

# Fremtidens rumfart – drømme og virkelighed

Steen Eiler Jørgensen

Vil rummet fortsat næsten udelukkende være en arena for forskningsmæssig anvendelse, med en håndfuld ubemandede opsendelser årligt? Eller vil private virksomheder gradvist omdanne rummet til et “vilde vesten”, hvor unikke omgivelser kombineret med et juridisk vakuum vil skabe muligheder for økonomisk vækst?

Rumfart er et af menneskehedens seneste påhit – vi har kun kunnet sende mennesker ud i rummet de sidste halvtreds års tid. Rumfarten opstod i de teknologibegejstrede 1950'ere, og udviklede sig i 1960'erne hvor troen på en storslået fremtid var fremherskende. Der var ikke langt fra Neil Armstrongs første skridt på Månen til drømme om interstellare rumskibe eller byer på Månen og Mars.

Årtierne efter månelandingerne skulle vise sig at forløbe meget anderledes. Uden et kapløb mellem supermagterne var det svært at skaffe støtte til vidtrækkende rumprogrammer. Rumfart de sidste tredive års tid har fordelt sig på kommercielle kommunikationssatellitter, bemandede rumskibe i kredsløb om jorden og ubemandet udforskning af solsystemet, galaksen og universet.

Rumfarten befinder sig i dag ved en skillevej. I takt med at de offentlige og statsfinansierede, bemandede rumprogrammer indskrænkes, tegner der sig et billede af en ikke alt for fjern fremtid, hvor kommerciel, bemandet rumfart i privat regi vil vokse.

## Drømme og virkelighed

Titlen på denne artikel formulerer det skisma, der altid har været mellem hvordan mange drømmer om, at en fremtid for menneskeheden i rummet kunne se ud, og de politiske og økonomiske realiteter, som dikterer vores verden.

At drømmene har overlevet langt ind i 1980'erne og 1990'erne – ja, nogen vil endda mene helt til og med i dag – er nok fordi mange ikke kender årsagen til, at vi begav os ud i rummet i første omgang. Når politikere skal skaffe finansiering til rumprojekter, lyder det ofte, at vi skal udforske rummet, fordi det er vores natur; fordi vi mennesker nu engang er udforskende væsener.

Og det kan sagtens være tilfældet, men det var ikke derfor, vi begyndte at rejse i rummet – det var på grund af stormagtsrivalisering. Men fordi mange ikke havde indset det, har man jævnligt kunnet høre, at en tilbagevendende til Månen nok var 15–20 år ude i fremtiden, mens en bemandet mission til Mars nok var 25–30 år ude i fremtiden. Sådan hed det sig i 1970'erne, og sådan hedder det sig den dag i dag.

Der synes ikke længere at være nogen sammenhæng mellem hvad folk tror, der vil ske, og hvad der faktisk sker. Så lad os lægge ud med at kigge på, hvad der rent

faktisk sker.

## USAs bemandede rumprogram

Fra 1981 til 2011 udgjorde rumfærgerne kernen i det bemandede, amerikanske rumprogram. I mere end 30 år opsendte fem rumfærger hundredevis af astronauter. Efter Challenger-ulykken 1986 besluttede man at forbedre rumfærgernes sikkerhed, men efter Columbia-ulykken i 2003 stod det klart, at rumfærgerne stadig var unødigt usikre, og at USA ville få brug for en sikrere og frem for alt billigere adgang til rummet. Det fik daværende præsident George W. Bush til at sætte et studie i gang, der skulle finde frem til det næste, amerikanske rumtransportsystem. Resultatet var en række nye raketter og rumskibe, kaldet Constellation-programmet, som blev forsøgt udviklet, men som den efterfølgende Obama-administration hurtigt sløjfede.

USAs nyligt genvaltte præsident, Barack Obama, udstak i 2010 en ny langsigtet retning for det amerikanske rumprogram: NASA skal primært *forske* i rummet, og i stigende grad ikke selv designe og konstruere raketter og rumskibe. Hvis man skal bruge en raketopsendelse, må man købe den på det kommercielle marked. Indtil videre udvikler NASA dog selv et rumskib, Orion, som skal kunne transportere fire personer til lavt jordkredsløb eller til Månen.



**Figur 1.** Fragtrumskibet “Dragon”, bygget af det private rumfirma SpaceX, her ved en opsendelse med levering af materiel til Den internationale rumstation i maj 2012.

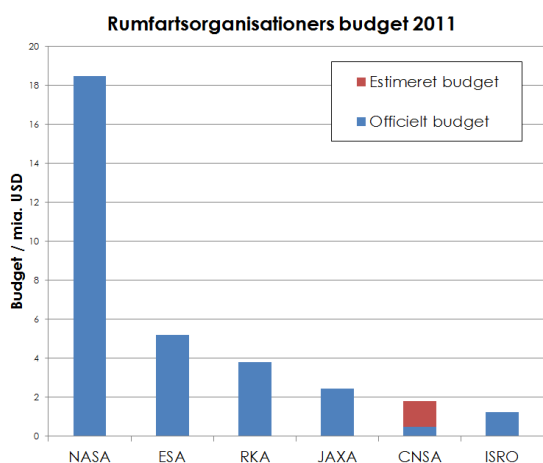
Det primære problem med denne fremgangsmåde er naturligvis, at der endnu ikke findes et kommercielt marked. Det er dog hastigt på vej. Her udmærker særligt firmaet SpaceX sig; de har på få år bygget to løfterakter, Falcon 1 og Falcon 9, samt et tryksat fragtrumskib, Dragon, som allerede har besøgt Den internationale rumstation ISS, se figur 1. SpaceX arbejder pt. på at få Dragon *man-rated*, dvs. godkendt til bemandede flyvninger.

De amerikanske rumfærger Discovery, Atlantis og Endeavour er gået på pension, og er ved at blive installeret på museer i USA. Der var ingen afløser klar, da den sidste rumfærge landede, hvorfor USA i dag må se sig selv uden mulighed for at sende folk ud i rummet – en situation de ikke har været i siden perioden fra 1975 til 1981, hvor rumfærgesystemet blev udviklet.

Amerikanerne er i stedet henvist til at opsende deres statsborgere med russiske Sojuz-rumskibe og Sojuz-raketter. For at øge kapaciteten har den statslige, russiske rumfartsorganisation RKA indgået aftale med den europæiske rumfartsorganisation ESA om at opsende Sojuz-raketter fra den europæiske rumhavn i Kourou i Fransk Guyana i det nordlige Sydamerika.

### Ruslands rumprogram

Halvdelen af det russiske rumbudget bruges pt. på bemanded rumfart, pga. Ruslands forpligtelser i forhold til den internationale rumstation. Rusland er dermed det land, der bruger langt den største del af deres budget på ISS, hvilket selvfølgelig går ud over andre programmer. Men Rusland har ikke desto mindre planer om et nyt bemanded rumskib som afløser for det aldrende Sojuz-rumskib, ubemandede missioner til Månen, Venus og Mars samt den nye Angara-raket og færdiggørelse af det russiske satellitnavigationssystem, GLONASS.



Figur 2. Sammenligning af budgetterne for forskellige statslige rumfartsorganisationer.

### Kinas rumprogram

Det kinesiske rumprogram er forholdsvis nyt, men har udviklet sig meget hurtigt. Kinas første bemandede mission foregik så sent som i 2003, men siden da har Kina opsendt en rumstation og to bemandede missioner til den.

Figur 2 viser en sammenligning mellem budgetterne for en række rumfartsorganisationer. Kina skiller sig her ud ved at være det eneste rumagentur, som både har et officielt og et uofficielt budget.

Det kinesiske rumprogram er derfor værd at lægge mærke til: Det er ikke underlagt demokratisk kontrol, og dermed heller ikke de mange begrænsninger, de fleste andre er underlagt. Hvis Kina beslutter sig for at sende et menneske til Månen eller Mars, er der ringe risiko for, at den næste administration aflyser disse planer 5–8 år senere.

### Europa i rummet

Den europæiske rumorganisation ESA er aktiv på mange fronter, både indenfor bemanded og ubemanded rumfart. På den bemandede side er der 14 medlemmer af det europæiske astronautkorps, og der er regelmæssigt europæiske astronauter på den internationale rumstation. ESA står også bag ATV, Automated Transfer Vehicle, som er et ubemanded rumskib, der kan dokke med ISS automatisk. I 2008 annoncerede det store europæiske rumfartsfirma EADS Astrium og den tyske rumfartsorganisation DLR, at de ville arbejde på at udvikle en bemanded version af ATV'en.

ESA driver en lang række rumbaserede astronomiske observatorier, jordobservationssatellitter og interplanetariske rumsonder, og der er endnu flere på vej. Dertil kommer det europæiske satellitnavigationssystem, Galileo, der forventes at være klar til brug i 2019.

ESA har desuden et langsigtet program for bemanded udforskning af Solsystemet, "Aurora", hvis primære formål er at "skabe og implementere en langsigtet, europæisk plan for ubemanded og bemanded udforskning af Solsystemet med Mars, Månen og asteroiderne som de mest sandsynlige mål." Aurora-programmets hjemmeside har dog ikke været opdateret siden sommeren 2008...



Figur 3. Rumskibet "SpaceShipTwo", monteret under flyet "WhiteKnightTwo", som skal bære det højt op i atmosfæren inden affyringen.

### Private rumfirmaer

De private rumfirmaer er helt klart der, hvor der sker en kolossal udvikling for tiden. For bare ti år siden havde man ikke værdiget dem mere end et par linjer, men siden da har private rumfirmaer opnået en masse, spændende resultater.

Det første private firma, der for alvor fik offentlighedens opmærksomhed, var Scaled Composites, som med chefdesigner Burt Rutan i spidsen udviklede et rumfly, SpaceShipOne, som kan sende tre personer på en suborbital flyvning 100 kilometer lodret op, hvorefter de falder ned igen, og SpaceShipOne kan lande som et almindeligt svævefly på en landingsbane.

Den 21. juni 2004 lykkedes det for første gang piloten Mike Melvill at opnå en højde på over 100 km. Melvill gentog successen 29. september samme år, og allerede 4. oktober fløj Brian Binnie SpaceShipOne til 112 km højde. De tre flyvninger udløste Ansari X-prisen på ti millioner dollars.

Kort tid efter indgik Scaled Composites partnerskab med den britiske forretningsmand Richard Bransons rumturistbureau Virgin Galactic. Scaled Composites er pt. ved at udvikle rumskibet SpaceShipTwo, se figur 3, der skal kunne sende to piloter, og op til seks passagerer, ud i 100 kilometers højde. Billetprisen ligger pt. på 200.000 dollars eller ca. 1,15 mio. kr. hvilket betyder, at en sådan tur ikke kun bliver for multimilliardærer, men også for mere "almindeligt rige" mennesker.

Mens en suborbital flyvning ikke umiddelbart har meget med "rigtig" rumfart (dvs. kredsløb) at gøre, så er der dog tale om en i rumfartssammenhæng meget interessant udvikling.

### Den nærmeste fremtid

Masser af spændende programmer er allerede i fuld gang, og indenfor den nærmeste årrække vil vi se en stadigt stigende brug af den internationale rumstation ISS mht. den bemandede rumforskning. Dertil kommer en lang række ubemandede rumsonder, som ankommer til deres mål: Rosetta ankommer til 67P/Tjurjumov-Gerasimenko i 2014, og medbringer en lander, Phila, som skal lande på kometen; New Horizons ankommer til Pluto i 2015; og Juno går i polært kredsløb om Jupiter i 2016.

Masser af missioner til Merkur, Venus, Mars og Saturn, er allerede er i fuld gang, og vil formodentlig returnere endnu flere spændende forskningsresultater og spektakulære billeder.

SpaceX forventer at foretage første bemandede opsendelse med Dragon-rumskibet i december 2015, hvorefter USA måske igen kan sende astronauter op fra egen jord.

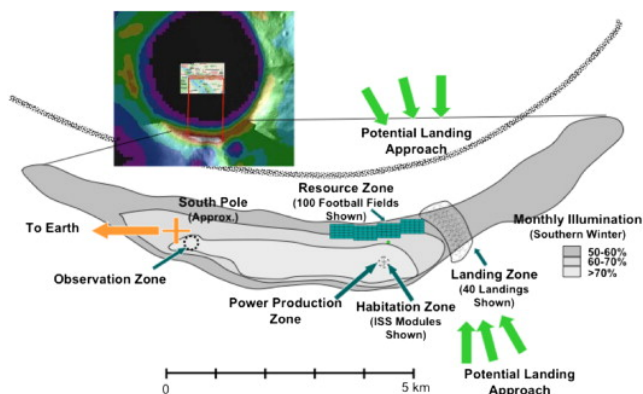
### Hvad med drømmene?

Men hvad med de lidt mere vidtløftige drømme om rumfart? Hoteller på Månen og turistrejser til Mars er ikke lige i kikkerten – men hvilke muligheder har vi i grunden?

### Base på Månen

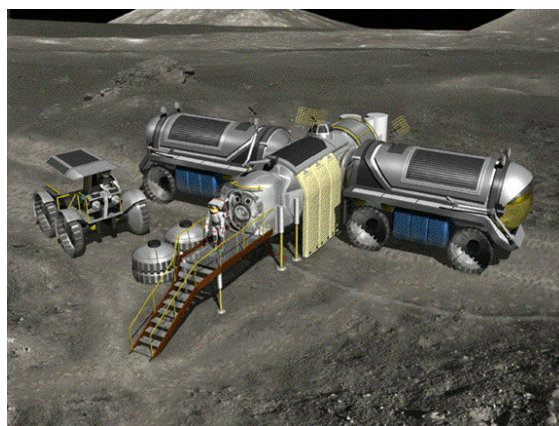
Både USA og Kina tumler med planer om bemandede missioner til Månen, og det er også en del af ESAs Aurora-program. Endnu er den mest detaljerede plan, for en tilbagevenden til Månen, nok USAs planer for en base på Månens sydpol, se figur 4 og 5. Der er flere gode grunde til at vælge sydpolen: På selve sydpolen,

på randen af krateret Shackleton, er der dels et område, hvor Solen skinner næsten hele tiden, hvilket gør det muligt, at strømforsyne basen med solceller konstant og dels har rumsonden Lunar Prospector detekteret vand i bunden af de mange kratere omkring sydpolen, hvor Solen aldrig skinner.



Figur 4. Planer for en base på randen af Shackleton-krateret på Månens sydpol.

Netop el og vand er to knappe ressourcer på Månen. Langt det meste af Månen er knastør, men på sydpolen kan der altså muligvis findes vand i så store mængder, at det vil kunne udvindes. Med hensyn til el, så er der jo rig lejlighed til at bruge solceller de fjorten dage, hvor Solen er oppe. Men alle andre steder end ved polerne følger derefter 14 dage, hvor solen ikke skinner, og hvor man derfor må ty til urimeligt store batterier eller en form for kerneenergi.



Figur 5. NASA iværksatte i 1993 et studie af en mulig base på Månen. Til formålet fremstilledes en række illustrationer, som stadig ses i forbindelse med planer om at vende tilbage til Månen.

### Mennesker til Mars

En bemanded tilbagevenden til Månen vil naturligvis vække opsigt, men vil, projektets størrelse til trods, ikke være så skelsættende igen, da der jo ikke er tale om noget, som ikke er gjort før. Så er der mere perspektiv i den første bemandede rejse til Mars. Den amerikanske rumingeniør Robert Zubrin har godtgjort, at en bemanded mission til Mars kan gennemføres indenfor 10–12 år stort set kun med eksisterende teknologi.

Med en raket à la Saturn V, som kunne løfte 100 tons til lavt jordkredsløb, kan man sende først et ubemandet rumskib til Mars, som er i stand til at rejse hjem til Jorden. Når først det er sikkert landet på Mars, sender man et andet rumskib med fire personer om bord, som lander i nærheden af det første rumskib. Besætningen vil således have to tryksatte moduler til rådighed, se figur 6. Sender man samtidig med astronauterne et nyt retur fartøj af sted, øges chancerne for, at få astronauterne levende tilbage igen.



**Figur 6.** Robert Zubrins "Mars Direct"-plan for en beboelig base på Mars.

Der er mange forskellige planer og missionsgeometrier, men inden vi sender mennesker til Mars, skal vi have sikret os, hvordan vi undgår at forurene Mars med mikrober fra jorden, som kan forvirre os i vores søgen efter liv.

Bortset fra alle de tekniske udfordringer ved at sende mennesker til Mars, er der også en planlægningsmæssig udfordring, som ikke var relevant under Apollo-programmet: Hvordan får vi sat skub i en bemandedt udforskning af Mars, som vil være et langsigtet program med permanent, bemandedt tilstedeværelse på den røde planet? Et program, som ikke bare kan sløjfes i næste års statsbudget?

### Mars One

Der er kommet mange forslag til hvordan en fortsat, bemandedt udforskning af Mars kunne finansieres; mange af dem er temmelig fantasifulde. Hvis en nationalstat ikke finansierer det, kunne det så lade sig gøre i privat regi? Umiddelbart kan det måske være svært at se, hvordan man skulle kunne lukke en *business case*, med de voldsomme opstartsomkostninger og et tvivlsomt *return of investment*.

Et forslag går på oprettelsen af konkurrencer, hvor en opdragsgiver stiller et nærmere defineret beløb i udsigt til den organisation, som gennemfører en bestemt opgave indenfor en angivet tidsfrist. Metoden var meget anvendt i flyvningens første årtier, og har også for nylig været anvendt i forbindelse med rumfart, f.eks. CATS-prisen (Cheap Access To Space) og X-prize, som blev vundet af Scaled Composites.

I juni 2012 offentliggjorde organisationen "Mars One" en finansieringsplan af hidtil uset karakter. Mars One vil igangsætte en permanent menneskelig tilstedeværelse på Mars ikke ulig den, Robert Zubrin foreslår i sit Mars Direct-princip. Finansieringen skal

komme helt og holdent fra salg af medierettigheder. Hele projektet – fra udvælgelsen af astronauterne til deres tilværelse på Mars – skal transmitteres i form af et reality-tv-show; f.eks. skal publikum stemme om, hvem der skal med. Turen er envejs – det er ikke meningen, at astronauterne skal vende tilbage til Jorden.

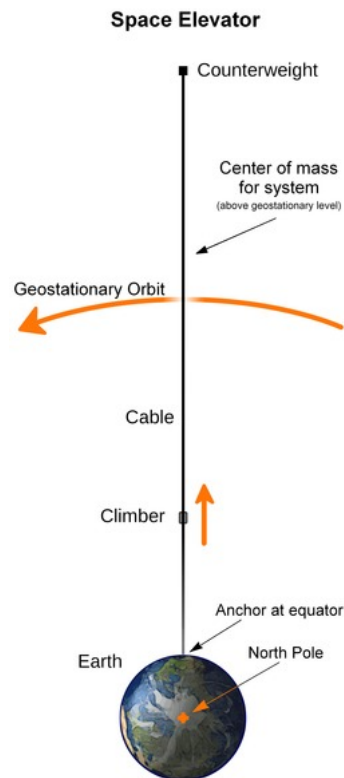
Den generelle holdning til Mars One blandt rumfartspersonelle er, at selvom der nok er mange penge i godt tv, så vil det næppe kunne lade sig gøre at rejse tilstrækkeligt med midler ad den vej.



**Figur 7.** Mars One forventer, at Mars-basen udvides med et nyt modul og fire nye astronauter hvert andet år.

### Rumelevatoren

At komme ud i rummet har altid krævet raketter, og det vil det blive ved med, med mindre vi konstruerer en rumelevator. Ideen om rumelevatoren er på samme tid vild og konservativ; vild, fordi ideen om et 36.000 kilometer langt kabel, som strækker sig fra jordoverfladen og næsten en tiendedel af vejen til Månen forekommer fuldstændig absurd; konservativ, fordi rumelevatoren ikke kræver voldsom, ny teknologi.



**Figur 8.** Princippet bag rumelevatoren.

Mens "warpedrives" og stjerneskeibe kræver revolutioner indenfor kvantefysik og fusionsteknologi, kræver

rumelevatoren “kun” et materiale, som har et styrke-vægt-forhold, som er tre gange højere end det bedste vi har i dag – resten er stort set klassisk mekanik. Det skønnes, at kulstofnanorør inden længe vil kunne udvise de fornødne egenskaber – men det kræver en målrettet forskningsindsats.

Det er blevet sagt, at hvis en amerikansk præsident skulle give NASA en opgave i dag, som i kompleksitet ville svare til den, Kennedy gav NASA i 1961, om at lande en mand på Månen, så skulle det være at konstruere en rumelevator indenfor 15 år. Sikkert er det, at de mange forskningsprojekter rundt omkring i verden, som har med en rumelevator at gøre, har meget små budgetter. Sikkert er det også, at hvis først rumelevatoren er en realitet, vil den revolutionere vores adgang til rummet, og gøre det langt billigere og sikrere end i dag.

Rumelevatoren består simpelthen af et kabel eller bånd, som er fastgjort til jordoverfladen, og som holdes udstrakt af en kontravægt i den anden ende, se figur 8. Kontravægten skal være længere væk fra jorden end den geostationære bane, og rotere med samme hastighed som jorden. Det ses, at jo længere kablet er, desto mindre behøver kontravægten at være – og omvendt: jo kortere kabel, desto større kontravægt er nødvendig.

Når først et sådant kabel er konstrueret, kan man kravle op ad det med et dertil indrettet fartøj – typisk kaldet en “crawler” eller “climber”.

### Lidt raketteknik

En “gammeldags” raket foretager typisk en kemisk forbrænding der frigør energi og udvikler varme, hvorefter den ekspanderer forbrændingsprodukterne i en dyse, som accelererer gasserne op til en så høj hastighed som praktisk muligt. Når forbrændingspartiklerne forlader dysen, påvirker de raketten med en impuls som er lige så stor og modsat rettet deres egen. Det gælder altså om at udstøde forbrændingsprodukterne med så stor hastig-

hed som muligt. Jo større udstødningshastighed, desto mere effektiv raketmotor. Klassiske, kemiske raketter kommer sjældent over 4–4,5 km/s udstødningshastighed, mens en atomraketmotor, hvor en reaktionsgas (typisk brint) opvarmes i en fissionsreaktor og udstødes gennem en klassisk dyse, typisk vil ligge på cirka det dobbelte.

Bortset fra et enkelt forsøg i USA i 1960’erne har ingen forsøgt at konstruere en atommotor. Den ville nok også give lige så store økonomiske udfordringer som politiske. Men det korte af det lange er, at raketteknologi anno 2012 er stort set identisk med raketteknologi anno 1972 – udviklingen har stort set stået stille de sidste 40 år. Med nogle få undtagelser.

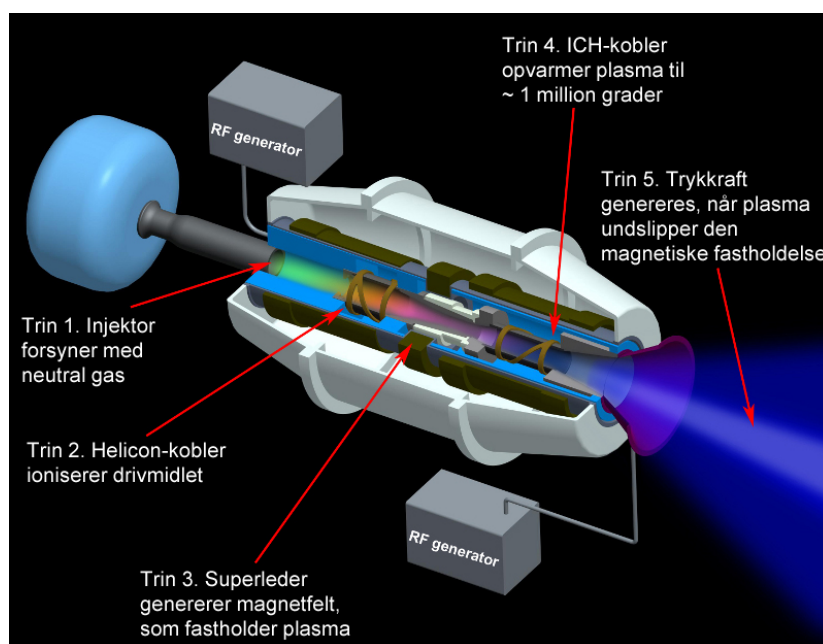
### Ionmotorer

En måde at få udstødningshastigheden op på er ved at gå væk fra den klassiske ekspanderende dyse, og accelerere reaktionsgassen op på anden vis. En måde er at gøre det elektrisk. Reaktionsgassen ioniseres, hvorefter den accelereres i et elektrostatisk felt.

Ionmotorer er i stand til at frembringe udstødningshastigheder langt højere end kemiske raketter (ca. 30–100 km/s), men øver til gengæld meget lille trykkraft. Lidt populært kan man sige, at ionmotorer får meget mere ud af brændstoffet, men kan kun afbrænde ganske lidt ad gangen. Ionmotorer kan således aldrig bruges til at opsende raketter fra en planets overflade, men er velegnede til langvarige rummissioner til det ydre solsystem, idet rejsetiden kan kortes betragteligt ned. Den første mission med en ionmotor var “Deep Space 1”, opsendt 1998, med kurs mod kometen Borelly.

### VASIMR

Forkortelsen VASIMR står for VARIable Specific Impulse Magnetoplasma Rocket. Der er tale om en særlig og ret utraditionel type raket, opfundet af den tidligere NASA-astronaut Franklin Chang Diaz, se figur 9.



Figur 9. Princippet bag en VASIMR-raketmotor.

Motoren fungerer ved at en kold ædelgas, typisk argon eller xenon, lukkes ind i et kammer, hvor en antenne udsender kraftig, elektromagnetisk stråling ved elektron-cyklotron-resonansfrekvensen. Dette ioniserer gassen til et plasma. Et pålagt magnetfelt og en såkaldt "Helicon-kobler" sørger for, at der genereres lavfrekvente elektromagnetiske bølger ('helicons') i plasmaet. Ved hjælp af nogle "confinement"-magneter fastholdes og formes plasmaet til en plasmastråle, der herefter opvarmes til ca. 1 mio. kelvin af en anden antenne, som opererer ved ion-cyklotron-resonansfrekvensen.

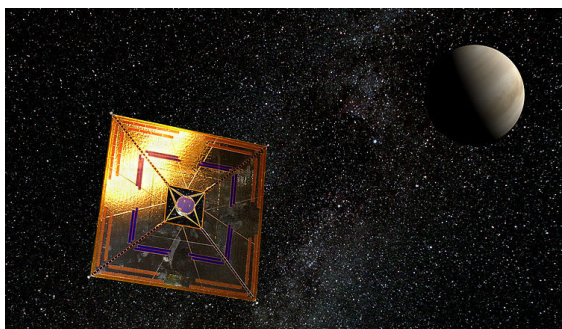
Som navnet antyder, er denne motortypes styrke, at udstødningshastigheden kan varieres, så den kan levere stor trykkraft ved lav udstødningshastighed eller lille trykkraft med stor udstødningshastighed. En VASIMR-motor har været demonstreret med en udstødningshastighed på 50 km/s.

Det forventes at en VASIMR-motor skal monteres på ISS i 2015 til brug for reboost-manøvrer, som pt. udføres af dokkede Sojuz- eller Progress-fartøjer. På længere sigt er VASIMR interessant, da dens store arbejdsområde gør den relevant både i forbindelse med langdistancemissioner og rejser til mere lokale mål, som fx Mars.

### Solsejl

Solsejl er interessante, da det er den eneste kendte måde at rejse i rummet på, som ikke involverer en raket. Solsejlet udnytter strålingstrykket fra solens lys til at give rumfartøjet en kraftpåvirkning. Særligt i solsystemet er transportmetoden interessant – så længe man er nogenlunde tæt på solen.

Under antagelse af, at rejsen påbegyndes i kredsløb om solen, gælder den traditionelle banedynamik, som tilsiger, at man teoretisk set kan rejse i hele solsystemet, blot ved at betjene sig af hastighedsændringer. Ved at vinkle sit solsejl korrekt er det muligt både at øge og sænke sin hastighed, og dermed rejse såvel tættere på solen som længere fra den.



**Figur 10.** Japans IKAROS-satellit rejste til Venus i 2010 drevet af et solsejl.

Som med ionmotorer har solsejl den ulempe, at accelerationen er meget lav. Til gengæld fungerer et solsejl uafbrudt, og – måske vigtigst af alt – bruger ingen reaktionsmasse. Det er hidtil meget begrænset hvad der har været udført af eksperimenter med solsejl, men der er ingen tvivl om, at teknologien har et enormt potentiale. I 2010 sendte Japan "IKAROS"-sonden afsted mod Venus, drevet af et solsejl (se figur 10) og i 2011 eksperimenterede NASA med en satellit med solsejl, "NanoSail-D" i kredsløb om Jorden.

### Hvad fører det til?

Det ser umiddelbart ud til, at en bemanded tilbagevendende til Månen, for slet ikke at snakke om en bemanded mission til Mars, finansieret af en nationalstat, er længere væk end nogensinde. Vi skal nok ikke regne med at få et nyt Apollo-program lige foreløbig.

I april 2012 offentliggjorde et hidtil ukendt firma ved navn Planetary Resources, at de med folk som Larry Page, James Cameron og Charles Simonyi som investorer ville begynde at drive minedrift på asteroider. En interessant udmelding i en tid, hvor prisen på sjældne jordarter er eksploderet.

Om Planetary Resources vil have held med deres forehavende, eller om Virgin Galactic en gang vil tjene masser af penge på at sende folk på sviture ud i rummet, er temmelig usikkert. Men alene eksistensen af private virksomheder med den slags ting på agendaen var umuligt at forestille sig for bare 15–20 år siden. Så vi skal nok ikke opgive håbet om en spændende fremtid i rummet, men vi skal måske forberede os på, at den kan komme fra en uventet kant.

### Litteratur

- [1] Helle og Henrik Stub, Rejsen ud i rummet – de første 50 år. Gyldendal 2007 (kap. 19 handler fx om rumfarten de næste 50 år).
- [2] Nicholas Booth, Rummet de næste 100 år. Komma og Clausen 1991 (indeholder stadig mange interessante ideer, selv om den på visse punkter er meget forældet).
- [3] Robert Zubrin, Entering Space: Creating a Spacefaring Civilization. Tarcher 2000 (en meget visionær og interessant bog).



*Steen Eiler Jørgensen er cand.scient. og formand for Dansk Selskab for Rumfartsforskning.*