring

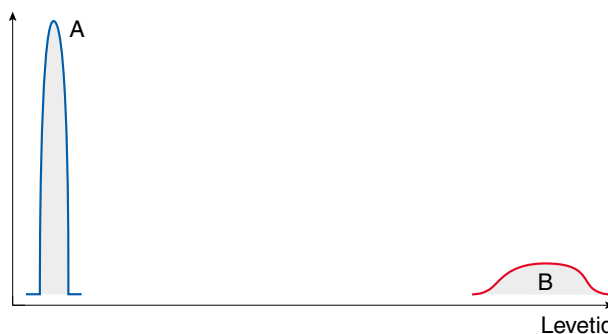
Starglider er hverken mere eller mindre fantasi end alle de andre forslag, der findes til stjernesonder. Men den understreger en af de helt store udfordringer til vor kultur, hvis vi ønsker at se ud over vort eget solsystem.

Udfordringen er at forstå astronomisk tid. Med kun 5000 års nedskreven historie er vor kultur meget ung – måske den yngste i vor Mælkevej. Vi skal lære at tænke i helt andre tidsrum, end vi gør i dag, hvor vi er glade for bare at klare de næste 50 år, uden at det hele går galt. Rumsonder til andre stjerner kræver en planlægning over mange generationer og sandsynligvis i årtusinder.

Det gælder også, hvis vi bygger hurtige rumsonder, for kommer vi bare lidt længere ud end de nærmeste stjerner, vil selv hurtige sonder være generationer undervejs.

Udforskning af stjernerne vil kræve en stabil kultur, der hviler i sig selv og som er villig til at investere i den fjerne fremtid for at få svar på de store spørgsmål. Vi har aldrig haft en sådan kultur, og spørgsmålet er, hvor godt den passer til den menneskelige psykologi. Men i den forstand er stjernesonder ikke bare en rent teknisk udfordring, men måske i højere grad en kulturel udfordring.

Antal civilisationer



Universet ifølge Fred Hoyle. Han forestiller sig, at der opstår mange civilisationer i Mælkevejen, men at de fleste kun lever kort tid (A). Det kan være, fordi de ødelægger naturen på deres planet, eller de fører krig med alt for farlige, højteknologiske våben. Kulturerne i gruppe A eksisterer typisk kun få tusinde år. Kun en ganske lille del af civilisationerne er i stand til at skabe højteknologiske samfund, som kan fortsætte i de millioner af år, som er nødvendige for at få kontakt til og kommunikere med andre tilsvarende civilisationer i Mælkeveje (B). Tegning: Stig Bing

En anden sag er, at Stargliders afsluttende bemærkning peger på et problem, vi godt kan komme til at stå overfor. For hvis vi en dag skulle få kontakt med en anden civilisation, vil den næsten sikkert ikke være på samme niveau som os. Vi skal endda være meget heldige, hvis vi finder en kultur, der bare er 100.000 år forud for os. Det mest sandsynlige vil være en udviklingsforskel på adskillige millioner år. Og så vil det være mere end tvivlsomt, om kredsløbene i vore hjerner vil være i stand til at forstå de begreber og teorier, som de fremmede bruger til at beskrive universet.

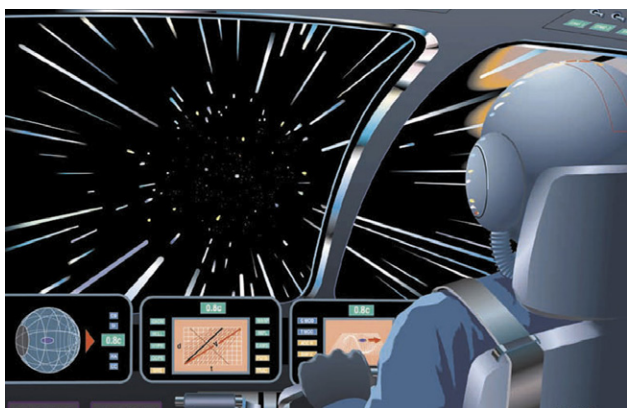
I den forstand gør tidens udfordring os ensomme. Vi vil være meget alene på grund af de store forskelle i udvikling. Vil det skræmme os, så vi opgiver kontakt, eller vil vi tage udfordringen op?

Rummets udfordring

Der er også en anden udfordring i den fjerne fremtid. Det er rummets udfordring. Vi taler om afstande målt i lysår, men forstår vel ikke for alvor, hvor meget et lysår er. Medmindre vi fuldstændigt har misforstået universets opbygning, sørger relativitetsteorien for, at de enorme afstande mellem stjernerne i praksis kommer til at virke som en slags karantæne.

Det er meget tvivlsomt, om levende væsener nogen sinde vil kunne klare de meget lange rejser mellem stjernerne. I det omfang der overhovedet rejses mellem stjernerne, vil det være robotter, som rejser, og det er måske slet ikke så galt.

Lad os et øjeblik forestille os, at det faktisk var muligt at rejse hurtigere end lyset, og at Startrek-universet, hvor det gode rumskib Enterprise kan rejse fra den ene stjerne til en anden på få dage, var virkelighed. Hvis der findes andre civilisationer, er det helt sikkert, at vi ikke er de første. De ældste i vor mælkevej kan sagtens være opstået, før livet opstod her på Jorden.



Mange drømmer om at kunne flyve hurtigere end lyset – men som astronomen Fred Hoyle skriver, kan det have nogle ubehagelige bivirkninger. Kilde: NASA

Med lynrejser mellem stjernerne ville Jorden helt sikkert være besøgt ikke en, men masser af gange, og temmelig sikkert også være koloniseret. Jordens eget liv ville ikke have fået lov til at udvikle sig, og universet ville miste en masse diversitet. Den engelske astronom Fred Hoyle (1915-2001) har i sin lille, men meget læseværdige essaysamling "Om mennesker og Mælkeveje" skrevet følgende om dette problem med udgangspunkt i, hvordan vi med lynrejser selv kunne brede os i Mælkevejen:

"Ville det være nogen særlig fordel at få hele Mælkevejen befolket med mennesker? I stedet for at der er 10^{10} mennesker, som der er på Jorden nu, kunne antallet forøges til 10^{16} eller 10^{17} . Men knytter der sig nogen interesse til det blotte antal? Jeg tror det ikke. Det ville være meget kedsommeligt. Langt bedre at bevare mennesket på denne planet, og andre skabninger på deres planeter. På den måde kan der være i millionvis af forskellige planeter med forskellige slags skabninger, en fantastisk zoologisk have".

Der kan sådan set godt argumenteres for, at rumfart er et fænomen, der stort set er bundet til ens eget solsystem, og at rumsonder, der flyver til stjernerne er en sjældenhed på grund af omkostningerne og de umådelige afstande. Og hvis man så endelig sender en rumsonde af sted, vil det være med en helt autonom og meget intelligent computer, der uden hjælp hjemmefra kan klare både at udforske ubeboede planeter og tage kontakt, hvis den er så heldig at møde en anden civilisation.

Til gengæld er der ikke noget, der forhindrer en omfattende kommunikation med radiobølger eller laser, og udveksling af ideer og information kan være en central aktivitet for de kulturer, som er heldige at leve længe nok til at få kontakt.

Om at leve længe

Helt tilbage i 1961 opstillede den amerikanske astronom Frank Drake en ligning, hvor han så på alle de faktorer, der har betydning for vore muligheder for at opnå kontakt med en anden civilisation. Det vil føre for vidt at gennemgå hele ligningen her. Men helt centralt er det, at antallet N

af civilisationer, vi kan komme i kontakt med, er proportionalt den tid L , hvori en civilisation kan opretholde en så avanceret teknologi, at den med signaler eller rumsonder kan komme i kontakt med andre. Der gælder altså:

$$N = k \cdot L$$

Her er k et tal, der i princippet kan beregnes, hvis man kender alle de astronomiske og biologiske faktorer, der er nødvendige for, at en civilisation kan opstå. I praksis er vi i de fleste tilfælde henvist til at gætte, og det er derfor, at Drakes ligning kan give så mange forskellige svar på antallet af civilisationer.

Men det væsentlige er afhængigheden af L . Vore muligheder for at komme i kontakt med andre afhænger ikke bare af, hvor længe vor tekniske kultur vil eksistere, men også af, hvor lang tid fremmede kulturer kan tænkes at eksistere.

For mange år siden var der en amerikansk TV-udsendelse, der på en god måde illustrerede problemet ved hjælp af et juletræ med lys. Med mellemrum blev der tændt et lys, men det endte ikke med, at træet til sidst blev lyst helt op. For lysene gik også ud undervejs, og selv efter lang tid var der kun få tændte lys ad gangen på træet.

Hvert lys svarede til en civilisation, men hvis de kun lever i kort tid, vil lysene gå hurtigt ud, og juletræet vil aldrig for alvor lyse op. Det vil måske være en Mælkevej, hvor tusinder af planeter har haft civilisationer, som nu er forsvundet. Og længe efter vort eget lys er gået ud, vil der komme nye lys så langt ude i fremtiden, at selv de sidste ruiner fra vor kultur er smuldret væk. Civilisationerne kan sammenlignes med døgnfluer, der opstår og forsvinder på et øjeblik i den astronomiske tidsskala.

Vort håb er naturligvis, at levetiden er så lang, at juletræet lyser mere og mere op, og at der er mange civilisationer i vor Mælkevej netop nu.

Vi må huske, at Mælkevejen er over 10.000 millioner år gammel og dermed mere end dobbelt så gammel som Jorden. I den tidsskala er det jo kun et øjeblik siden, at Egypterne for 5000 år siden byggede de første pyramider. Den helt centrale drivkraft til at række ud efter stjernerne, er jo håbet om at møde andre, og på den måde blive en del

af noget større. Men det kræver altså, at en teknisk kultur kan "Live Long and Prosper" for nu at citere Star Trek.

To slags civilisationer

For de fleste af os er det svært at overskue bare de næste 10 års problemer, og hele tiden hører vi jo om de mange farer, der kan gøre det tvivlsomt, om vi kan overleve de næste århundreder: Klimaændringer, forurening, ødelæggelse af naturen, atomkrig – mulighederne er mange. Den største udfordring er nok at lære at leve med en avanceret teknologi uden at misbruge den til krig eller andre destruktive formål. At forestille os en fremtid 10.000 år eller 100.000 år fra nu virker jo i dag både meget fjernt og meget uvirkeligt.

Vi har - i 1995 - besøgt den engelske astronom Fred Hoyle og talt med ham om netop dette problem, og hans opfattelse var, at der findes to slags kulturer: De meget kortlivede, som aldrig får løst de fundamentale problemer med at sameksistere med en avanceret teknologi, og så de meget få langlivede civilisationer, som på den ene eller anden måde har klarer disse problemer. I sin bog "Ten Faces of the Universe" har han uddybet dette synspunkt, her citeret i en lidt forkortet udgave:

"Jeg tror, at mange væsener kan nå vort nuværende udviklingsstadium, men at kun meget få kan gå videre. Sandsynligheden for at overleve er måske kun en procent, men dem, der klarer det, kan så få en levetid på 100 millioner år ... Det er blandt disse få, jeg forventer, at der foregår en kommunikation. Det er usandsynligt, at vi har nogen nærmere os end 3000 lysår".

Rejsen slutter

Vi begyndte med Sputnik 1, en lille metalkugle udstyret med en radiosender, som for 60 år siden fortalte os, at noget nyt var kommet ind i verden. Månekapløbet gav et falsk indtryk af, hvordan rumfarten ville udvikle sig, og selv i dag er der vel nogle, som ikke helt har vænnet sig til den plads, rumfarten har i det moderne samfund.

Opdelingen i "Den nødvendige rumfart" og den meget mindre del af rumfarten, som handler om at udforske solsystemet og universet, er kommet for at blive. Den er påtvunget os, ikke bare af politikerne, men også af naturen: Solsystemet er slet ikke, som vi troede ved rumalderens begyndelse. Men til gengæld har billederne af Jorden taget fra rummet fået os til på en ny måde at værdsætte den fantastiske blå klode, vi bor på.

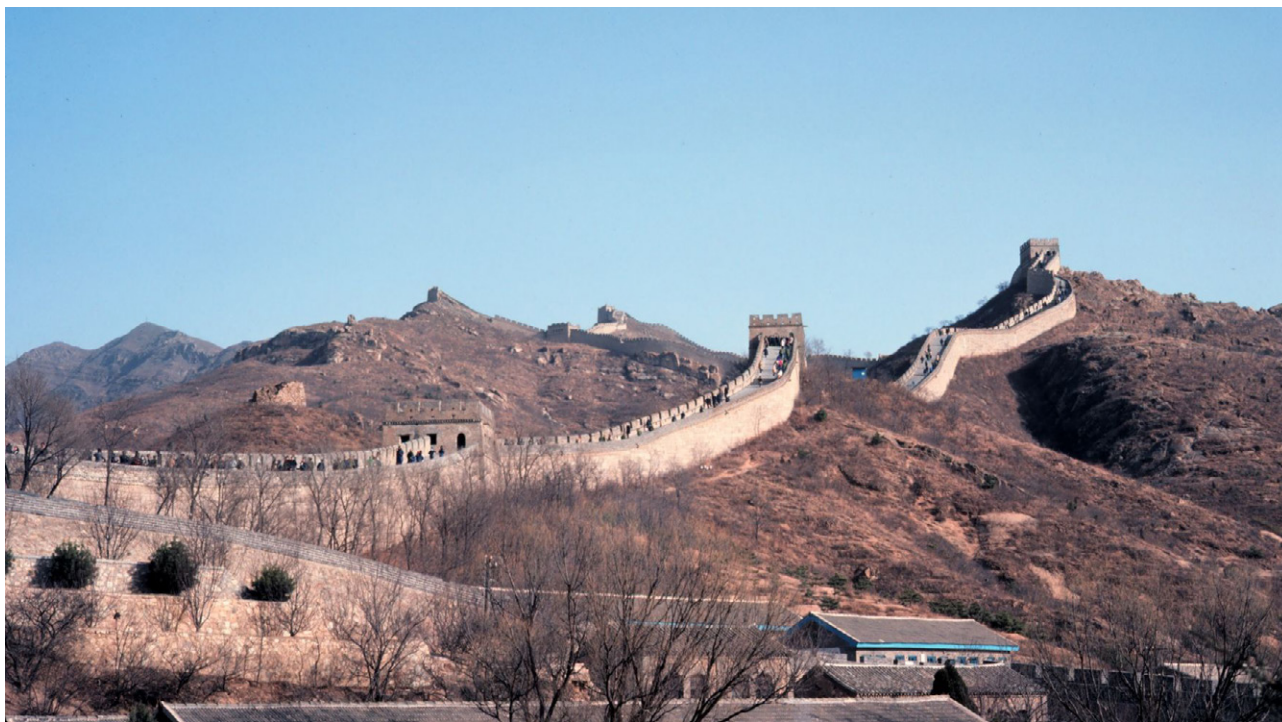
Hvilken rolle, solsystemet kommer til at spille for vor fremtid, er svært at sige. Uventede tekniske gennembrud kan føre til, at mennesket med tiden vil brede sig ud i solsystemet – men mere sandsynligt er det, at opgaven mere og mere vil blive overdraget til robotter.

Den ultimative drøm om at nå stjernerne ligger meget langt ude i fremtiden. Igen griber naturen ind. Selv når vi

har den nødvendige teknik, møder vi afstande og rejsetider, som vor nuværende kultur slet ikke er indrettet på at klare.

Man siger jo, at de ydmyge skal arve verden. Det er tankevækkende, at udforskning af Mælkevejen vil kræve, at vi har opbygget en kultur, der kan planlægge over mange århundreder, og at vi måske får et lidt mere ydmygt forhold til det univers, vi bor i.

Rumfarten vil komme til at ændre verden, men den bliver nok ikke den erobningsrejse, som vi engang forestillede os. Den virkelige betydning bliver, hvordan rumfarten kommer til at påvirke den måde, vi opfatter vor plads i universet på, og dermed den måde vi tænker på. Det vil blive en langvarig proces, som vil strække sig over mange hundrede år og måske mange tusinde år – hvilket nok er den tid, det vil tage for nye ideer og ny viden at blive en del af vor kultur.



Et samfund, som ønsker at udforske og måske endda kommunikere med stjernerne, har brug for at kunne planlægge over meget lange tidsrum. I Middelalderen kunne man den kunst – således er den nuværende kinesiske mur bygget over en periode på næsten 300 år af Mingdynastiet fra ca. 1368-1644. Men stjernerne kræver en endnu større tålmodighed. Kilde: wikipedia