

Visionskatalog Danmark som rumfartsnation

Konference den 4. september 2007



Foto: Danmarks Rumcenter

Arrangeret af:



E-gruppen



DANMARKS RUMCENTER



TYCHO BRAHE
PLANETARIUM

Visionskataloget – sådan blev det til

Hvad skal vi satse på i Danmark i fremtiden med hensyn til rumfart og rumforskning? Hvilke visioner skal en dansk indsats i rummet bygges på? Hvor kan vi være om 5 år, 10 år eller 20 år?

Sådan lød opfordringen, da Danmarks Rumcenter, Tycho Brahe Planetarium og Ingeniørforeningen i Danmark - repræsenteret ved de tre fagtekniske selskaber E-gruppen, Teleteknisk Selskab og Flyveteknisk Selskab - i maj 2007 udsendte skriftet: *Indkaldelse af visioner for dansk rumfart og rumforskning.*

Ønsket var at vise potentialerne for Danmark som rumfartsnation. Ordet var frit og janteloven uvelkommen!

Resultatet af visionsindkaldelsen sidder du med i hånden her: Et visionskatalog med 12 meget forskellige visioner for Danmark som rumfartsnation indsendt af enkeltpersoner, virksomheder og forskningsinstitutioner.

Visionerne spænder vidt: Fra bemanded rumfart, intelligente tekstiler og geomagnetisk forskning til jordobservation, satellitmissioner og etableringen af en rumindustri-klynge.

Om det lykkes at få løftet visionerne fra papir til virkelighed, må fremtiden vise.

God læselyst!

INDHOLDSFORTEGNELSE

Forord – Lars Bytoft, Formand Ingeniørforeningen i Danmark	1
Forord – Eigil Friis-Christensen, Direktør Danmarks Rumcenter	3
Vision 1 – et kort resumé	4
Vision 1: Remote Sensing af Kryosfæren.....	5
Vision 2 – et kort resumé	10
Vision 2: Bemandet rumfart og vægtløshed	11
Vision 3 – et kort resumé	15
Vision 3: Remote Sensing af Atmosfæren.....	16
Vision 4 – et kort resumé	21
Vision 4: Jordobservation i Danmark.....	22
Vision 5 – et kort resumé	27
Vision 5: UdSat – Uddannelsessatellit	28
Vision 6 – et kort resumé	33
Vision 6: Prioriteringen af danske midler	34
Vision 7 – et kort resumé	36
Vision 7: Etablering af en Rumindustri-klynge	37
Vision 8 – et kort resumé	41
Vision 8: Bemandet rumfart	42
Vision 9 – et kort resumé	44
Vision 9: Pervasive Positioning	45
Vision 10 – et kort resumé	49
Vision 10: Proposed vision for exploiting Smart Textiles in Space.....	50
Vision 11 – et kort resumé	55
Vision 11: A vision for Geomagnetic Research in Denmark.....	56
Vision 12 – et kort resumé	60
Vision 12: Asteroider, meteoritter og Bering	61

Forord

Af Lars Bytoft, Formand for Ingeniørforeningen i Danmark

Både kommercielt og forskningsmæssigt er rumfartsindustrien i vækst. Det globale rummarked er på næsten 200 mia. dollars hvert år. Det er nogenlunde samme størrelse som den globale lægemiddelindustri.

Dansk rumforskning og rumindustri har gennem de seneste år markeret sig med deltagelse i en række internationale rumprojekter. Det startede med Ørsted-satellittens opsendelse i 1999, der blev en succes af dimensioner og gjorde, at Danmark for alvor blev internationalt anerkendt som rumfartsnation. Det var en stor ingeniørbedrift, en uvurderlig informationskilde for videnskaben og startskuddet til en teknologisk udvikling.

Set med danske øjne er investeringer i rumfartsprojekter ensbetydende med teknologiudvikling, højteknologiske arbejdspladser og nye virksomheder. Vores erfaring med Ørsted satellitten viser, at investeringer i rumforskning kommer mange gange igen. Et bud er en faktor 8 – investerer vi en krone kommer den otte gange igen.

Samtidig rækker rumforskning og udviklingen af rumfartsteknologier langt ind i andre fagområder. Rumbaseret teknologi er en forudsætning for næsten al moderne kommunikation, og rumfarten bidrager til den videnskabelige forståelse af vores oprindelse og vores økosystem.

I Ingeniørforeningen har vi gennem flere år sat intensivt fokus på løsningen af verdens miljø- og energiproblemer – bl.a. gennem vores Energiår 2006, hvor vi fremlagde en energiplan for 2030 og gennem vores Miljøår 2007 som er i fuld gang. Netop på disse områder er rumfart og rumforskning et centralt og strategisk vigtigt område. Brændselceller, som spås at blive en af fremtidens energiformer, blev fx udviklet i 1960'erne til energi-produktionen på Apollo-rumfartøjerne. I forhold til verdens klimaændringer, så får vi i dag en uvurderlig viden gennem de satellit-, fly- og jordbaserede metoder vi bruger til at overvåge indlandsisen, havisen og havniveauet.

Derudover er rumfart og rumforskning en af de bedste løftestænger, når det kommer til at få gjort børn og unge interesserede i naturvidenskab. Det er en vigtig pointe, for selvom optaget godt nok er steget på ingeniørstudierne og de tekniske- og naturvidenskabelige fag i år, så er det langt fra nok. Vores beregninger viser, at vi med den nuværende udvikling kommer til at mangle 14.000 ingeniører i år 2020.

Der er med andre ord mange gode grunde til at investere i rumfart!


Og leder man efter flere grunde så kan man blot læse videre i dette visionskatalog.

Når IDA, Danmarks Rumcenter og Tycho Brahe Planetarium har bedt danske forskere om at åbne skufferne og vise os deres visioner for Danmark som Rumfartsnation, så skyldes det, at vi gerne vil vise omverdenen en flig af den mangfoldighed af ideer og potentialer, som eksisterer i de danske forskermiljøer.

Forskerne har fået frit slag til at tænke stort og bredt, og de visioner, der præsenteres her i visionskataloget, er derfor udtryk for hvordan de enkelte forskere ser på potentialet i området.

Der er brug for at få disse visioner omsat i handlinger. I IDA ser vi frem til den kommende diskussion af visionerne og af mulighederne for at omsætte visionerne til konkrete forslag.

Ingeniørforeningen i Danmark
Formand, Lars Bytoft



Forord

Af Eigil Friis-Christensen, Direktør for Danmarks Rumcenter

Udforskning og anvendelse af Rummet er kommet højt på dagsordenen i den højteknologiske del af Verden.

Det er gennem observationer af Rummet og de processer, der foregår her, at vi vil finde svarene på mange af vore fundamentale spørgsmål om universet og livets opståen. Og observationer af Jorden fra Rummet er den eneste realistiske mulighed for at gennemføre den kontinuerlige overvågning af Jordens tilstand og ressourcer, som er nødvendig for bevarelse af Jorden som en planet, der fortsat kan sikre menneskeheden de tilstrækkelige betingelser for udvikling.

Danmark skal deltage i udviklingen af disse rumaktiviteter, dels fordi det er Danmarks erklærede mål at være en del af det højteknologiske samfund, og dels fordi udviklingen inden for rumforskning og rumfart er karakteriseret ved pionerområder, dvs. områder, hvor et lille land med relativt begrænsede ressourcer har mulighed for at præge den internationale udvikling, således som danske forskere og ingeniører har dokumenteret, mest slående måske gennem den danske Ørsted-satellit.

Men for at udnytte disse muligheder optimalt er det nødvendigt at udfolde den allerstørste kreativitet. Originalitet, ideer og visioner skal fremelskes. Denne konference skal ses som et bidrag hertil.

Eigil Friis-Christensen
Direktør, DRC

Vision 1 – et kort resumé

Indsendt af Danmarks Rumcenter v. Professor Niels Skou

Emne: Satellitbaseret jordobservation af indlandsisen og havisen ved Polhavet og Antarktis (Kryosfæren).

Vision:

- At bidrage til forståelse af Jorden som klimasystem.
- At modellere, samt analysere og fortolke jordobservationsdata fra satellitter og fly - og forske i sådanne metoder.
- At forske i og udvikle sensorer med henblik på anvendelser til jordobservations-missioner (i ESA-regi og andre organisationer).

Samfundsmæssig relevans:

Klimaændringer, ændringer i den globale vandstand og de ændrede besejlingsforhold med potentielt kortere transportruter mellem Europa og Asien er af allerhøjeste relevans.

Set med danske øjne er området yderst relevant, da afsmeltning af isen på lang sigt kan ændre klimaet gennem ændring af Golfstrømmen. Desuden vil afsmeltning af isen betyde muligheder for ressourceudnyttelse i de indtil nu permanent isdækkede havområder ud for Nord- og Østgrønland, hvilket kan ændre hele den grønlandske samfundsøkonomi.

Mulighed for kommerciel udnyttelse:

Er lovende - Danmark står stærkt i ESAs jordobservationsprogram og vi har en førende position på området.

Kontaktinformationer på forsker for yderligere kommentarer:

Niels Skou, ns@space.dtu.dk, Telefon: 45253768

Resumeeet er udarbejdet af IDA. Vi tager forbehold for eventuelle fejl i fortolkningen.

Vision 1: Remote Sensing af Kryosfæren

Af: Professor Niels Skou, Danmarks Rumcenter

Studier af Jordens kryosfære – indlandsisen og havisen ved Polhavet og Antarktis – er en højaktuel anvendelse af satellitbaseret jordobservation (remote sensing) med henblik på at besvare væsentlige videnskabelige og samfundsrelevante spørgsmål.

Forskning i jordobservation af kryosfæren og monitorering af dens ændringer bør derfor være en central del af dansk rumforskning. Opgaven kan løftes da betydelig ekspertise allerede findes i Danmark omkring udnyttelse af jordobservationsdata f.eks. til kortlægning af indlandsisen og havisforhold omkring Grønland. Ligeledes er der aktuelle ESA missioner – specielt CryoSat – som direkte fokuserer på måling af polare ændringer; eller Envisat, hvor data anvendes i både operationelle overvågningsmæssige og i forskningsmæssige sammenhænge.

Visionen er, at

- bidrage til geofysisk forståelse af Jorden som klimasystem ("Earth System Science")
- modellere, samt analysere og fortolke jordobservationsdata fra satellitter og fly og forske i sådanne metoder
- forske i og udvikle sensorer med henblik på anvendelser til jordobservations-missioner (i ESA-regi og andre organisationer)

Forskningsmæssige perspektiver

De videnskabelige hovedemner vil være kryosfæreændringer, dvs. udtyndingen af isen i Arktis og Antarktis, herunder Indlandsisen i Grønland og havisen i Polhavet, og sammenhængen med globale klimaændringer. Målsætningen er at:

- detektere kryosfærens nuværende tilstand
- forklare denne nuværende tilstand
- monitorere aktuelle ændringer
- udvikle værktøjer til sikker fremskrivning af kryosfærens udvikling under givne klimascenarier

Videnskabelig og samfundsmæssig relevans

Klimaændringer, ændringer i den globale vandstand og de ændrede besejlingsforhold med potentielt kortere transportruter mellem Europa og Asien er af allerhøjeste relevans, og derfor også afspejlet i den øgede videnskabelige fokus på hele kryosfærområdet med nye satellitter, international satsning på nye isbrydere, feltprogrammer etc.

For Danmark kan ændret ferskvandsflux fra afsmeltning af isen på langt sigt ændre klimaet gennem ændring af Golfstrømmen. For det grønlandske samfund er kryosfæreændringer af helt aktuel betydning: ændringer i Indlandsisen er indikator for en klimaudvikling, som påvirker økologien; havisforhold er helt afgørende for besejling og levegrundlag i fangstområderne; og endeligt vil fremtidig mulighed for ressourceudnyttelse i de indtil nu permanent isdækkede havområder ud for Nord- og Nordøstgrønland på langt sigt kunne sikre et fuldstændigt ændret grundlag for hele den grønlandske samfundsøkonomi.

Danmark står stærkt i ESA's jordobservationsprogram. Det skal vi blive ved med – ja gerne gøre det endnu bedre, således at de midler vi sender til ESA på bedste vis kommer os til gode i form af aktiviteter i Danmark.

Baggrund

Kryosfæren, dvs. Jordens sne- og ismasser, er et afgørende element i forståelsen af fremtidens klimaudvikling. Afsmeltning af indlandsis og havis vil påvirke saltbalancen i havet og dybvands-dannelsen og dermed havstrømmenes varmetransport fra ækvator til polområderne. Samtidig vil en ændring i kryosfærens udbredelse, bl.a. gennem ændringer i Jordens albedo (refleksionsforhold), forplante sig ud i det globale klimasystem via tæt koblede feedback mekanismer. Et andet, også samfundsmæssigt, aspekt af kryosfæreændringer vil være stigende havniveau, hvor globale klimamodeller forudsiger væsentlige ændringer i løbet af dette århundrede. Det forudses at en 2-3 °C opvarmning er nok til at starte en irreversibel nedsmeltning af Indlandsisen.

Satellitmålinger viser, at udbredelsen af havis i de arktiske oceaner er reduceret betydeligt gennem de seneste 20-30 år. Således er udbredelsen af den tykke flerårs-is i de centrale dele af det arktiske ocean reduceret med mere end 15%. Målinger fra ubåde har vist, at isen i store dele af det arktiske ocean er blevet betydeligt tyndere (op til 40%) gennem de seneste 30 år. Fortsætter denne tendens i de kommende år, vil et gigantisk område af kontinentalsoklen, med betydeligt olie- og gaspotentiale, i praksis kunne åbnes for efterforskning. Koblede is / klimamodeller indikerer mulighed for et Polhav uden havis om sommeren allerede fra 2040, hvilket vil kunne give helt nye muligheder for sejlads og ressourceudnyttelse.

Iskapperne i Arktis er under markant ændring i disse år. Fly- og satellitmålinger har vist, at randzonerne af Grønlands Indlandsis er blevet stærkt udtyndet de sidste 10 år. Det vides ikke, om de aktuelle observerede ændringer af Indlandsisen repræsenterer en langtids-tendens, eller om de blot skyldes naturlige korttidsvariationer af snefald og afsmeltning. Det er dog uomtvisteligt, at der i øjeblikket sker dramatiske ændringer i Indlandsisens randområder. Således indikerer ændringer i den samlede masse af Grønlands indlandis værdier mellem 150-200 km³/år siden 2002, som målt med GRACE missionen

Jakobshavn Isbræ, den mest aktive gletscher i Grønland, er f.eks. under kraftig udtynding (10 m/år) og har siden 2001 mistet hele sin flydende tunge på ca. 10 km's længde og fordoblet sin hastighed. Lignende ændringer er konstateret for de store gletchere fra Indlandsisen både i sydøst og sydvest Grønland. Den accelererende isflydning har resulteret i en fordobling af massetabet fra Indlandsisen i de seneste 10 år. Også de flydende gletschertunger i det nordlige Østgrønland er i øjeblikket i opbrud som følge af, at fastisen helt usædvanligt er brudt op de senere år.

Internationalt satses der for tiden betydeligt på nye programmer til observation af kryosfære-ændringer. Således har NASA i 2003 opsendt ICESAT, og ESA arbejder med CRYOSAT. Begge disse satellitter vil overvåge højdeændringer af indlandis og havis med få cm nøjagtighed og vil, sammen med målinger fra fly, isbrydere og ubåde, i de kommende år bidrage med helt nye og markant forbedrede data om kryosfærens ændringer. GRACE satellitten måler ændringer i jordens tyngdefelt, og har detekteret et markant massetab over Grønland; den præcise tolkning af signalet er dog stadig usikkert, da mange andre effekter, f.eks. landhævning, også indgår.

De forøgede internationale forskningsaktiviteter er også udtrykt ved udnævnelsen af 2007 som "International Polar Year" (IPY), med særligt fokus på is- og klimaforhold i det Arktiske Ocean og masseændringer af Grønlands Indlandsis.

Bl.a. er der fra amerikansk side satset massivt på IPY forskning i Grønland, med etablering af 35 nye permanente GPS stationer, som etableres i et samarbejde med Danmarks Rumcenter, DTU (DRC), og som giver yderligere information om afsmeltningen af indlandsisen gennem den landhævning, der kommer, når isen forsvinder

Fra dansk side er der gennem Miljøministeriet afsat langsigtede midler til national monitoring af Grønlands Indlandsis. Aktiviteterne ledes af GEUS (PromICE projektet), og omfatter både in-situ klimamålinger, gentagen flyovervågning og satellitmålinger.

Artisk Råd planlægger at udarbejde rapporter om syntese af viden om bl.a. Grønlands Indlandsis og om Havis. Udarbejdelse af rapporten om Indlandsisen vil foregå under dansk ledelse. Rapporterne skal være færdige i en foreløbig form til Artisk Råds ministermøde i 2009 og den endelige version til ministermødet i 2011.

Forskningsindsats

Danske rumforskere vil forske i udnyttelsen af fly- og satellitdata, udvikle nye modeller for dynamik af landis og havis, samt udnytte disse modeller til at fremskrive de observerede ændringer. Satellit- og modelarbejdet understøttes af feltprogrammer, hvor målinger fra fly samt overfladeobservationer vil blive brugt til at indsamle nødvendige data til understøttelse af modeller og validering af de forskellige typer satellitmålinger. Feltprogrammet vil ske i nært samarbejde med tyske, engelske og amerikanske forskergrupper. Sideløbende hermed vil ideer til nye / forbedrede sensorer opstå, og der vil blive forsket i design og udvikling heraf med henblik på fremtidig anvendelse fra satellitter.

Hovedemnerne i forskningsindsatsen vil omfatte:

Havis

- *Detektion* af istykkelsen, dens tidlige ændringer samt isbevægelser i det Arktiske Ocean:
 - Tykkelsesmålinger med satellitter (CRYOSAT og ICESAT)
 - Tykkelsesmåling over tynd is med polarimetrisk radar
 - Kortlægning af isbevægelser fra radar satellitmålinger (ENVISAT og RADARSAT)
 - Validering af istykkelser med laser- og radarmåling fra fly samt ubådssonar
 - Kortlægning af fast-isen og dens variationer
- Forståelse, *forklaring* og modellering af observerede målinger:
 - Dynamiske modeller for dannelse af render og isskruninger
 - Energibalance, rolle af smeltevandssøer og oceanografiske forhold
 - Indtrængning af radarsignaler (afgørende for forståelse af satellitdata)
 - Temperatur og forbedrede fysiske parametre fra mikrobølgedata
- Metoder til *fremskrivning* af havisforholdene baseret på observerede tendenser, klima- og oceanografiske modeller sammenholdt med de isdynamiske modeller.

Havisprogrammet vil især fokusere på nordvest- og nordøstgrønland, hvor der er betydelige samfundsmæssige interesser i Grønland (traditionel fangstvirksomhed og olie/gas-efterforskning) samt i det Arktiske Ocean nord for Grønland, som har betydelig international opmærksomhed pga. fremskrivning af et isfrit ocean om sommeren sidst i dette århundrede, samt den specielle dansk/grønlandske mulighed for at udvide kontinentalsoklen nord for Grønland. Der vil også blive

fokuseret på de øvrige havområder rundt om Grønland, samt i en vis udstrækning på hele polhavet.

Landis

- *Detektion* af indlandsisens dynamik og massebalance:
 - Hastighedsfelt for hele indlandsisen med satellit radar interferometri
 - Aktuelle højdeændringer målt med satellit og fly
 - Sneakkumulation fra kombineret laser- og radarmåling
 - Istykkelse, interne lag og bundforhold målt med flybåren radar
 - In situ validering af satellit- og flymålinger, observation af sneens egenskaber
 - Udnyttelse af historiske data (luftfoto, spionsatellitter) for lange tidsserier i indlandsisens randzone
- Forståelse, *forklaring* og modellering af observerede ændringer:
 - Forbedrede flyde- og akkumulationsmodeller
 - Afsmeltning og energibalance med klimastationer og satellitmåling af albedo
 - Udnyttelse af polarimetrisk interferometri til forståelse af radarindtrængning
 - Udnyttelse af tyngdefeltsændringer (GRACE satellit) til indikering af ismasseændringer
 - Udnyttelse af måling af landhævning med GPS til at forstå ismasseændringer
- Udnytte observationer og modeller til at *fremskrive* ændringer i indlandsisen ved brug af eksisterende modeller for fremtidig klimaudvikling

Landisprogrammet vil specielt fokusere på indlandsisens randzone, hvor de største ændringer vides at finde sted. Feltprogrammerne vil fokusere på randzoner hele Grønland rundt hvor tidligere målinger har vist betydelige ændringer.

Sensorer og metoder

- Forbedret design af:
 - SAR (polarimetrisk, interferimetrisk)
 - Radiometre (polarimetrisk, syntetisk)
 - Istykkelses-radar
 - Laserskanningsudstyr
 - Udstyr til tyngdemåling fra fly og på indlandsisen (bl.a. til verifikation af GRACE resultater)
 - Ubemandede klima- og GPS stationer på isolerede steder med satellitkommunikation og powersystemer (f.eks. fuelcelle-baseret)
- Forbedrede metoder til:
 - Analyse og fortolkning af jordobservationsdata
 - Elektromagnetisk modellering af jordobservationsdata
 - Kombination af data fra mange forskellige sensorer

Samarbejdspartnere

Emnerne i visionen repræsenterer felter, hvor danske forskere har betydelig erfaring, i mange tilfælde på absolut forskningsmæssig topplan. Den foreslåede forskningsindsats falder inden for ESA's hovedområde "Earth Observation", hvor Danmark står stærkt med en meget stor returcoefficient.

Forslaget er indsendt af Danmarks Rumcenter (DRC) ved DTU, som har mange års erfaring inden for jordobservation af kryosfæren. Potentielle og vigtige

samarbejdspartnere for den foreslåede forskningsindsats vil være Danmarks Meteorologiske Institut (DMI) og Danmarks og Grønlands Geologiske Undersøgelser (GEUS).

Vision 2 – et kort resumé

Indsendt af Professor, dr. med., Peter Norsk, Biomedicinsk Institut, Københavns Universitet & Civilingeniør, Thomas A. E. Andersen, Damec Research ApS, Odense

Emne: Bemanded rumfart og vægtløshed

Vision: At Danmark fortsat deltager i udvikling af udstyr og procedurer imod de negative virkninger af vægtløshed. At Danmark i den forbindelse kommer til at spille en aktiv rolle under fremtidige bemandede flyvninger til Månen og Mars. Målet er, at der medbringes medicinsk apparatur og træningsudstyr, som er udviklet i Danmark, når der sendes astronauter til Månen og Mars, og at resultaterne fra den danske forskning benyttes til at beskytte astronauternes helbred.

Samfundsmæssig relevans:

Den danske medicinske forskning på astronauter i rummet er samfundsrelevant, fordi det er et af formålene at udnytte den nye viden om vægtløshedens indvirkning på hjerte og blodtryk til at få mere at vide om, hvordan tyngdestresset påvirker menneskets fysiologi, og hvordan det indvirker på udvikling af en række sygdomme som dårligt hjerte, forhøjet blodtryk, knogleskørhed og sygdomme med nedsat muskelkraft.

Mulighed for kommerciel udnyttelse:

Er lovende, fordi dansk udviklet medicinsk udstyr til brug i rummet har ført til, at der er udviklet et apparat til måling af hjertets udpumpning af blod uden brug af invasive indgreb (spin-off til sygehusvæsenet). Da den hyppigste dødsårsag på verdensplan er hjerte- og kredsløbssygdomme, vil der også langt ud i fremtiden være kommercielle muligheder i videreudvikling af dette udstyr.

Kontaktinformationer på forsker for yderligere kommentarer:

Peter Norsk, pnorsk@mfi.ku.dk, Telefon: 35327511

Thomas A.E. Andersen: tandersen@damec.dk, Telefon: 35361464

Resuméet er udarbejdet af IDA. Vi tager forbehold for eventuelle fejl i fortolkningen.

Vision 2: Bemandet rumfart og vægtløshed

Af: Professor, dr. med., Peter Norsk, Bio medicinsk Institut, Københavns Universitet & Civilingeniør, Thomas A. E. Andersen, Damec Research Aps, Odense



Den tyske ESA-astronaut Thomas Reiter under måling af hjertets pumpefunktion med dansk produceret udstyr i et dansk rummedicinsk eksperiment på Den Internationale Rumstation i November 2006.

Baggrund

Tyngdekraften har formet alle elementer på jordens overflade. Materialer, væsker og levende organismer påvirkes helt ned på det molekylære plan konstant af tyngdekraftens tryk mod jordens overflade. Dette mekaniske tryk eller tyngdestress har haft afgørende betydning for udformningen af stort set alt og for udviklingen af alle levende organismer. At forstå hvad dette konstante tyngdestress betyder for de fysiske og kemiske egenskaber af materialer og væsker og for de biologiske processer i levende organismer er noget, som er blevet muligt gennem rumfart, for kun i det frie fald i rummet kan tyngdestresset helt ophæves gennem længere tid i vægtløshed.

Vægtløshed er en enestående tilstand, som ikke kan skabes på jordens overflade i længere tid. Ved at undersøge hvordan materialer, væsker og levende organismer fra det molekylære plan til helkropsniveau påvirkes af lang tids vægtløshed, har forskerne fået nye muligheder til at forstå nogle grundlæggende fysiske, kemiske og biologiske mekanismer. Fx kan en væskes overfladespænding adskilles fra forstyrrende tryk som følge af tyngdekraften, og krystaller kan dyrkes fuldstændig symmetrisk. I levende organismer kan de føleelementer, som registrerer tyngdekraftens retning, sættes ud af kraft, og det daglige tryk på muskler og knogler ophæves. Hjertets udpumpning af blod kan i vægtløshed isoleres fra de tryk i menneskets blodkredsløb, som forårsages af tyngdekraften, og lungernes funktion kan undersøges med en fuldstændig ensartet gennemblødning, som er umulig at efterligne på jordens overflade.

Ved på den måde at udelukke tyngdekraftens forstyrrende effekter, kan vi i vægtløshed få helt ny viden om elementære fysiske, kemiske og biologiske processer, som ellers ikke ville være opnået.

Forskningsmæssige perspektiver

Danske forskere har siden 1993 udnyttet vægtløshed i rummet på rumfærger, den russiske rumstation Mir og den Internationale Rumstation til at få mere at vide om hjertets aktivitet og blodkredsløbets og blodtrykkets regulering hos

mennesket. I de sidste 15 år har vi fra dansk side gennemført 10 eksperimentelle serier på astronauter i rummet, og yderligere 3 er for tiden ved at blive gennemført på den Internationale Rumstation.

Menneskets blodkredsløb er følsomt overfor tyngdestresset. For at blodtrykket kan tilpasses kroppens forskellige stillinger i tyngdefeltet på jordens overflade, er der igennem hundrede tusinder af år udviklet blodtryksreflekser, som sørger for, at der hele tiden er tilstrækkelig med blod til alle kroppens organer. Målinger i rummet af hjertets pumpefunktion, blodtrykket og kredsløbsreflekser har givet os ny viden om blodtryksskontrol, og om hvordan tyngdestresset påvirker blodtryk og hjerte.

På samme måde har målinger på astronauter i rummet givet os mere viden om, hvordan deres hjerte og blodkredsløb skal trænes under lang tids vægtløshed for at undgå besvimelse i forbindelse med tilbagevenden til jorden. Ved at sammenligne målinger på astronauter i rummet med målinger på både raske og syge på jorden, har vi også fået mere at vide om, hvordan hjertesygte patienter belastes af det daglige tyngdestress, og hvordan det kan imødegås i hverdagen. På den måde kan fysiologiske målinger i rummet benyttes til forbedring af behandling af patienter på jorden.



Hjertepatienter er i hverdagen belastet af tyngdestresset, fordi det syge hjerte og blodkredsløb har svært ved at modvirke tyngdekraftens træk i blodet. Ny viden fra rummet kan bidrage til at forbedre den medicinske behandling af hjertepatienter.

Samfundsrelevans og kommercielle muligheder

Den danske medicinske forskning på astronauter i rummet er samfundsrelevant, fordi det er et af formålene at udnytte den nye viden om vægtløshedens indvirkning på hjerte og blodtryk til at få mere at vide om, hvordan tyngdestresset påvirker menneskets fysiologi, og hvordan det indvirker på udvikling af en række sygdomme som dårligt hjerte, forhøjet blodtryk, knogleskørhed og sygdomme med nedsat muskelkraft.

Endvidere er der lovende kommercielle muligheder, fordi dansk udviklet medicinsk udstyr til brug i rummet har ført til, at der er udviklet et apparat til måling af hjertets udpumpning af blod uden brug af invasive indgreb som et spin-off til sygehusvæsenet. Uden dette samvirke mellem forskere og industri i forbindelse med bemanded rumfart, ville et sådan apparat ikke være blevet udviklet til gavn for behandling af hjerte- og kredsløbspatienter. Da den hyppigste dødsårsag på verdensplan er hjerte- og kredsløbssygdomme, vil der også langt ud i fremtiden være kommercielle muligheder i videreudvikling af dette udstyr.

Visioner

Det er visionen, at vi i Danmark fortsat deltager i udvikling af udstyr og procedurer imod de negative virkninger af vægtløshed, således at astronauterne efter lang tids rejse i rummet ikke besvimer, mister balanceevnen, eller brækker knoglerne, og at Danmark i disse henseender kommer til at spille en aktiv rolle under fremtidige bemandede flyvninger til Månen og Mars. Målet er, at der medbringes medicinsk apparatur og træningsudstyr, som er udviklet i Danmark, når der sendes astronauter til Månen og Mars, og at resultaterne fra den danske forskning benyttes til at beskytte astronauternes helbred. Hvis denne vision skal realiseres, kræver det, at antallet af astronauter, som indgår i danske undersøgelser mangedobles, og at Danmark får udvalgt ESA-astronauter.

Disse visioner skal virkeliggøres i et fortsat tæt og udvidet samarbejde mellem forskere og industri. I Odense har DAMEC ApS med støtte fra ESA etableret et lille kontrolcenter, som benyttes til at støtte forskerne, når de gennemfører målinger på rumstationen. Dette rumcenter bør udvides, således at Danmark kommer til at spille en ledende rolle i Europa, når det gælder planlægning og gennemførelse af målinger på astronauter før, under og efter en rumflyvning. Samtidig vil centret også med stor fordel kunne udnyttes under gennemførelse af andre danske eksperimenter på rumstationen end de rummedicinske, som fx Asim, som i øjeblikket bliver forberedt af Danmarks Rumcenter.



Fra Damec Research Aps' kontrolrum i Odense kan forsøge på rumstationen følges direkte. (Foto: Damec)

Visionen for den fremtidige danske deltagelse i bemanded rumfart og forskning i vægtløshedens virkninger kan således sammenfattes i 3 ord:

- Sygdomsforståelse
- Apparaturudvikling
- Astronauttræning

Sygdomsforståelse. Danmark skal i løbet af 10 år være det førende land i Europa, når det gælder forskning i:

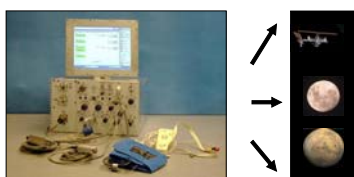
- Virkning af lang tids vægtløshed på hjerte, lunger og blodkredsløb
- Mekanismer for tyngdestressets virkning på en række kredsløbssygdomme
- Modvirkning af de negative virkninger af det daglige tyngdestress på hjerte- og kredsløbspatienter.

De samfundsmæssige perspektiver er her store, fordi hjerte- og kredsløbssygdomme er den hyppigste dødsårsag på verdensplan, hvor selv små forbedringer i den medicinske behandling vil kunne forbedre livskvaliteten for millioner af mennesker.

Apparaturudvikling. Danmark skal være førende, når det gælder udvikling af:

- Bærbart apparatur til overvågning af hjerte og blodkredsløb under lang tids rumfærd og til brug for hjertepatienter på jorden
- Bærbart udstyr til automatisk træning af astronauternes hjerte, blodkredsløb og muskler i rummet og til brug for hjertepatienter og patienter med knogle og muskelsygdomme på jorden
- Forholdsregler mod de negative virkninger af lang tids vægtløshed på hjerte, blodkar og blodtryksregulering

De kommercielle perspektiver er i den forbindelse store, fordi de teknologiske landvindinger i forbindelse med deltagelse i bemanded rumfart kan benyttes til udvikling af billigere og bedre medicinske apparater til overvågning af fx hjertepatienter, sådan som det allerede er bevist i Danmark igennem de sidste årtier.



Dansk udviklet medicinsk udstyr (bl.a. Portable Pulmonary Function System) kan benyttes på Rumstationen og under rejser til Månen og Mars samt på hjertepatienter på jorden (Grafik: Damec)

Astronauttræning. Om 10 år i år 2017 er det visionen, at dansk deltagelse i bemanded rumfart har medført en kraftig udbygning af den danske ruminfrastruktur i forhold til nu med et større rumstøttecenter end i dag, som løbende planlægger og aktivt gennemfører eksperimenter og målinger på astronauter i rummet i tæt samarbejde med forskere, læger og ingeniører. I år 2017 er det ligeledes visionen, at Danmark har fået udvalgt astronauter, hvoraf en opholder sig eller har opholdt sig på Månens overflade, og at danske forskere er nogen af de første, man konsulterer, når det gælder forholdsregler mod svækkelse af astronauternes hjerte, blodkar og blodtryksreflekser .

Endelig er det visionen, at Danmark i 2017 gennem ESA deltager i forberedelsen af de første bemandede rumflyvninger til Mars, hvor vi vil spille en førende rolle, når det gælder overvågning af astronauternes hjerte, blodkredsløb og muskler, og hvor dansk industri aktivt er med til at udvikle apparatur til måling af hjerte-lungefunktionen og til den fysiske træning af astronauterne.

Vision 3 – et kort resumé

Indsendt af Seniorforsker, afdelingsleder for Solsystemfysik Torsten Neubert, Danmarks Rumcenter

Emne: Satellitbåren observation (remote sensing) af atmosfæren

Vision:

- At forøge forståelsen af fundamentale atmosfæriske processer og deres indflydelse på vejr og klima
- At bibringe Danmark en position som ledende deltager i udforskningen af jordens atmosfære gennem udvikling af specifikke målemetoder og måleinstrumenter
- At udnytte den danske kompetence indenfor rumforskning til at opbygge særlige nicheområder indenfor klimaovervågning
- At styrke dansk atmosfæreforskning gennem et udbygget samarbejde mellem de relevante institutioner
- At fremme samarbejdet mellem forskning, dansk industri og danske teknologiske serviceorganisationer.

Samfundsmæssig relevans:

Der skal træffes store beslutninger om dansk energiforsyning, udnyttelse af undergrunden, konsekvenser af klimaændringer, m.m. i de kommende år. Det er derfor vigtigt at skabe det bedst mulige grundlag for politiske beslutningstagere.

Danmark har videnskabelig og teknologisk ekspertise på en række områder, der er relevante for studiet af jordens atmosfære. Studierne er afgørende for forståelsen af variationer i jordens klima – både de naturlige og menneskeskabte - og dermed også miljøet lokalt i Danmark.

Mulighed for kommerciel udnyttelse:

Danmark har deltaget i udviklingen af satellitbårne observationer igennem mange år; men en dedikeret dansk udviklings- og forskningsindsats vil skabe vidensgrundlag for vigtige samfundsrelaterede beslutninger og vil placere Danmark i den forreste række blandt de internationale aktører.

Kontaktinformationer på forsker for yderligere kommentarer:

Torsten Neubert, neubert@space.dtu.dk, Telefon: 35325731

Resumeeet er udarbejdet af IDA. Vi tager forbehold for eventuelle fejl i fortolkningen.

Vision 3: Remote Sensing af Atmosfæren

Af: Seniorforsker, afdelingsleder for Solsystemfysik Torsten Neubert, Danmarks Rumcenter

Visionen

En præcis beskrivelse af jordens atmosfære og af de fundamentale processer, som foregår i dens forskellige lag, er afgørende for forståelsen af jordens klimatiske forhold og dermed også miljøet lokalt i Danmark. Satellitbårne observationer er en uvurderlig kilde til kontinuert og global overvågning af de forskellige kritiske parametre, der indgår i disse sammenhænge. Danmark har deltaget i denne udvikling igennem mange år; men en dedikeret dansk udviklings- og forskningsindsats vil skabe vidensgrundlag for vigtige samfundsrelaterede beslutninger og vil placere Danmark i den forreste række blandt de internationale aktører.

Visionen er

- at forøge forståelsen af fundamentale atmosfæriske processer og deres indflydelse på vejr og klima
- at bibringe Danmark en position som ledende deltager i udforskningen af jordens atmosfære gennem udvikling af specifikke målemetoder og måleinstrumenter
- at udnytte den danske kompetence indenfor rumforskning til at opbygge særlige nicheområder indenfor klimaovervågning
- at styrke dansk atmosfæreforskning gennem et udbygget samarbejde mellem de relevante institutioner
- at fremme samarbejdet mellem forskning, dansk industri og danske teknologiske serviceorganisationer.

Realiseringen af denne vision kan ske ved

- at lede udviklingen af instrumentering til den Internationale Rumstation, den såkaldte Atmosphere-Space Interactions Monitor (ASIM)
- at udvikle satellitbårne observationssystemer baseret på særlige danske spidskompetencer
- at øge det danske engagement i atmosfærefysik og klimaforskning

Baggrund

Dansk rumforskning har længe deltaget i ESA samarbejdet, hvor nye observationsmetoder er blevet udviklet. Ikke mindst indenfor jordobservation har danske forskere medvirket aktivt til at formulere målsætning og instrumenter til ESA's forskellige missioner af denne kategori. Ligeledes har danske institutioner været med i mange af de internationale samarbejder om at redegøre for jordens klimatiske udvikling. Klimaforskning i Danmark forgår idag bl.a. på Danmarks Meteorologiske Institut (DMI) og Københavns Universitet (KU), mens forskning i atmosfæriske processer relaterede til klimaet foregår på DMI, Danmarks Miljøundersøgelser (DMU), Københavns Universitet og Danmarks Rumcenter (DRC-DTU). Med de seneste strukturændringer for universiteterne er der blandt andet etableret et stærkere samarbejde mellem DTU, DRC - DTU og Risø - DTU, som specielt giver fremtidige muligheder for at fremme rumforskningen og udnyttelsen af dens resultater.

DMI har på den operationelle side et stærkt internationalt samarbejde med Eumetsat, World Meteorological Organisation, ECMWF og andre meteorologiske

organisationer, hvor blandt andet klimamodellering og klimamonitorering indgår som et vigtigt element.

Som et særligt eksempel på udnyttelse af danske ideer gælder det GRAS1 Satellite Application Facility, som DMI har opbygget som en del af Eumetsats servicefunktioner. Idéen om at udnytte satellitbårne målinger af GPS signaler til at beregne temperaturfordelingen i atmosfæren op til en højde af ca. 80 km har været en dansk pionerindsats. Universitetet i Aalborg har siden hen suppleret arbejdet med at raffinere algoritmer til processering af data fra disse observationer.

Terma har som industripartner deltaget i de fleste af ESA's jordobservationsprojekter. Som en del af den teknologiske udvikling har Terma blandt andet ledet konceptstudierne for de ovennævnte GPS-baserede atmosfæremålinger. Herudover har Terma gennem Ørsted missionen og andre småsatellitprojekter udviklet et systemkendskab, som på nuværende tidspunkt har givet anledning til dansk lederskab på industrielt niveau af definitionsfasen for ESA's atmosfæremission, ASIM, til den Internationale Rumstation.

Udnyttelsen af den Internationale Rumstation danner en naturlig fortsættelse af det mangeårige arbejde som er udført af Rigshospitalet, Damec og Innovision i forening. Fysiologiske målinger på astronauterne under deres rumflyvninger har givet anledning til udvikling af nye instrumenttyper, som nu finder indpas på danske hospitaler. Der er således den relevante baggrund for en dansk ledet opbygning af et unikt observatorium på rumstationen, som vil kunne bibringe den internationale atmosfære- og klimaforskning nye dimensioner.

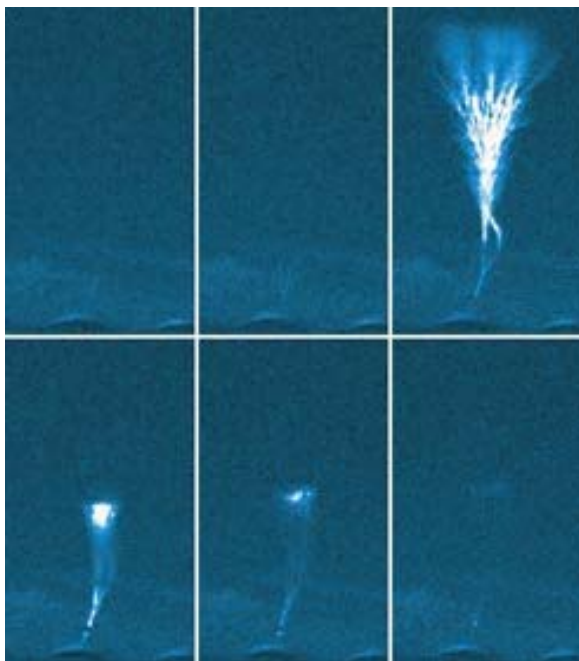
ASIM missionen kan være den første væsentlige danske satsning i rummet siden Ørsted satellitten. Den udgør en enestående mulighed for at påbegynde en langsigtet, national strategisk indsats for udvikling af instrumentering til remote sensing af atmosfæren. Den tekniske udvikling af ASIM og den tilhørende forskningsindsats beskrives nærmere i de næste afsnit.

ASIM MISSIONEN

Udviklingsindsats

ASIM er en instrumentpakke som skal placeres udvendigt på den Internationale Rumstation, hvorfra den vil observere atmosfæren, fra jordens overflade til de øvre lag af stratosfæren og mesosfæren i 50 – 100 km højde. Af særlig interesse er kraftige tordenstorme, som kobler troposfæren (0-12 km) til den ovenliggende atmosfære og rummet. Tordenstorme driver bl.a. udveksling af kemiske stoffer som drivhusgasser og aerosoler, og energi i form af termisk energi afsat af gravitationsbølger og elektrisk energi afsat af klodens største elektriske udladninger: Lyn der slår op fra toppen af tordenskyer til kanten af rummet i 100 kilometers højde.

Kæmpelyn i atmosfæren skal bl.a. observeres af ASIM. De refereres til som sprites, blue jets og elves (røde feer, blå stråler og elver). Man ønsker at måle dem i forskellige optiske spektralbånd, og bestemme den røntgenstråling, de udsender. ASIM instrumentpakken vil derfor bestå af seks videokameraer, seks højhastighedsfotometre og en røntgen-sensor, som vil blive samlet således at fire kameraer ser ud horisontalt, mens de to sidste sammen med røntgendektoren ser lodret ned.



Lyn fra toppen af en tordensky til 80 km højde. Billederne er taget med 25/billeder/s. [Nature, 423, p 974, 26 juli, 2003]

De optiske sensorer vil være baseret på dansk udviklede stjernekameraer, men vil være optimeret med hensyn til observationer indenfor meget smalle spektrale bånd og dermed meget svage signaler. Desuden vil specielt udviklede algoritmer blive benyttet til udvælgelse af de videobilleder, som indeholder relevant information.

Røntgen instrumentet vil basere sig på en matrix af 1024 x 1024 state-of-the-art krystaller af Cadmium Zink Tellurid. Disse CZT krystaller er af II-VI halvleder type og karakteriseret ved en meget kompakt form og høj effektivitet samtidig med, at de elektrisk er lettere at integrere med den øvrige detektorelektronik.

Datareduktion vil ske ombord, og derefter sendes resultaterne ned til kontrolcenteret på jorden. Supplerende data til disse kontinuerte målinger vil komme fra særlige internationale observationskampagner, hvor andre slags målinger af atmosfæren indsamles fra forskningsfly og opsendte balloner og derefter koordineres med ASIM data.

ESA har givet projektet høj prioritet, og konceptstudiet ledet af Danmarks Rumcenter, samt definitionsfasen under ledelse af Terma, gennemføres af et international konsortium med deltagelse blandt andet af Spanien og Norge.

Forskningsindsats

ASIM vil undersøge nye aspekter af atmosfæren, som er knyttet til atmosfærens elektriske og kemiske egenskaber - og mere end 20 lande og 80 forskere har meldt deres interesse i at medvirke til udnyttelsen af måledata. Dette gælder ikke mindst de øvre lag i stratosfæren i 50-100 kilometers højde, som stadig repræsenterer hvide pletter på vores videnskabelige landkort.

En klar forståelse af disse for klimaet vigtige lag kræver blandt andet bedre viden om

- de ekstreme elektriske storme, som pumper vanddamp, støv og sporgasser - som er vigtige for strålingsbalancen - højt op i atmosfæren, hvor de bliver hængende i måneder og år.

- den energetiske partikelstråling fra rummet, som påvirker atmosfærens egenskaber helt ned til jordens overflade gennem ændringer i mængden af sporgasser, ændringer i den elektriske ledningsevne, og dannelsen af skyer.

De danske forskningsinstitutioner har gode forudsætninger for at indtage en ledende rolle i at klarlægge disse fænomener. Det vil blandt andet ske gennem studier af

- *NOx produktion i lyn og kæmpelyn*, hvor specielt NO og NO₂ er vigtige for ozonbalancen
- *Transport af vanddamp til den øvre atmosfære*, hvor denne væsentlige drivhusgas – alene eller i form af skyer – har stor indflydelse på atmosfærens strålingsbalance og dermed også på jordens klima og på miljøet
- *Transport af aerosoler*, som foregår over store afstande i atmosfæren, og hvor sammenhænge mellem aerosoler, skydannelse og lynaktiviteter og påvirkningen på jordens vejr og klima kræver større uddybning
- *Trykbølger fra kraftige opadgående luftstrømme under heftige tordenvejr*, som afsætter energi i den øvre del af atmosfæren og dermed er med til at påvirke varmefordelingen i disse lag
- *Nordlys*, som med deres visualisering af strålingen af energetiske partikler fra solen indeholder information om disse partiklers evne til at påvirke atmosfærens kemiske sammensætning og ikke mindst forekomsten af NO og NO₂
- *Forstyrrelser af ionosfærens elektriske ledningsevne*, som forårsages af elektromagnetiske bølger og hurtige elektroner, når de på deres vej opad skaber ekstra ionisering og dermed flytter ionosfæren nedad mod 50 km højde
- *Meteorers påvirkning af atmosfæren*, hvor det anslås at en milliard meteoriter hvert år rammer jorden og brænder op i jordens atmosfære.

Fortolkningen af disse resultater vil yderligere give anledning til

- *Bedre forståelse af udbredelsen af polare mesosfæriske skyer*, som optræder i 80 km højde, selvom indholdet af vanddamp er meget ringe, på grund af de lave temperaturer og yderligere provokeret af afskærmningen fra et lavere liggende stigende indhold af CO₂
- *Forbedrede metoder til stormflods- og orkanvarsling*, som fremkommer ved en mere detaljeret forståelse af sammenhænge mellem lynaktiviteter (som er lette at registrere) og de forskellige stormfaser.

Et observatorium placeret på den Internationale Rumstation vil have ganske særlige fordele i og med, at det er den lavest tilgængelige bane for kontinuerte rumbaserede målinger og, at rumstationens bane ligger imellem 52° nordlig og sydlig bredde, der afgrænser de store tordenvejrregioner.

Samarbejdspartnere

Et projekt af denne type vil medvirke til at fremme samarbejdet mellem forskning, dansk industri og danske teknologiske serviceorganisationer. Det vil specielt medvirke til at udvikle nye former for samarbejde på grund af dets særlige tværfaglige karakter.

Forskningsindstøtten vil i høj grad fokusere på emner som skitseret ovenfor, men også i samarbejde med industrien om konstruktionen af de relevante instrumenter. Blandt forskningsinstitutionerne kan nævnes:

- Danmarks Rumcenter – DTU
- Risø – DTU
- Danmarks Meteorologiske Institut
- Københavns Universitet
- Aalborg Universitet
- Danmarks Miljøundersøgelse

ASIM projektet byder både på systemopbygning under de særlige ekstreme krav fra ESA's og NASA's side, som stilles til bemanded rumfart og på opbygning af optiske og røntgenfølsomme detektorer, der vil skulle måle ud fra nogle meget krævende specifikationer. Blandt industrivirksomheder er der potentiale i ASIM for f.eks.:

- Terma A/S
- Damec Research ApS
- Copenhagen Optical Company ApS
- Søren Larsen Aps
- Innoware A/S
- Flux A/S
- GPV Printca A/S
- m.fl.

Detektoren til røntgen- og gammastråling vil blive opbygget omkring en matrix af Cadmium Zink Tellurid (CZT) krystaller. Dette II-VI halvleder materiale giver nogle helt specielle muligheder for at bygge et meget kompakt, 2-dimensionalt og billeddannende instrument med god integration til den øvrige elektronik. Blandt de teknologiske serviceorganisationer er der specielt meldt om interesse for at udnytte denne teknologi fra:

- FORCE Technologies

Langsigtede perspektiver

Der skal træffes store beslutninger om dansk energiforsyning, udnyttelse af undergrunden, konsekvenser af klimaændringer, m.m. i de kommende år. Det er derfor vigtigt at skabe det bedst mulige grundlag for politiske beslutningstagere.

Danmark har videnskabelig og teknologisk ekspertise på en række områder, der er relevante for studiet af fundamentale atmosfæriske processer, som er vigtige for forståelsen af variationer i jordens klima – både de naturlige og menneskeskabte. Forskningsfeltet – og det teknologiske udviklingsarbejde, der knytter sig til den tilhørende instrumentudvikling – er af tværfaglig karakter og kræver en strategisk national prioriteret indsats for at blive udnyttet og udbygget. Gøres dette, vil danske forskere kunne yde en væsentlig indsats på udvalgte områder, og være en uvurderlig ressource for politiske beslutningstagere.

ASIM er en aktuel mission, som kan være et skridt mod et bredt, konkret samarbejde på tværs af faggrænser.

Vision 4 – et kort resumé

Indsendt af Lektor Henning Skriver, Danmarks Rumcenter, på vegne af Forum for Jordobservation under Dansk Rumkonsortium.

Emne: Jordobservation i Danmark

Vision:

- At opnå en bedre forståelse af Jorden som system, og dermed klimaet
- At bidrage til en forbedret overvågning af miljøet fra global over regional til lokal skala
- At forske i og udvikle forbedrede og nye sensorer, teknikker, metoder og modeller.

Samfundsmæssig relevans:

Centralt i forhold til vigtige samfundsmæssige problemstillinger – fx i forhold til at forstå samspillet mellem klimaet, miljøet og vore naturressourcer og dermed for livsbetingelserne på vores klode.

Jordobservation udnyttes ligeledes til samfundsmæssigt vigtige operationelle overvågningsopgaver, såsom vejrforudsigelser, besejling af isfyldte farvande, oliespild og algeforekomster. Et af de nyere områder for anvendelse af jordobservationsdata er i forbindelse med hjælpeorganisationers arbejde ved humanitære kriser, samt en række ikke militære sikkerhedsaspekter.

Mulighed for kommerciel udnyttelse:

Jordobservation er et af de felter inden for dansk rumforskning, hvor Danmark er meget succesrig, f.eks. er danske forskere, brugere og firmaer direkte involveret eller bruger data fra langt de fleste ESA jordobservationsmissioner.

Potentialet bedømmes derfor til at være forholdsvis stort for små og mellemstore virksomheder inden for dette højteknologiske område, hvor der vurderes at være plads til fortsat at udvikle flere højteknologiske virksomheder inden for forskellige niches.

Kontaktinformationer på forsker for yderligere kommentarer:

Henning Skriver, hs@space.dtu.dk, Telefon: 45253792

Resumeeet er udarbejdet af IDA. Vi tager forbehold for eventuelle fejl i fortolkningen.

Vision 4: Jordobservation i Danmark

Af: Dette forslag er indsendt på vegne af Forum for Jordobservation som består af de fleste aktører på feltet fra universiteterne, offentlige institutioner og firmaer under Dansk Rumkonsortium af forummets koordinator Lektor Henning Skriver, Danmarks Rumcenter, DTU.

Jordobservation er et af de felter inden for dansk rumforskning, hvor Danmark er meget succesrige, f.eks. er danske forskere, brugere og firmaer direkte involveret eller bruger data fra langt de fleste ESA jordobservationsmissioner. Det strækker sig fra at tage del i den videnskabelige ledelse og definition af missioner, over anvendelse og validering af satellitdata til forståelse af grundlæggende geofysiske problemer og til operationel overvågning af miljøet, og til udvikling, kalibrering og levering af satellithardware, videnskabelige instrumenter, og metoder og modeller til databehandling.

Visionen er, at

- opnå en bedre forståelse af Jorden som system, og dermed klimaet
- bidrage til en forbedret overvågning af miljøet fra global over regional til lokal skala
- forske i og udvikle forbedrede og nye sensorer, teknikker, metoder, samt modeller

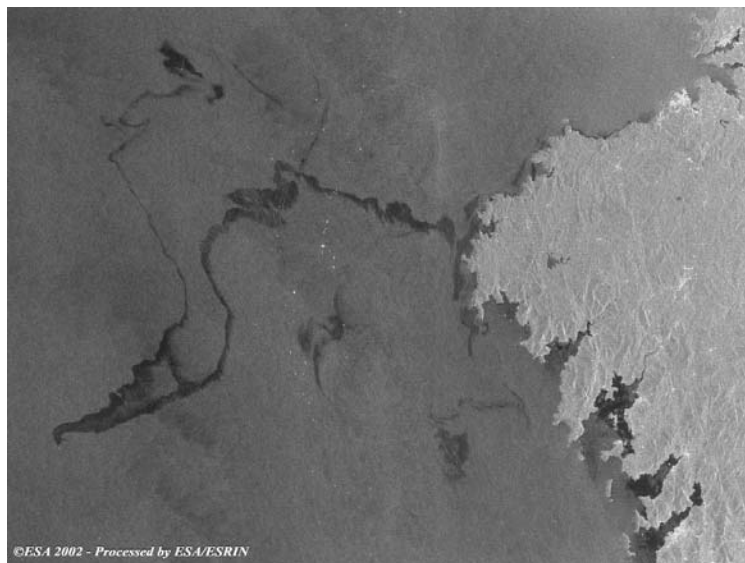
Samfundsrelevans

Jordobservationsteknikker, metoder og observationer er helt centrale i forhold til vigtige samfundsmæssige problemstillinger. Det gælder de store spørgsmål i forhold til at forstå Jorden som system, og dermed få større indblik i mekanismer, der er betydende for ændringer i og samspillet mellem klimaet, miljøet og vore naturressourcer og dermed for livsbetingelserne på vores klode. Observationer fra satellitter er her essentielle. De giver global dækning med regelmæssige observationer, og muligheden for at observere vigtige parametre uden hensyntagen til landegrænser, politiske skel, traditioner osv.

Netop disse konsistente, globale observationer er et vigtigt grundlag for at forstå og overvåge klima og miljø. Jordobservation kan bidrage væsentligt til at bestemme status og overvåge ændringer i forhold såsom havisens udbredelse og sammensætning, gletsjeres udbredelse og dynamik, indlandsisens afsmeltning, Jordens magnet- og tyngdefelt, globale havtemperaturer, atmosfærens sammensætning (herunder ozonlaget) og temperatur, skydække, globalt vegetationsdække og arealanvendelse (herunder tørke, afskovning og ørkendannelse), samt hydrologiske parametre såsom jordfugtighed. Jordobservation er ligeledes en væsentlig kilde til information i forbindelse med modelberegninger af fremtidige klimascenarier.

På det nationale plan og på EU plan er der et stadigt stigende behov for og krav om overvågning og rapportering af miljøforhold. Det gælder f.eks. i forbindelse med EU's landbrugsstøtteordninger, hvor der nu ikke kun kræves rapportering om afgrøder, men også om påvirkningen af det omkringliggende miljø. Overvågning af skov- og naturområder kræves af EU i forbindelse med f.eks. Kyotoprotokollen, EU Natura 2000 netværk, og rapportering af biologisk rige områder. Disse overvågningsopgaver baserer sig i dag i stor udstrækning på observationer fra satellitter, og baggrunden for det europæiske Global Monitoring for Environment and Security (GMES) initiativ er, at dette skal ske i langt højere grad fremover. Jordobservation udnyttes ligeledes til samfundsmæssigt vigtige operationelle overvågningsopgaver, såsom vejrforudsigelser, besejling af isfyldte farvande,

oliespild og algeforekomster. Et af de nyere områder for anvendelse af jordobservationsdata er i forbindelse med hjælpeorganisationers arbejde ved humanitære kriser, samt en række ikke militære sikkerhedsaspekter.



Oliespild ud for Spaniens kyst i forbindelse med tankerens Prestige's forlis i 2002.

Miljøovervågning, tematisk kortlægning og i det hele taget information om land- og vandområder er meget vigtige ingredienser i den lokale, regionale og globale forvaltning, planlægning og udvikling. Det kan f.eks. dreje sig om implementering af lovgivning, anlægs- og entreprenørarbejder, by- og landskabsplanlægning og forvaltning af naturressourcer. Det involverer både de offentlige forvaltninger, men også firmaer der opererer national som internationalt herunder i den 3. verden. Jordobservation er igen et vigtigt værktøj ved frembringelse af denne geografiske information. Der er brug for at udvikle nye løsninger, tjenester og beslutningsværktøjer, og her er et område, hvor både større firmaer og SMV'er kan gøre sig yderligere gældende.

Forskningsmæssige perspektiver

En række universitetsinstitutter, forskningsinstitutioner og enkelte firmaer har gennem mange år været med i forreste række, hvad angår forskning i sensorer, teknikker, metoder og anvendelser inden for jordobservation. Denne styrkeposition har bl.a. betydet at Danmark har haft meget stor indflydelse på udformningen af jordobservationsmissioner i ESA, og anvendelsen af data fra disse. Det gælder f.eks. ERS-1/2, Envisat, Cryosat, GOCE, SMOS og Swarm missionerne. Ligeledes er der opnået internationalt anerkendelse af resultaterne baseret på den danske Ørsted satellit. Endvidere har danske forskere gennem årene produceret resultater af høj kvalitet baseret på data fra mange forskellige satellitter, herunder europæiske og amerikanske, samt avancerede flydata. Jordobservationsområder kendetegnes i Danmark ved et godt og tæt samarbejde mellem naturvidenskabelige forskere, tekniske forskere og brugere.

På denne baggrund foreslås det, at forskning inden for jordobservation fortsættes og styrkes på de tre hovedområder, der er nævnt i indledningen: bedre forståelse af Jorden som system, forbedret overvågning af miljøet samt forbedrede og nye sensorer teknikker, metoder og modeller, og som vil blive beskrevet nærmere nedenfor:

Danmark gør sig gældende på en lang række områder, der er vigtige for at forstå Jorden som system, og dermed få større indblik i mekanismer, der er vigtige for at forstå klimaet og klimaændringer. Det drejer sig om kryosfæren, hvor jordobservation specielt med radar og mikrobølgeradiometre f.eks. fra ERS-1/2, Envisat, Cryosat og amerikanske DMSP satellitter, spiller en stor rolle i forbindelse med undersøgelser af indlandsisen, gletsjere og havis, om Jordens magnetfelt med Ørsted og Swarm missionerne, om Jordens tyngdefelt med GOCE og den amerikanske GRACE mission, om havstrømmene i oceanerne med tyngdefeltsmissionerne og radarhøjdemålinger, og om atmosfæren med f.eks. METOP GPS og kommende GALILEO målinger af profiler med henblik bl.a. på forbedringer af vejrforsudsigelser. Endvidere inkluderer det ligeledes hydrologi og biosfæren, herunder jordfugtighed og hydrologisk modellering, globale ændringer i vegetationen samt ændringer i arealanvendelsen med brug af data fra både optiske og mikrobølgesatellitter, såsom NOAA, MODIS, Meteosat Second Generation, Landsat, Spot, ERS-1/2, Envisat og SMOS. Alle disse områder er centrale i f.eks. ESA's jordobservationsprogram, i det internationale GEOSS samarbejde, og i det europæiske GMES initiativ.

På baggrund af et tæt samarbejde mellem universiteter, institutioner, og brugere er Danmark på en række områder førende inden for brug af jordobservationsdata til overvågning af miljøet strækkende sig fra global over regional til lokal skala. Det drejer sig f.eks. om marine og kystnære anvendelser af jordobservationsdata, om haviskortlægning ved Grønland, om integrering af jordobservationsdata i regional og lokal overvågning og forvaltning af miljøet, landbruget og naturressourcer, samt global og regional overvågning og modellering af hydrologi og vegetation i Danmark såvel som i Afrika. Disse områder anvender ofte kombinationer og tidsserier af data fra forskellige sensorer og satellitter. Alle disse områder er centrale i forbindelse med det europæiske GMES initiativ, der også inkluderer aspekter som naturkatastrofer og sikkerhed. GMES gennemføres i samarbejde mellem EU, ESA og de enkelte lande.

En meget vigtig forudsætning for at kunne gennemføre forskning på de to ovennævnte områder er adgang til avancerede sensorer, teknikker, dataanalyse og -behandlingsmetoder, samt modeller. Danmark har en lang tradition inden for dette felt og er med i forreste række med avancerede sensorer, f.eks. radarsensorer, mikrobølgeradiometre, stjernekameraer og magnetometre både til satellitmissioner og til eksperimentelle flysystemer, som bruges til at forske i nye avancerede teknikker til senere brug på satellitter. Ligeledes inden for forskning i avancerede dataanalyse og -behandlingsmetoder og teknikker er Danmark med helt fremme, bl.a. inden for udvikling af nye radartechnikere og nye metoder, der udnytter det rumlige og tidslige indhold i jordobservationsdata optimalt. Et vigtigt aspekt, hvor Danmark har gjort sig gældende, er i forbindelse med kalibrering og validering af jordobservationsdata, både ved hjælp af flykampagner og ved målinger på jorden. Et afgørende fundament for brug af jordobservationsdata i forbindelse med en række anvendelser er udvikling og anvendelse af fysiske og elektromagnetiske modeller.

Det foreslås, at forskningen på ovennævnte tre hovedområder fortsættes og styrkes. Det kan f.eks. ske ved, at der dannes centre (uden mure) eller endnu tættere samarbejder inden for en række af de centrale områder, således at dansk forskning inden for jordobservation kan markere sig endnu stærkere nationalt og internationalt. En vigtig opgave vil være at identificere de vigtigste problemstillinger, der skal adresseres over de næste 5 år. Midlerne til at nå dette mål kan være fælles forskningsansøgninger, herunder også de strategiske, EU's

7. Rammeprogram, samt en fortsat sikring af en optimal prioritering af ESA-midlerne.

Kommerciel udnyttelse

Der er i Danmark ikke en lang tradition for, at opgaver, der gør brug af jordobservationsdata, løses af firmaer. Det sker ofte inden for institutionerne selv, med kortlægning og specialiserede vejrudsigter som eksempler på områder, hvor det er anderledes. Det kan derfor være vanskeligt for nye firmaer at etablere sig. Potentialet bedømmes dog til at være forholdsvis stort for små og mellemstore virksomheder inden for dette højteknologiske område, hvor der vurderes at være plads til fortsat at udvikle flere højteknologiske virksomheder inden for forskellige niches. Vigtige forudsætninger for succes er good-will og tæt samarbejde med fagekspertisen ved forsknings- og vidensinstitutionerne. Det foreslås derfor, at mulighederne for hjælp i forbindelse med start af virksomhed inden for området styrkes væsentligt. Et godt eksempel på, at det kan lade sig gøre i de rigtige rammer, er firmaet GRAS A/S, der ejes i fællesskab af DHI og Institut for Geografi og Geologi på KU. Udvikling, implementering og operation af GMES-tjenester forventes at kunne tiltrække nye typer af firmaer, der ikke tidligere har arbejdet med jordobservation.

En række større firmaer eksisterer også på området, f.eks. Terma A/S og Rovsing A/S, og her ligesom for de mindre firmaer kunne det strategiske forskningsprogram, højteknologifonden og erhvervs Ph.D.'er eller deltagelse i forskerskoler være med til at fremme området. Et endnu tættere samarbejde mellem firmaer og universiteter i forbindelse med kontrakter med f.eks. ESA kunne også være med til at fremme området i industrien.

Uddannelse og rekruttering

På de geografiske uddannelser (IGG på KU RUC og AUC) er jordobservation allerede indlejret i forskellige kurser på bachelor og kandidatuddannelserne. På alle universiteter er der deciderede jordobservationskurser. Der er et potentiale for i langt højere grad at indlejre eksempler fra jordobservation på alle niveauer i uddannelsessystemet. Der er behov for efteruddannelse af gymnasielærere i forbindelse med gymnasie-reformen. Herunder udarbejdelse af kursus-materiale (cases og tekster) til brug i undervisningen i gymnasiet i naturgeografi, og tværfaglige forløb med fysik, biologi og matematik.

Brug af jordobservation bør fremmes i alle relevante længere og kortere varende uddannelser. Det kunne overvejes, om der skal samarbejdes om en fælles kandidat-uddannelse i jordobservation på tværs af universiteter. Som minimum skal der være et bedre samarbejde om at udveksle studerende og tilbyde fag på tværs.

Kombinationen mellem dagligdags eller samfundsrelevante problemstillinger og ny informationsteknologi tiltrækker unge og har et stort potentiale. Der er generelt stor interesse blandt studerende til at specialisere sig inden for GIS og jordobservation. Der er stor interesse blandt internationale studerende for de danske uddannelser inden for jordobservation.

Der er blevet gjort et stort arbejde fra mange sider for at oplyse om jordobservation. Det er dog også klart, at jordobservation ikke har den samme gennemslagskraft i offentligheden som f.eks. opsendelse af raketter og udforskning af planeter og det ydre rum. Man skal dog ikke se bort fra, at stort set hele Danmarks befolkning dagligt udsættes for jordobservation gennem brug af satellitbilleder i vejrudsigterne på TV og når de jævnligt benytter Google Earth.

Jordobservation bruges også i forbindelse med anvendelser, hvor det ikke umiddelbart fremgår, at der f.eks. har været anvendt satellitdata, eksempelvis opdatering af kort, forbedring af mobiltelefonnettet, udstedelse af varsling om giftige alger og stormflod. Det er nødvendigt at blive bedre til at demonstrere anvendelser af jordobservationsdata for at øge den offentlige bevidsthed.

Bevillinger

Det har gennem årene været overordentlig nemt at finde anvendelse for det danske bidrag til ESA's jordobservationsprogram i form af kontrakter til firmaer og forskningsinstitutioner, hvilket ikke har været tilfældet for nogle af de øvrige ESA-programmer. Der er stor interesse i Danmark for at deltage i EU's rammeprogrammer med projekter inden for jordobservation. Ligesom interessen er stor for EU og ESA's GMES initiativ. Der er dog et stort problem i forbindelse med støtte til forskningen inden for jordobservation fra de danske forskningsråd. Ansøgninger inden for dette felt falder ofte mellem det tekniske (nu FTP) og det naturvidenskabelige (nu FNU) forskningsråd. Ingen af disse nye forskningsråd har jordobservation med som interesseområde. Jordobservation (og i bredere forstand rumforskning) bør indgå som vigtige elementer i både FTP og FNU.

Folketing og regering skal overbevises om at rumforskning herunder jordobservation er meget vigtige elementer i dansk forskning, og at kandidater og resultater, der produceres inden for dette højteknologiske område, også finder anvendelse inden for mange andre områder. Der bør afsættes flere midler til ESA's programmer, herunder jordobservationsprogrammer, dvs. EOEP og GMES, samt tekniske programmer som GSTP, således at Danmark's bidrag som minimum ligger på BNP-niveau.

Vision 5 – et kort resumé

Af: GomSpace - et nystartet firma med rødder i Aalborg Universitets satellitaktiviteter. Firmaet er på frontlinien i Europa når det gælder udvikling af såkaldte pico-satellitter, dvs. satellitter som er mindre og billigere end ved traditionelle satellitmissioner.

Emne: UdSat – Uddannelsessatellit

Vision: At give studerende positive og inspirerende oplevelser af arbejdet med naturvidenskab, som kan motivere dem til at følge den naturvidenskabelige levevej. Formålet er at bibeholde Danmarks position som et førende videnssamfund.

Dette gøres ved at sende en lille satellit på 3kg ud i verdensrummet udstyret med en række simple eksperimenter, som kan benyttes aktivt hovedsageligt i fysikundervisningen på danske gymnasier og HTX'er, men også andre fag indenfor naturvidenskab og i forbindelse med tværfaglige forløb.

Samfundsmæssig relevans:

Fremskrivninger viser, at Danmark vil mangle 14.000 ingeniører i 2020. Derfor skal der gøres en indsats for at tiltrække unge til de naturvidenskabelige uddannelser.

Mulighed for kommerciel udnyttelse:

Kommerciel udnyttelse af UdSat kan i mindre grad tænkes muliggjort gennem salg af satellittens laboratorie-tjenester til udenlandske uddannelsesinstitutioner.

Kontaktinformationer på forsker for yderligere kommentarer:

GomSpace, info@gomspace.com, Telefon: 22196094.

Resumet er udarbejdet af IDA. Vi tager forbehold for eventuelle fejl i fortolkningen.

Vision 5: UdSat – Uddannelsessatellit

Af: GomSpace (se præsentation i slutningen af visionen)

Dette dokument beskriver et forslag om en satellitmission til at styrke de naturvidenskabelige fag på ungdomsuddannelserne. Dette vil hjælpe med at knække tendensen til vigende tilslutning til de naturvidenskabelige fag og den deraf følgende mangel på ingeniører og lignende i industrien.

Baggrund og samfundsrelevans

I 1999 sendte Danmark sin første satellit i rummet. Siden da har Ørsted satellitten fungeret upåklageligt og har påvist, at en lille nation kan lave effektiv rumteknologi, der kan levere videnskabelige data i forskningens absolutte verdensklasse. Endvidere har Ørsted været en eksponent for videnskab og teknologi i den offentlige bevidsthed og dermed motiveret unge mennesker til en fremtid på det vidensbaserede arbejdsmarked. Satellitten har i den sammenhæng bl.a. været brugt som regneeksempel i fysikundervisningen på HTX.



Kan vi tænde lyset for naturvidenskaben i Danmark?

Regeringen offentliggjorde torsdag den 20. april 2006 den endelige strategi for Danmark i den globale økonomi kaldet "Fremgang, fornyelse og tryghed". Strategien fastslår, at Danmark skal satse kraftigt på uddannelse, og at der skal gøres en speciel indsats for at få flere unge til at vælge en videregående uddannelse indenfor natur, teknik og sundhed, samt at ungdomsuddannelsernes undervisning indenfor dette felt skal styrkes for at nå dette mål.

Dette dokument beskriver hvordan en billig danskbygget satellit kan bruges som et rum-laboratorium for danske studerende på ungdomsuddannelserne, hvor de studerende får mulighed for direkte at interagere med en rigtig satellit i kredsløb og benytte data fra satellitten i forbindelse med opgaveregning og rapportskrivning i de naturvidenskabelige fag på ungdomsuddannelserne. Formålet hermed skal være at give de studerende positive og inspirerende oplevelser af arbejdet med naturvidenskab, som kan motivere dem i deres valg af videre studieretning.

Idéen kort beskrevet

Ideen går ud på at sende en lille satellit på 3kg ud i verdensrummet udstyret med en række simple eksperimenter, som kan benyttes aktivt hovedsageligt i fysikundervisningen på danske gymnasier og HTX'er, men også andre fag indenfor naturvidenskab og i forbindelse med tværfaglige forløb.

Satellitten vil være udstyret med en radio-sender, som giver de studerende mulighed for at hente data fra satellitten når den overflyver den pågældende uddannelsesinstitution ved hjælp af simpelt håndholdt radioudstyr (pris ca.

10.000kr pr. sæt). Det konkrete sæt af eksperimenter på satellitten foreslås udarbejdet i samarbejde med faglige organisationer af naturvidenskabslærere på ungdomsuddannelserne.

Nedenfor er givet et par potentielle forslag til, hvad sådanne eksperimenter kunne indeholde og nogle kommentarer til de perspektiver, de kan sammenbindes med i undervisningen:

- *Fotografering af polerne, Grønland og verdenshavene med farvekamera*
 - o Iskappernes og indlandsisens udbredelse og variation. Global opvarmning?
 - o Algebevægelser i verdenshavene og iltsvind i danske fjorde
- *Måling af jordens magnetfeltet*
 - o Grundlæggende magnetismelære
 - o Magnetfeltets beskyttende effekt imod f.eks. hudkræft
 - o Opbygning af jordens indre, muligheden af en polvending
- *Energiproduktion fra solceller*
 - o Grundlæggende halvlederteori og elektricitetslære
 - o Jordens energibalance og albedo (sollysets refleksion fra Jordens overflade)
 - o Vedvarende energi
- *Temperaturmålinger af satellitten*
 - o Termodynamik, materialers termiske egenskaber
 - o Strålingsbalance, modeller af drivhuseffekten
- *Måling af frekvens og signalstyrke fra satellitten*
 - o Radiobølger og udbredelsesmodeller
 - o Doppler-effekten

Ovennævnte er kun nogle få af de potentielle muligheder. Generelt for de fleste eksperimenter kan man i tillæg lave referenceeksperimenter på jorden for at sammenligne forhold, der gælder på Jorden, i modsætning til situationen i verdensrummet, f.eks. hvordan varmeledning er anderledes i rummet kontra atmosfæren pga. konvektion eller mangel på samme.

En anden brugsmulighed er, at elever på HTX med interesse i elektronik kan arbejde med selv at fremstille radiomodtagere til satellittens signal og afprøve dem fra institutionens græsplæne.

Det er vigtigt at den enkelte elev i forløbet oplever suset, som det er, når man står på en græsmark og venter på at kunne høre signalet med det håndholdte udstyr når satellitten stiger over horisonten med 25000km i timen og 10 minutter senere forsvinder bag den anden horisont.

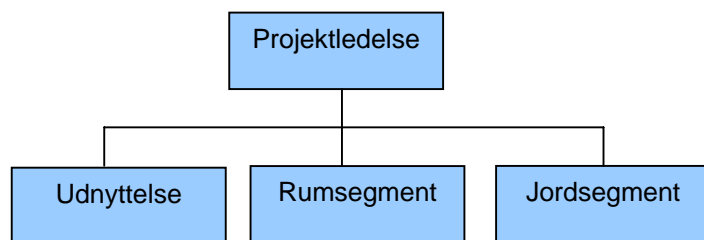
Udover at de enkelte elever selv kan modtage data fra satellitten, forudses det, at en lille permanent jordstation skal være til rådighed med henblik på dagligt at monitorerne satellitten og give styrekommandoer.

Det foreslås, at der i forbindelse med projektet oprettes en hjemmeside for elever og deres lærer, som forklarer alt om satellitten, hvordan man gør brug af den, samt alle de muligheder der er for at inddrage den og de data den genererer i undervisningen, herunder konkrete øvelsesvejledninger.

Organisation og økonomi

Projektet foreslås overordnet opdelt som set skitseret i figuren nedenunder. En projektledelsesgruppe med repræsentanter fra den bevilligende instans,

repræsentanter for lærere i naturvidenskab på ungdomsuddannelserne og GomSpace. Gruppen har til ansvar at definere satellittens konkrete mission og føre tilsyn med projektets fremadskriden.



"Udnyttelse" dækker over den del af projekt, der drejer sig om den tilknyttede hjemmeside og udarbejdelse af de informationer og undervisningsmateriale, der er på siden. Dette arbejde forestilles varetaget af lærere og evt. et entreret firma til webdesign. God inspiration kan findes på siden <http://galathea3.emu.dk/>.

"Rumsegmentet" dækker over design, konstruktion og test af satellitten og endvidere forhandling af en opsendelseskontrakt og udførelse af opsendelsen. Dette foreslås foretaget af GomSpace.

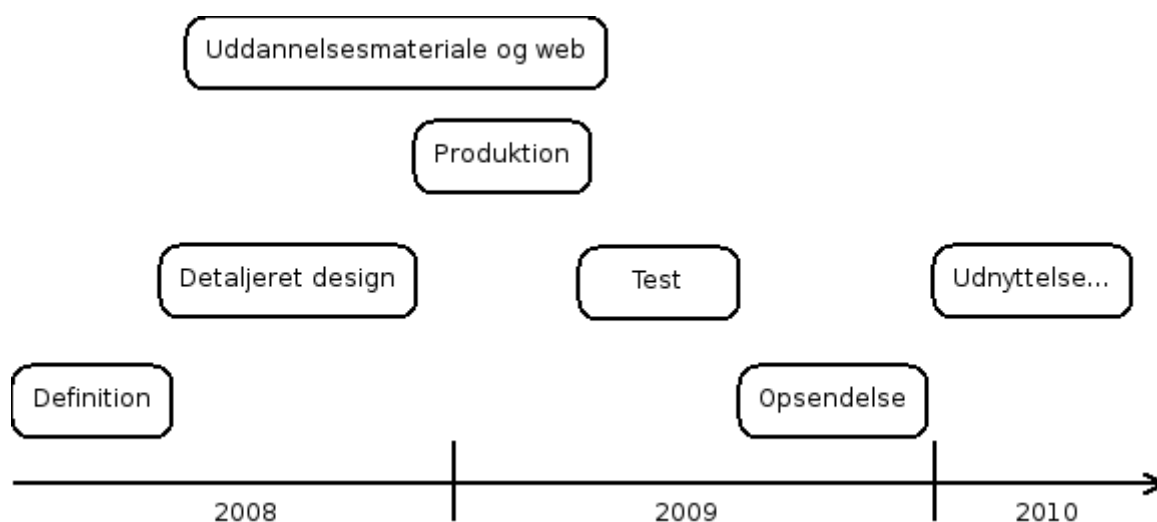
"Jordsegmentet" dækker over indkøb af materiel og opsætning af den jordstation der skal monitorerne og styre satellitten, herunder daglig drift (satellit og jordstation). Rumsegmentet foreslås udviklet og drevet af GomSpace.

Med hensyn til økonomi vil der her kun gives overslag på priser for henholdsvis rum- og jordsegmentet. Det antages at satellitten udvikles med henblik på minimum et års levetid (bemærk: Ørsted var udviklet til 14mdr. men lever stadig fint efter 7 år). Udvikling af satellitten forudses til 18mdr. efter planen skitseret nedenfor.

Et konservativt overslag på rumsegment er 5 mio. kr., opsendelsen er ca. 2 mio. kr. og endeligt vil en jordstation kunne oprettes for 500.000kr. Endvidere må der påregnes et mindre beløb til vedligehold for hvert år missionen fortsætter. Alt i alt vil selve satellitten, opsendelse og jordstation koste mindre end 8 mio. kr. For at få projektets totale pris skal der hertil lægges udgifter til opbygning og vedligehold af hjemmeside samt udvikling af passende undervisningsmateriale.

Skitse af projektplan

Projektet forestilles startet med en indledende fase af en halv års varighed hvor GomSpace, lærere og repræsentanter fra bevillingshaveren fastlægger missions deltager og forløb, hvilket også munder ud i et samlet budget, hvorpå der kan træffes beslutning om projektets gennemførelse. Vælges det at gennemføre projektet, følger en periode med detaljeret teknisk design efterfulgt af den egentlige produktion. Herefter kan satellitten testes og klargøres til opsendelse. Parallelt med ovenstående udarbejdes undervisningsmateriale og hjemmeside for projektet. Forløbet er skitseret på figuren nedenfor.



Opsendelsen kan med denne plan forudses til midten af 2009 eller starten af 2010 afhængig af mulighederne for at tegne kontrakt med en løfteraket.

Perspektiver

Herunder en "rodekasse" af ideer, der kan tages i betragtning under udarbejdelse af den endelige missionbeskrivelse:

- AMSAT-OZ, en organisation af danske radioamatører, har givet deres interesse i projektet til kende og er villige til at engagere sig i det omfang der er muligt for dem, evt. ved at hjælpe lokale institutioner med at kontakte satellitten.
- Elever kan inddrages i definitionsfasen, f.eks. ved at udskrive en konkurrence om at komme på de bedste missionsforslag. Ligeledes kan der udskrives en navnekonkurrence for at øge opmærksomheden omkring missionen.
- Forslaget her fokuserer på ungdomsuddannelserne, men det er rimeligt at antage at også folkeskolen vil kunne gøre brug af satellitten i undervisningen om end i et mindre omfang.
- Eksperimentarier og lignende kan lave interaktive opstillinger baseret på brug af satellitten.

Kommercielle muligheder

UdSat-projektet er primært tænkt som en saltvandsindsprøjtning til motivationen af unge til at følge den naturvidenskabelige levevej med henblik på at bibeholde Danmarks position som et førende videnssamfund. Kommerciel udnyttelse af UdSat kan dog også i mindre grad tænkes muliggjort gennem salg af satellittens laboratorie-tjenester til udenlandske uddannelsesinstitutioner.

Under et møde på en europæisk uddannelsesinstitution kom det frem, at man her ønskede sig en satellit, som studerende kunne bruge til at kommunikere med et jordbaseret "Mars-laboratorium" over lang afstand. Idéen var at skabe en realistisk følelse af styre en lille bil på en fjern planet ved at sende kommandoer via en satellit, som så sender dem videre til en fjernstyret bil i et laboratorium et andet sted på Jorden. På den måde kunne UdSat tænkes udlejet som kommunikationssatellit til at skabe et meget realistisk system, der emulerer forholdene, der gør sig gældende, når man betjener maskiner langt ude i verdensrummet.

Forskningsmæssige perspektiver

UdSat har klare forskningsmæssige perspektiver inden for udvikling af rumfartsteknologi. Selvom satellittens slutbruger er skoleelev, må det forventes, at visse af satellittens systemer vil have en kompleksitet, der placerer udviklingsarbejdet på forskningsfronten inden for felter så som instrumentering, kommunikation og proceskontrol.

Ud over muligheden for inddragelse af phd-studerende til arbejde på UdSat eller dens følgende generationer af småsatellitter, ansporer projektet til udvidelse af skaren af forskere i rumteknologi på længere sigt.

Foreslagsstiller: GomSpace

GomSpace er et nystartet firma med rødder i Aalborg Universitets satellitaktiviteter. Firmaet er på frontlinien i Europa når det gælder udvikling af såkaldte pico-satellitter, dvs. satellitter som er mindre og billigere end ved traditionelle satellitmissioner. Det at udvikle til satellitter stiller meget store krav til både systemdesign og udvikling af kvalitets-delsystemer bestående både af hardware og integreret software, som kan klare de krævende forhold i rummet.

Tilbage i 2001 blev initiativtagerne involveret i AAU's første projekt med studentersatellitter, AAU Cubesat. Endvidere har de været konkret involveret i 4 andre satellitprojekter og har fra tid til anden været inviteret til at undervise/vejlede lignende projekter i udlandet (bl.a. Schweiz og Brasilien).

GomSpace er etableret som virksomhed på nettet og kan allerede nu sælge hardware og softwarekomponenter til mindre satellitter, rådgive andre universiteters studentersatellitprojekter samt udvikle computersystemer til satellitter. GomSpace er f.eks. blevet hyret til at assistere et schweizisk universitet med opstarten af et studentersatellitprojekt.

Teamet spænder både kompetencer indenfor software- og hardwareudvikling til rumfart, projektledelse af rumfartsprojekter, analyse/design af pålidelige autonome systemer. www.gomspace.com

Vision 6 – et kort resumé

Indsendt af FORCE Technology

Emne: Tilførslen af danske midler til rumfartsområdet. FORCE Technology foreslår, at den danske indsats fokuseres på følgende områder: Teknologioverførsel; Det globale netværk; Positiv opmærksomhed på avanceret teknologi.

Vision: At Danmark om 10 år:

- Har øget sit internationale engagement indenfor rumfart og samtidig igangsat konkrete aktiviteter for at overføre know-how til dansk industri generelt.
- At dette, foruden at engagere flere danske virksomheder indenfor rumfart i globale netværk, har ført til en række succesrige produktlanceringer, der i kraft af deres enestående teknologi er særdeles eksportegnede.
- At Danmark er gennem det internationale samarbejde blevet kendt for sine kompetencer indenfor særlige fagdiscipliner, så forespørgsler indenfor disse områder naturligt finder vej til danske virksomheder og fører til øget internationalt engagement og forretning.

Samfundsmæssig relevans:

Nytteeffekten består i opbygning af know-how, tilblivelse af produkter, international profilering eller andre faktorer, som direkte eller indirekte gavner dansk industri og forskning både i og uden for rumfartssektoren.

Rumfartsaktiviteterne skaber basis for at øge interessen for de tekniske videnskaber og styrke søgningen til de naturvidenskabelige uddannelser, som der er hårdt brug for nu og fremover.

Mulighed for kommerciel udnyttelse:

En direkte og målbar følge af et nationalt engagement indenfor rumfart er spinoffs baseret på overførsel af rumfartsteknologi til anden industriel anvendelse.

Kontaktinformationer på forsker for yderligere kommentarer:

FORCE Technology, force@force.dk, 43267000

Resuméet er udarbejdet af IDA. Vi tager forbehold for eventuelle fejl i fortolkningen.

Vision 6: Prioriteringen af danske midler

Af: FORCE Technology

Tilførslen af danske midler skal prioritere de områder som har størst national nytteeffekt.

Nytteeffekten kan for eksempel bestå i opbygning af know-how, tilblivelse af produkter, international profilering eller andre faktorer, som direkte eller indirekte gavner dansk industri og forskning både i og uden for rumfartssektoren.

På den baggrund foreslår FORCE Technology, at den danske indsats inden for rumfartsteknologien fokuserer på følgende områder:

- Teknologioverførsel
- Det globale netværk
- Positiv opmærksomhed på avanceret teknologi.

Teknologioverførsel

En direkte og målbar følge af et nationalt engagement indenfor rumfart er spinoffs baseret på overførsel af rumfartsteknologi til anden industriel anvendelse. En løbende overvågning af dokumenterede spin-offs i ESA regi tyder på, at rumdisciplinerne Space Science og Launchers i særlig grad kan bidrage med udvikling, som direkte kan finde industriel anvendelse.

Danmark er indsatsmæssigt vel repræsenteret på Space Science i dag, medens der på Launcher området kun er en mere begrænset indsats, som med fordel ville kunne øges. Samtidig har Danmark allerede en god udgangsposition på Launcher området, idet FORCE Technology på det seneste har markeret sig omkring udvikling af unik ny teknologi til produktion af fremtidens raketmotorer i samarbejde med Volvo Aero Corporation. Et udviklingsarbejde som nyder anerkendelse både hos CNES og ESA.

Derfor har Danmark enestående muligheder for at styrke sin position ved at prioritere bidrag til frivillige programmer i ESA regi på launcherområdet. Desuden bør ESA's aktiviteter inden for "Technology Transfer" fortsat styrkes i dansk regi for at udnytte det betydelige potentiale.

Det globale netværk

Deltagelse i større internationale rumprojekter i ESA regi danner grundlag for global netværksopbygning og synergiudvikling, som rækker langt ud over de konkrete projekter.

Derfor bør Danmark forsat stræbe mod at være med i front i ESA samarbejdet. Derigennem skabes grundlag for at synliggøre forskningsmæssige og industrielle kompetencer, der kan udnyttes yderligere inden for rumfartsteknologien i relation til f.eks. NASA.

De demonstrerede kompetencer kan desuden føre til international profilering på andre teknologiområder, f.eks. fly- og energisektorerne.

Positiv opmærksomhed på avanceret teknologi

Rumfartsaktiviteterne er teknologitunge og iøjnefaldende. Ørsted satellitten er spektakulær og de store Launchers er med deres monumentale fremtoning og brutale energiudladning gode ambassadører for udsagnet, at "alt er muligt". Det skaber basis for at øge interessen for de tekniske videnskaber og styrke

søgningen til de naturvidenskabelige uddannelser, som der er hårdt brug for nu og fremover. De gode eksempler på rumfartens landvindinger og deres nyttiggørelse i industri og samfund gennem teknologoverførsel bidrager positivt hertil.

Det handler også om national stolthed og fællesfølelse ved at se ambitiøse initiativer blive til monumenter.

Her er vi om 10 år

Danmark har øget sit internationale engagement indenfor rumfart og samtidig igangsat konkrete aktiviteter for at overføre know-how til dansk industri generelt.

Dette har, foruden at engagere flere danske virksomheder indenfor rumfart i globale netværk, ført til en række succesrige produktlanceringer, der i kraft af deres enestående teknologi er særdeles eksportegnede.

Hele nationen har netop fulgt opsendelsen af en vigtig forskningsrettet satellit, båret ud i rummet på danskudviklet teknologi. Ligesom i Storebæltsbroens dage fortæller folk ikke uden en vis stolthed, hvis de har familiemedlemmer, som har arbejdet på "raketten". Dette har medført, at der er stigende interesse for ingeniørfaget og det via sin faglighed "at gøre en forskel".

Danmark er gennem det internationale samarbejde blevet kendt for sine kompetencer indenfor særlige fagdiscipliner, så forespørgsler indenfor disse områder naturligt finder vej til danske virksomheder og fører til øget internationalt engagement og forretning.



Vision 7 – et kort resumé

Indsendt af Danmarks Rumcenter, Aalborg Universitet, Aarhus Universitet, Alexandra Instituttet, Teknologisk Institut

Emne: Etablering af en Rumindustri-klynge

Vision: At skabe en rumindustri-klynge der udbygger samarbejdet mellem virksomhederne og videninstitutionerne/universiteterne. Deltagerne deler den vision, at skabe et center, som gennem et stadigt tættere samarbejde udvikler nye forretningsmuligheder og styrker den fælles position og indflydelsen på den kommende udvikling og væksten indenfor rumindustrien.

En gruppe på foreløbig 10 virksomheder er allerede gået sammen med videninstitutionerne for at skabe denne klynge. Teknologisk Institut fungerer som facilitator for klyngen. Visionen er at udvide gruppen med flere relevante deltagere. Målet er 30–60 virksomheder og 5–8 videninstitutioner.

Samfundsmæssig relevans:

Der er kun ganske få danske virksomheder, der i dag byder ind på de ordrer, der gives fra ESA til dansk industri. Årsagerne hertil er flere, men bl.a. er viden blandt virksomhederne og koordinationen indenfor området dårlig og adgangen til ansøgnings- og godkendelsesprocedurer besværlige. Dette vil Rumindustri-klyngen forsøge at råde bod på.

Mulighed for kommerciel udnyttelse:

Danmark støtter det Europæiske Rumfartsagentur (ESA) med ca. 200 mio. kr. pr. år. En del opgaver kanaliseres tilbage gennem "fair return" – princippet, men ved en målbevidst og koordineret indsats, vil det være muligt at øge både mængden af projekter og også indholdet af innovationspotentialet i de ordre, der gives fra ESA til dansk industri.

Kontaktinformationer for yderligere kommentarer:

Kontaktperson: Erik Villemoes, Teknologisk Institut,
erik.villemoes@teknologisk.dk, Telefon: 72201444

Resumeeet er udarbejdet af IDA. Vi tager forbehold for eventuelle fejl i fortolkningen.

Vision 7: Etablering af en Rumindustri-klynge

Af: Danmarks Rumcenter, Aalborg Universitet, Aarhus Universitet, Alexandra Instituttet, Teknologisk Institut

Den nye industriklynge hvor små- og store virksomheder samles om den praktiske gennemførelse af rumindustri-projekter.

Rumfarten og rumindustrien betragtes som et af industriens vigtigste vækstområder. Samtidig er det et af de områder, der beskæftiger sig med højteknologisk udvikling. Det er derfor vigtigt, at danske virksomheder i så stor udstrækning som muligt deltager i denne udvikling, og dermed deltager som leverandører i de mange forskellige projekter, der knytter sig til opsendelse af satellitter, der anvendes dels for udforskningen af universet og dels for udnyttelsen af de mange anvendelsesmuligheder de opsendte satellitter giver på jordniveau.

Rumfarts- og rumindustriområdet omfatter en lang række forskelligartede discipliner og dermed udviklingsaktiviteter. Som eks. kan følgende områder nævnes: Kommunikation, navigation, fjernmåling, observation, materialeudvikling, instrumentudvikling, autonome systemer, medicinsk udvikling og ikke mindst sikkerhed. Dvs. en række højteknologiske discipliner, der har stor betydning for samfundsudviklingen.

Potentialet indenfor rumindustrien kan anskueliggøres ved, at der alene indenfor et af de 9 programmer den Europæiske Rumorganisation ESA udbyder – nemlig Galileo-programmet (satellitnavigation) – anslås, at der indenfor de næste 10 år vil blive etableret ca. 150.000 nye arbejdspladser indenfor EU.

En af de opgaver Danmarks Rumcenter har, er at tilvejebringe en øget erhvervsmæssig effekt af den danske offentlige satsning indenfor rumforskning og rumindustri, men kun få danske virksomheder byder ind på opgaverne på grund af manglende viden, besværlig tilgang og manglende koordinering på området.

Som det ser ud i dag, er tilgangen af ny teknisk viden og forskning og dermed samarbejdet med videninstitutionerne, og adgangen til viden om de programmer og projekter, der udbydes meget vigtig for de virksomheder, der er interesserede i at blive leverandører / underleverandører til rumindustrien.

Med baggrund i denne situation er en gruppe på foreløbig 10 virksomheder gået sammen med videninstitutionerne med det formål i fællesskab at tilvejebringe og overføre den nødvendige viden og de nødvendige kompetencer for at få andel i det stigende antal projekter / ordre, der udbydes og vil blive udbudt indenfor rumindustrien. – dvs. at skabe en klynge

Med udgangspunkt i denne gruppe af virksomheder og videninstitutioner, der er etableret med Teknologisk Institut som facilitator, er målet med denne klynge:

- at udbygge samarbejdet mellem virksomhederne og videninstitutionerne / universiteterne med det formål at overføre viden og gennemføre udviklingsprojekter, der retter sig mod rumindustrien.
- at udvide gruppen med relevante virksomheder, så de tilknyttede virksomheder og de tilknyttede videninstitutioner kan virke som en klynge, hvor viden vedrørende rumindustrien opsamles og fordeles.

Formålet med klyngen

1. Klyngens overordnede formål er, at overføre viden og etablere udviklingsprojekter, samt på sigt at tiltrække en større andel af det stigende antal af projekter / opgaver, der bliver udbudt indenfor rumfarts- og rumindustriområdet. Delmålene for projektet er:
 - a. Identifikation af virksomheder og videninstitutioner, der kan indgå i en klyngedannelse, samt afdækning af den viden og de kompetencer, der eksisterer hos såvel virksomhederne som hos viden- og forskningsmiljøerne.
 - b. Som et af klyngens vigtigste elementer skal der gennemføres seminarer, undervisning og workshop overfor virksomhederne, med det formål at overføre den nødvendige viden fra videninstitutionerne til virksomhederne, dels vedr. rumindustrien, dels vedr. den rumforskning der foregår og den viden, der skal tilføres til de aktuelle udviklingsprojekter.
 - c. Etablering af en effektiv klyngeorganisation. Fælles rammer og identitet, mission, mål, planer. Fælles identitetsskabelse gennem fælles brand og fælles optræden overfor kunder, offentlige institutioner, m.v.
 - d. Tilførsel af viden for udvikling af konkrete fælles initiativer bl.a. vedr. fælles markedskompetencer, udviklingskompetencer, effektivisering og samarbejde, med det fælles formål at få tilført udviklingsprojekter indenfor rumfarts- og rumindustriområdet.
 - e. Og som det endelige mål med projektet skal der tilføres viden i forbindelse med udvikling af konkrete udviklingsprojekter. Klyngens deltagere skal udarbejde ansøgninger og gennemføre konkrete projekter til rumindustrien.

Klyngen vil komme til at fungere som et netværkssamarbejde mellem de allerede tilknyttede virksomheder og videninstitutioner, samt med udvidelse af netværket med andre relevante virksomheder.

2. Danmark støtter det Europæiske Rumfartsagentur (ESA) med ca. 200 mio. kr. pr. år. En del opgaver kanaliseres tilbage gennem "fair return" – princippet, men ved en målbevidst og koordineret indsats, vil det være muligt at øge både mængden af projekter og også indholdet af innovationspotentialet i de ordrer, der gives fra ESA til dansk industri.

Der er kun ganske få danske virksomheder, der i dag byder ind på opgaverne indenfor dette område. Årsagerne hertil er flere, men bl.a. er viden blandt virksomhederne og koordinationen indenfor området dårlig og adgangen til ansøgnings- og godkendelsesprocedurer besværlige.

Ud over ESA er der en lang række og et stærkt stigende antal af andre både offentlige og private udbydere af projekter på rumindustriområdet – bl.a. kan nævnes: NASA, Rusland, Kina, Indien og en lang række andre nationale projekter.

Det vil sige, at der erhvervsøkonomisk er et meget stort potentiale indenfor dette område. Dette gælder både tiltrækning af arbejdspladser og etablering af højteknologiske udviklingsprojekter.

3. Den almene nytteværdi af klyngen vil være:
 - en væsentlig forøgelse af antallet af arbejdspladser.

- en opbygning af relevant viden på rumindustriområdet, både i virksomhederne og i videninstitutionerne.
 - en langsigtet satsning på, at området fortsat udvikler sig som et stærkt vækstområde.
4. Klyngen tager udgangspunkt i den allerede etablerede gruppe af virksomheder og de tilknyttede videncentre. Planen er at udvide gruppen med andre relevante virksomheder så hurtigt som muligt. Idet mulighederne indenfor rumindustrien er mange og stigende, vil der være en forventning om, at den endelige klynge vil bestå af mellem 30 – 60 virksomheder og 5 – 8 videninstitutioner.
5. Målet er at etablere et samarbejde og overføre viden fra videninstitutionerne til de virksomheder, der henvender sig eller ønsker at henvende sig til rumfarts og rumindustrien.

Det er endvidere målet, at etablere en viden- og udviklingsklynge, hvor relevant viden vedr. rumindustrien opsamles og hvor virksomheder og videninstitutioner mødes, med det formål at gennemføre opgaver til rumindustrien.

Den eksisterende klynge er startet i november 2006.

Mission, Vision og strategi for Rumindustri-klyngen.

Foreløbig har de allerede deltagende virksomheder fastlagt følgende mission, vision og strategi for rumindustri-klyngen:

Mission:

Missionen er at udvikle forretningsmulighederne for de deltagende virksomheder og i samarbejde med de deltagende videncentre. Dette skal ske gennem en synergieffekt mellem virksomhederne omfattende teknologisk udvikling og innovation, identificering af nye projekter, ansøgning af projekter og gennemførelse af opgaver. Dette kan ske med deltagelse af en eller flere af centerets virksomheder.

Centeret / klyngen skal indenfor rumindustrien være det nationale samlingspunkt for de virksomheder og institutioner, der besidder kompetencer indenfor området, og dermed er i stand til at byde på opgaver indenfor rumindustrien.

Vision:

Deltagerne deler den vision at skabe et center, som gennem et stadigt tættere samarbejde udvikler nye forretningsmuligheder og styrker den fælles position og indflydelse på den kommende udvikling og vækst indenfor rumindustrien.

Strategi:

Centerets strategi skal foreløbig fokusere på følgende hovedområder: vækst og innovation for de involverede virksomheder networking og samarbejde mellem de deltagende parter en stærk og synlig identitet for centeret videnopsamling og -deling, samt tilbud om medlemservice

Klyngeinitiativet

Både regionalt og på landsplan har klyngeinitiativet en meget stor bevågenhed, alle regioner igangsætter klynger som en effektiv form for erhvervsfremme. Til forskel for de tidligere kendte erfa-grupper og vækstgrupper står klyngerne for et væsentligt tættere og mere forpligtigende samarbejde mellem virksomhederne.

Det er netop dette forpligtende samarbejde der lægges op til med etablering af en national rumindustri-klynge.

De deltagende videninstitutioner:

Danmarks Rumcenter
Aalborg Universitet
Aarhus Universitet
Alexandra Instituttet
Teknologisk Institut

Vision 8 – et kort resumé

Indsendt af M.arch, M.Sc, Kristian von Bengtson

Emne: Bemandet rumfart: Arkitektur, design, psykologi, antropometri

Vision: At indføre et nyt forskningsfelt inden for bemandet rumfart, som sammensmelter flere områder, som Danmark besidder stort kendskab til. Det nye forskningsfelt har til fordel at forske i og udvikle direkte til menneskets ophold i rummet, i alle skalaer, uanset om der er tale om korte- (uger), mellem- (måneder) eller lange- (flere år) ophold i orbit, transit eller planetarisk.

Samfundsmæssig relevans:

Den nye sammenkobling mellem fagområder kan være med til at udvide både dansk rumfarts- og dansk designs portefølje, der styrker begge områder og Danmark som hele.

Mulighed for kommerciel udnyttelse:

Mulighed for inddragelse af ny industri og virksomheder i dansk rumfart. Muligheder for økonomisk overkommelige spin-off projekter i direkte relation til brugsdesign for private.

Kontaktinformationer for yderligere kommentarer:

Kristian von Bengtson, kristian@mother.nu, Telefon: 26229981

Resumeeet er udarbejdet af IDA. Vi tager forbehold for eventuelle fejl i fortolkningen.

Vision 8: Bemandet rumfart

Af: M.arch, M.Sc, Kristian von Bengtson

Nøgleord: Arkitektur, design, psykologi, habitation, antropometri.

Hovedområde: Bemandet rumfart.

Potentielle forskningsområder: Konceptdesign, habitation (Måne, Mars, transit), arkitektur, produktdesign, antropometriske studier, opholdscenarier, psykologiske aspekter (ophold, gruppescenarier, bedrest-studier), brugervenlighed.

Et nyt område for dansk rumforskning

Dette papir foreslår indførelsen af et nyt forskningsfelt, inden for bemandet rumfart, i forbindelse med indkaldelse af visioner for dansk rumfart og rumforskning. Dette nye område skal ikke forveksles med tidligere forskningsområder inden for bemandet rumfart, der primært har omhandlet fysiologi med udgangspunkt i eksperimenter ved brugen af astronauter på ISS.

Det nye område skal ses som en naturlig sammensmeltning af flere områder, som Danmark besidder stort kendskab til. Danmark har for længst bevist deres værd i rumfartens verdenselite med bl.a. Ørsted-Satelliten og med virksomheder som Rovsing, Terma, Thrane & Thrane, Danmarks Rumcenter m.m. og da Danmark også er solidt placeret på verdenskortet mht. til "danish design", vil det være naturligt at sammenkoble disse områder, til gavn for videreudvikling inden for rumfart. Denne nye sammenkobling kan være med til at udvide både dansk rumfarts- og dansk designs portefølje, der styrker begge områder og landet.

Det nye forskningsfelt har til fordel at forske i og udvikle direkte til menneskets ophold i rummet, i alle skalaer, uanset om der er tale om korte- (uger), mellem- (måneder) eller lange- (flere år) ophold i orbit, transit eller planetarisk.

Menneskets ophold i rummet kan skabe opgaver på følgende områder:

Udviklingstype:

- Konzeptudvikling,
- Produktudvikling,
- Forskning,
- Formidling og undervisning.

Udviklingsområder:

- Habitat og kabine,
- Redningssystemer,
- Arkitektur,
- Industriel design,
- Antropometri.
- Hygiejne,
- Sovefaciliterer,
- Helbredssystemer,
- Psykologisk forskning ved kort- og langtidsrejse,
- Bedrest-studier,
- Opholdsstudier,
- Brugervenlighed.

Begrundelse for valgt område

For anden gang i rumfartens historie bevæger vi os væk fra LEO, til Månen og denne gang også til Mars. The Vision for Exploration præsenteret i USA, januar 2004, var en af de primære faktorer der skubbede en global bevægelse i gang. ESA er også med gennem Aurora-programmet og nu også både Indien og Kina.

De civile (og private) programmer, indenfor den bemandede rumfart vil være i fuld fart de næste 30+ år, med uddelegering af utallige opgaver i både store og små størrelser. Alene NASA har specificeret 10 hovedområder (med ca. 40 underpunkter) inden for missionen til Månen, hvoraf USA og NASA, af politiske årsager, kun selv varetager 2 hovedområder. Alle andre områder der berører udviklingen til denne mission alene, kan vindes gennem RFP' s.

Lande der har en ekspertise i dette felt og som har fået opbygget en troværdighed, vil have mulighed for at vinde nogle af disse opgave. Derfor er det vigtigt at Danmark begynder at beskæftige sig med dette felt, så vi kan blive en aktiv spiller.

Umiddelbare fordele

- Offentligheden kan nemt relatere sig til de menneskelige sider af rumfart,
- Mulighed for inddragelse af ny industri og virksomheder i dansk rumfart,
- Ny unik sammenblanding af danske kompetencer,
- Sammensmeltning af viden fra ubemandet og bemanded rumfart,
- En lille gruppe specialister på områder findes og nye kan nemt "omskoles",
- Udvidelse af dansk rumfarts-portefølje,
- Opgaver af overskuelige størrelser,
- Brug af stærk og velanerkendt viden fra dansk side til udlandet,
- Muligheder for økonomisk overkommelige spin-off projekter i direkte relation til brugsdesign for private.

Vanskeligheder

- Introduktionen af et nyt felt er altid svær,
- Overbevise den etablerede rumbranche og den danske industri, at arbejde med de humane faktorer også er højteknologisk- og seriøs forskning,
- Partnere/medspillere,
- Investeringer og økonomisk stabilitet,
- Opbygning af troværdighed,
- Ikke krydse over eksisterende forskningsområder,
- Manglende erfaring med RFP inden for dette felt.

Vision 9 – et kort resumé

Indsendt af Alexandra Instituttet, Andy Drysdale og Martin Møller

Emne: Pervasive Positioning: Positionering i alt, hvor som helst, når som helst!

Vision: At Danmark opnår en "first-mover"-effekt inden for det europæiske satellitbaserede navigations/positionerings-system Galileo. Dette skal ske ved at skabe en højteknologisk platform, som støtter hurtig og nem udvikling af Galileo-baserede applikationer. Platformen omfatter kernepartnere fra industrien, som er aktive inden for bl.a. områderne: transport, rum- og flyindustrien, sundhed, krisestyring, beredskabsservices og landbrug.

Samfundsmæssig relevans:

Galileo-systemet bliver bl.a. udviklet, for at Europa kan blive uafhængig af det amerikanske GPS-system, som kontrolleres af det amerikanske militær. Galileo bliver civilt kontrolleret. Med Galileo-systemets etablering bliver det muligt at bestemme sin position med stor sikkerhed på centimeters nøjagtighed, både udendørs og indendørs, hvor især indendørs applikationer forventes at give mange nye applikationsområder (GPS kan kun anvendes udendørs).

De nye muligheder som Galileo giver for indendørs positionering indebærer fx muligheden for en præcis pejling af brandmænd inde i en brændende bygning, dynamisk skiltning i store, komplekse bygninger eller mulighed for altid at kunne lokalisere livsnødvendigt udstyr på et hospital.

Mulighed for kommerciel udnyttelse:

Galileo kan udnyttes kommercielt på mange områder, og giver store muligheder for at udvikle en lang række nye produkter. Det anslås, at der på europæisk basis vil blive skabt ca. 250.000 arbejdspladser, alene baseret på Galileo. De områder der bliver "ramt" af denne teknologi vil inkludere sektorer såsom transport, landbrug, fiskeri, energi, miljø, livsstil, sport og fritid, finansverden, personlig navigation, krisehjælp, statslige applikationer og videnskab.

Kontaktinformationer for yderligere kommentarer:

Innovationschef Andy Drysdale, andy.drysdale@alexandra.dk, Telefon: 89425767
Vicedirektør Martin Møller, martin.moller@alexandra.dk, Telefon: 89425759

Resumeeet er udarbejdet af IDA. Vi tager forbehold for eventuelle fejl i fortolkningen.

Vision 9: Pervasive Positioning

Af: Alexandra Instituttet, Andy Drysdale og Martin Møller

Pervasive Positioning - Positionering i alt, hvor som helst, når som helst!

Introduktion (på dansk)

Visionen tager udgangspunkt i udnyttelse af Galileo positionerings- og navigationssystem. Galileo-teknologien er et europæisk satellitbaseret navigations/positionerings-system. Systemet bliver bl.a. udviklet, for at Europa kan blive uafhængig af det amerikanske GPS-system, som kontrolleres af det amerikanske militær. Galileo bliver civilt kontrolleret. Med Galileo-systemets etablering bliver det muligt at bestemme sin position med stor sikkerhed på centimeters nøjagtighed, både udendørs og indendørs, hvor især indendørs applikationer forventes at give mange nye applikationsområder (GPS kan kun anvendes udendørs). Systemet kan udnyttes kommercielt på mange områder, og giver store muligheder for at udvikle en lang række nye produkter. Den infrastruktur som bliver tilvejebragt via Galileo systemet er at sammenligne med da mobil-infrastrukturen tog sin begyndelse. Det anslås, at der på europæisk basis vil blive skabt ca. 250.000 arbejdspladser, alene baseret på denne infrastruktur. De områder der bliver "ramt" af denne teknologi vil inkludere sektorer såsom transport, landbrug, fiskeri, energi, miljø, livsstil, sport og fritid, finansverden, personlig navigation, krisehjælp, statslige applikationer og videnskab.

Der er mange danske firmaer, der har interesse inden for positionerings applikationer og det er kun fantasien, der sætter grænser for de mangfoldige muligheder der ligger i udnyttelsen af Galileo-infrastrukturen. Der er mange firmaer, der ser et stort potentiale i anvendelsesområdet, fx anvendelser som komponenter (dimser), applikationer og services m.v. Alene de nye muligheder som Galileo giver for indendørs positionering er utrolig spændende. F.eks. muligheden for en præcis pejling af brandmænd inde i en brændende bygning eller dynamisk skiltning i store, komplekse bygninger eller mulighed for altid at kunne lokalisere livsnødvendige og dyrt udstyr på et hospital.

Ved at satse allerede nu på mulighederne og anvendelser af Galileo-teknologien vil Danmark generelt opnå en "first-mover"-effekt inden for en række af de nævnte anvendelsesområder. Alexandra Instituttet www.alexandra.dk, der fungerer som matchmaker mellem forskere og virksomheder, har med solid opbakning fra en række store og mindre firmaer indsendt en projektansøgning til Højteknologifonden om en "Platform for Galileo-based pervasive positioning". Svaret fra Højteknologifonden forventes 25. september 2007.

Platformen har til formål at støtte hurtig og nem udvikling af Galileo-baserede applikationer. Platformen omfatter kernepartnere fra industrien, som er aktive inden for bl.a. områderne: transport, rum- og flyindustrien, sundhed, krisestyring, beredskabsservices og landbrug. Industripartnerne støttes af forskningsmæssige partnere fra Universiteterne i Aalborg og Århus og Handelshøjskolen i Århus. Der er reserveret en del af budgettet til at tillade optagelse af supplerende firmaer undervejs og allerede under udarbejdelse af ansøgningen viste en vifte af andre virksomheder stor interesse i at deltage i platformen. Disse virksomheder arbejder inden for (eller har interesse i at arbejde inden for) bl.a. følgende områder: Geodata, GIS og kortlægning (både ind- og udendørs), metrologi og målinger i atmosfæren, systemløsninger til lufthavne, systemløsninger til havne, skibsfart og -navigation, vedligeholdelse af

vejsystemer, energidistributionssystemer, dynamiske skiltning og informationssystemer samt naturligvis udvikling af software og hardware til Galileo modtagere og andet Galileo-baseret udstyr.

Platformen omfatter 15 partnere. Samtlige firmaer, der blev kontaktet vedr. interesse for at deltage i platformen har givet en positive tilkendegivelse. Hvis denne interesse ekstrapoleres til hele landet er der et stort antal andre firmaer med potentiale for at drage nytte af teknologien til at udvikle innovative nye produkter og services. Der foreslås derfor en øget indsats rettet mod virksomheder, politikere, bevillingsgivere m.m., der potentielt kunne drage nytte af Galileo. Målet må være at udbrede opmærksomhed omkring Galileo og de muligheder der følger i Galileo's kølvand samt at tildele offentlige midler til relevante F&U-aktiviteter.



Billedet illustrerer et eksempel på, hvad teknologien kan bruges til, når den fysiske og den digitale virkelighed smelter sammen. Billedet viser en arkitekt på en byggeplads. Med positioneringsteknologi kan arkitekten bevæge sig rundt i et område, mens det digitale billede af det fremtidige byggeri følger med rundt. På den måde kan man få en præcis vurdering af projektet fra alle vinkler (Foto fra EU-projektet Palcom, Aarhus Universitet www.ist-palcom.org)

Supplerende information om baggrund og formål med en højteknologisk platform for Galileo-baseret positionering (på engelsk)

Galileo will be established within the next decade enabling any human or object to estimate its spatial position with centimetre precision both indoor and outdoor. Galileo is a core infrastructure upon which a wide range of applications will be built and it is predicted that Galileo has the potential to drive an enormous industry. Receivers will find their way into numerous products and will open a huge new market for pervasive positioning applications. A large number of Danish companies are currently developing appliances and/or applications that make use

of positioning based on GPS. With Galileo, a whole new range of products with improved positioning capabilities are expected.

It is important to ensure that relevant Danish companies are well-informed about Galileo's possibilities to enable early utilization of the Galileo infrastructure also covering indoor applications. There are significant advantages to be gained from establishing a strong position and being able to use these possibilities as soon as they become available. It is equally important to subsequently increase know-how and awareness about Galileo to a wider audience of potentially interested parties.

A consortium of partners from Danish industry and research have agreed to cooperate on a project aimed at developing a "platform" for high technology products, services and jobs based on the Galileo infrastructure. The main goal of the platform is to ensure that research and innovation activities are initiated at an early stage so that Denmark is able to exploit a unique opportunity to be at the forefront of developments and use of applications. More specifically the platform consortium will develop a platform with enabling technologies for GNSS (Global Navigation Satellite Systems) and a PPOS (Pervasive Positioning Operating System) application framework supporting rapid development of Galileo-based applications. A major aim is that the platform results will be available for use by a wide range and type of companies.

There is clear commercial potential for pervasive positioning and navigation applications. Forecasts for future global markets show that this industry is at the beginning of an explosive expansion phase. Analysts predict that up to 250,000 new jobs will be generated in Europe alone over the coming years, with eventually billions of satellite navigation users worldwide generating revenues in the order of tens of billions of euros/year. A global turnover of 15 billion euros (2001) is predicted to rise to 140 billion euros by 2015. An ESA market study expects 10 million users of Galileo emergency services alone after 10 years of deployment, generating a significant demand for Safety of Life services. Thus the introduction of Galileo facilitates the development of new applications and will open new markets.

As a European project Galileo will give EU countries guaranteed access to a service that is currently controlled by the US. Galileo will offer guaranteed levels of service, not available with GPS, or GPS based systems. Since the first GPS satellite was launched in the late 1970s satellite navigation technology has evolved enormously. The accuracy of the current GPS service can drift out to 10m or more and it can be difficult to "fix" a position. GPS cannot be used indoors. Galileo's five service levels will bring about a radical change in performance. The system includes an "integrity" component - it will tell users if there are major errors that could compromise performance. Users will also benefit from an agreement between Europe and the US making their satellite navigation systems compatible and "interoperable" for mass market applications. This means that future receivers can fix the position using satellites from both GPS and Galileo enabling users to track 60 satellites. The increased number of satellites will improve coverage and simplify location-finding in difficult locations such as urban canyons.

The specific cases that the platform partners will engage in will result in new prototypes and products that will subsequently be commercialised through the companies' sales and marketing channels. Via the synergy inherent in the platform structure results from both core partners and associated partners will be spread to a wider audience – nationally and internationally. To secure commercial

success, new business models will be developed, with the Alexandra Institute acting as catalyst to promote and ensure that the platform objectives are reached.

The results from the platform will be based on software, hardware and methods for developing pervasive positioning appliances and applications. The software/hardware platform consists of two main elements:

- 1) A basic enabling receiver exploiting Galileo (the receiver unit is a fundamental element, enabling the application framework of the platform)
- 2) A comprehensive application framework consisting of software components, services and application servers to enable rapid development of pervasive positioning applications within a large range of application domains.

Results will be a combination of company specific prototypes and general purpose tools in the platform toolbox. By the end of the project the toolbox will contain an assortment of useful tools to assist developers of Galileo technology in quick and reliable development of products and services.

The platform constitutes a unique multi-discipline combination of research themes. Research themes central to the development of the platform include receiver technology, algorithms for massive data processing, location aware network protocols, context awareness, application servers and new innovation and business models.

Specific industrial cases focused on in the platform include application areas within agriculture, transport – space, aviation, vehicles and people and emergency and crisis management. In each area both indoor and outdoor applications will be addressed.

The goal of the platform consortium is to fill the platform toolbox with ready-to-use, innovative tools for developing pervasive positioning applications. The tools will also be made available to other companies enabling them to develop new pervasive positioning products and services.

Vision 10 – et kort resumé

Indsendt af: Ohmatex ApS

Emne: Exploiting Smart Textiles in Space

Vision: At sikre Danmark en førerposition på området for Smart Textiles. Dette gøres ved at skabe et "Smart Textile Cluster" i Danmark, som får til opgave at kombinere viden og forene landets væsentligste aktører på områderne trådløs kommunikation, tekstiler og sensorteknologi.

Samfundsmæssig relevans:

Smart Textiles er karakteriseret ved deres evne til at reagere på forskellige former for fysisk stimuli, fx temperaturudsving og tryk. Udviklingen af teknologien kan få betydning for bl.a. diagnostik og monitorering af patienters helbredstilstand.

Mulighed for kommerciel udnyttelse:

På trods af at mange forskningsinstitutioner og -organisationer i Europa er begyndt at arbejde med Smart Textile teknologien, har endnu ingen bragt sig i front på området.

Dermed har Danmark en unik chance for at bringe sig selv i førertrøjen. Mulighederne vurderes til at være gode, i kraft af Danmarks traditionelt stærke tekstilindustri og vores position på området for mobil og trådløs kommunikation.

Kontaktinformationer for yderligere kommentarer:

Ohmatex ApS, info@ohmatex.dk, 86205167

Resuméet er udarbejdet af IDA. Vi tager forbehold for eventuelle fejl i fortolkningen.

Vision 10: Proposed vision for exploiting Smart Textiles in Space

Af: Ohmatex ApS

Background

This vision for the future role of "Danmarks Rumcenter" is based upon Ohmatex's experience and evaluation of the potential for smart textiles in space with expected spin-offs in Danish research and industry.

Ohmatex ApS is a Danish private limited company working professionally with development of smart textile products and technologies for client designated commercial products. Established in March 2004, today the company works with development projects for a number of leading Scandinavian textile companies seeking to add new intelligent functions to their products. We have a network of close contacts with European re-searchers and commercial companies working in the field and submitted our first project proposal to ESA in January 2007.

Introduction to Smart Textiles

Smart or Interactive Textiles is a new market segment resulting from the miniaturisation of electronics and the fall in price of components and manufacturing costs for electronics and textiles. The field covers a broad range of technologies characterised by these textiles ability to react to different kinds of physical stimuli, such as temperature and pressure, and to function as a platform for integration of micro-electronic units.



Figure 1: Smart textile development comprises conductive yarns, embroidered sensors and embedded micro-electronics. (Photo: Ohmatex)

During the past two decades much research has been carried out by research organizations funded by government agencies and industry members alike. The EU has also funded a series of projects in development of smart and interactive textiles through the FP 6 program. This continues in the 7th framework program, which is designed in part to facilitate a restructuring of the European textile industry by strengthening re-search institutions and commercial developments made by textile companies working in the smart textile field.

While many research organizations in Europe have begun work with smart textile technologies, no one organization has currently singled itself out as the leader in this field.

Smart textiles in Space

NASA has been involved in development of smart textiles, working with companies such as Syscom Technology Inc. to develop lightweight conductive fibres for integration in textile structures. NASA projects have included development of an "electro-textile antenna surface" for use in very large aperture antennas and use of smart materials in health monitoring and diagnostics. NASA's interest in smart textiles is based upon expectations that these textile structures will reduce the weight / cost of spaceflight systems, be applicable in radiation shielding, aid development of nano-scale devices and provide opportunities for electronics and thermal management.

ESA has also demonstrated an interest in the potential offered by smart textiles. A number of projects concerning smart textile materials have already been carried out within the ESA framework

StarTiger2: In 2004 ESA announced the initiation of a project under the technology transfer program to develop a prototype smart suit containing a physiological monitoring system. Development was to concentrate on sensor, communication and packaging technologies integrated into fabric materials and containing embedded electronics.



Figure 2 Diagram showing the planned StarTiger2 suit (Illustration: Tampere University of Technology)

Antenna Elements Integrated into Parachutes of Future Landers and Entry Probes

In 2006, ESA invited tenders for development of a parachute fabric with integrated antenna elements that would enable tracking of landers and entry probes during their descent in order to avoid disasters like the 1999 mission to Mars where the \$165m Mars Polar Lander disappeared from radar screens during

its descent. Like-wise, the Beagle2 spacecraft, which successfully ejected from Mars Express in December 2003, was never heard from again. No cause has been identified and the mission was presumed lost.

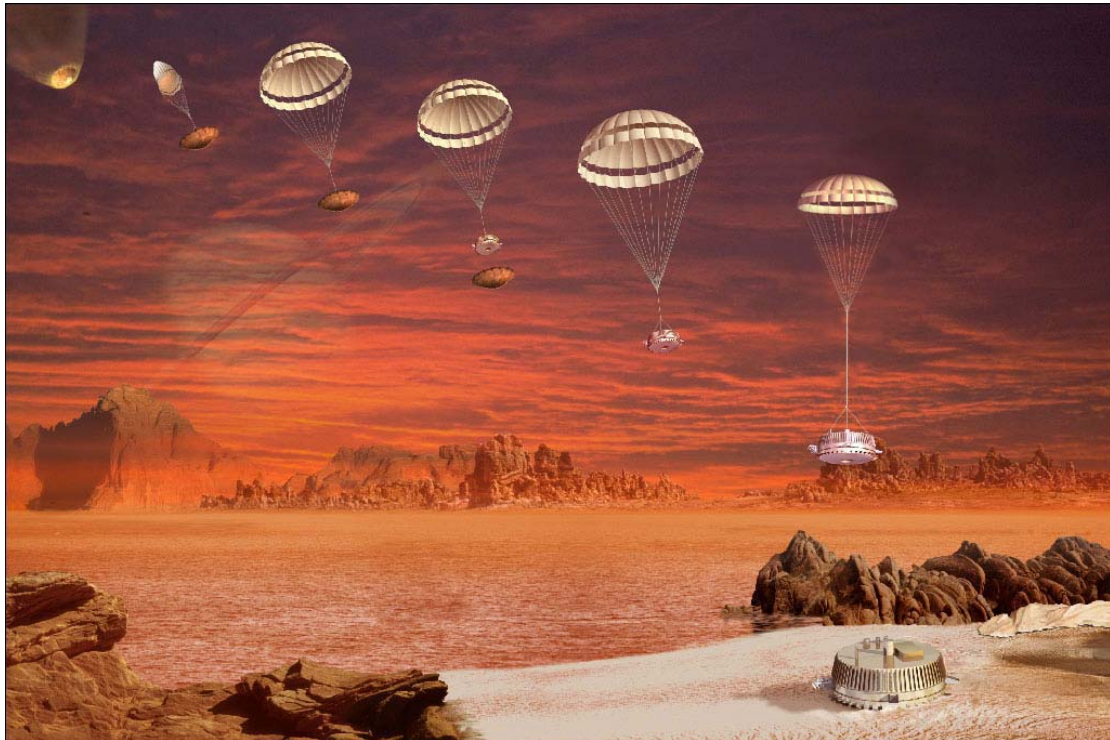


Figure 3 Artists impression of a probe landing. (Illustration: from the Cassini-Huygens missions to Saturn, courtesy of Novapix)

Integrated countermeasures for microgravity effects

Tenders for development of prototype technologies to counter the detrimental effects of near zero gravity on astronaut's bones, muscle tone and fine motor control were invited in January 2007. The regime of physical activities already in place to counter these effects is time consuming and shows limited effect. New projects are therefore also planned to develop truly wearable monitoring systems that without limiting an astronaut's mobility, can measure precisely the physical alterations that occur in space.

Planned ESA projects relating to smart textile technologies-see EMITS

- Development of textile antennas under the ARTES program to test the viability of use of a textile substrate for antenna elements and arrays for satellite communication and possible use in design of body-worn systems integrated into smart clothes. (ESA intended ITT 07.153,29)
- Development of an electrical network for thin solar arrays on a flexible blanket under GSTP-4 is planned for autumn of 2007, subject to confirmation of financial support from delegations. (ESA in-tended ITT 05.1EP.07)
- Development of a medium-size unfurlable antenna for LEO. The aim is to develop a reflector of 3-7m in diameter with a minimum bulk when stowed and at a cost that makes it attractive for use in low cost small launchers. This project is included in the GSTP work plan and will be implemented subject to confirmation of financial support from delegations. (ESA intended ITT 04.1EE.19)

A unique chance for Denmark

At this juncture in time, no single research organization or commercial company has taken the lead in smart textile development. A number of European organizations and universities are working in the field, all at a similar level and on similar types of projects so ESA, and other space agencies, do not yet have a favored partner in this area.

Denmark has a strong traditional textile industry that, like others in Europe, is forced to find new technical niches if jobs and business are not to be lost to Asia and India. According to the textile sectors branch organization, DTB the Danish textile and clothing industries showed a turnover of 32 billion DKK in 2006 (a growth of 7% from 2005) based upon employment of over 17.000 people. A coordinated effort, with political backing, could further direct investment into this field where there is a significant chance for success.

In addition, Denmark has strong competencies in wireless and mobile communications and in sensor development, which could be further strengthened by this initiative. A smart textile cluster in Denmark, which combined these competencies with space developments, would be extremely internationally competitive in undertaking future developments in pervasive computing. A coordinated National effort

By acting as primus motor for an initiative in smart textile development "Danmarks Rumcenter" could en-sure combination of the best players within wireless communication, textiles and sensor technologies which would not only increase the chances of successful tenders for space projects, but could also significantly aid development of new competencies in Danish companies participating in such projects.

This would be expected to have a knock-on effect in terms of jobs, promotion of co-operation between companies from diverse sectors and the development of new competencies through this. In addition, the success of smart textile research projects would increase the maturity of new technologies developed and facilitate commercialization of technologies that might otherwise have been dropped from lack of investment.

Likewise, this strategic initiative would lift Danish space research by aiding physiologists to follow physiological changes to bone density, fine motor control, sensory debilitation and muscle loss in astronauts. This research is especially interesting because the physiological changes in space are directly comparable to the aging process here on Earth, and would allow Danish researchers direct influence on the type of measurements to be registered etc. A knock-on effect in relation to care of the elderly is obvious.

A coordinated effort will also benefit commercial companies seeking to enter the space arena by guiding them through bureaucratic jungle of proposal preparation and thereby aid in speeding up the learning curve and increasing a proposals chances of success. It may also open up opportunities for project participation by new commercial organizations that have not previously been involved in Space projects.

Vision 11 – et kort resumé

Indsendt af Seniorforsker Nils Olsen, Danmarks Rumcenter

Emne: Geomagnetisk forskning i Danmark

Vision: At styrke Danmarks position indenfor geomagnetisk forskning. Konkret at udvikle og bygge danske satellitter som kan anvendes som efterfølgere til Swarm (den femte "Earth Explorer Mission" i ESAs Living Planet Program).

Samfundsmæssig relevans:

Geomagnetisk forskning bliver anvendt til bl.a. navigation og forskellige militære formål.

Mulighed for kommerciel udnyttelse:

Gennem de seneste år har Danmark opbygget en enestående erfaring i måling og analyse af jordens magnetfelt fra rummet. Teknikker til avanceret geomagnetisk forskning findes således i dag på danske forskningsinstitutioner, som fx. DTU og KU. Derfor har Danmark en enestående chance for at bringe sig i en førerposition på området.

Kontaktinformationer for yderligere kommentarer:

Nils Olsen, nio@space.dtu.dk, Telefon: 35320506

Resumeeet er udarbejdet af IDA. Vi tager forbehold for eventuelle fejl i fortolkningen.

Vision 11: A vision for Geomagnetic Research in Denmark

Af: Seniorforsker Nils Olsen, Danmarks Rumcenter

»Was will die Nadel nach Norden gekehrt?«
Sich selbst zu finden, es ist ihr verwehrt.

Die endliche Ruhe wird nur verspürt,
Sobald der Pol den Pol berührt.

Drum danket Gott, ihr Söhne der Zeit,
Daß er die Pole für ewig entzweit.

»Magnetes Geheimnis, erkläre mir das!«
Kein größer Geheimnis als Lieb und Haß.

*Johann Wolfgang v. Goethe
Gott, Gemüt und Welt, 1827*

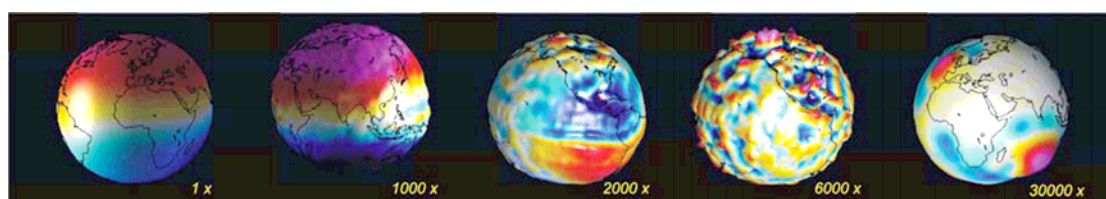
A vision for Geomagnetic Research in Denmark

The launch of Ørsted – Denmark's first, and still only, satellite – in February 1999 marked a huge step in exploring the Earth's magnetic field. Being the first of a sequence of high-precision magnetic satellites, Ørsted acted as a "trendsetter" for present and future geomagnetic research activities, both regarding the technology of measuring the magnetic field from space, methods for data analysis and interpretation of the results. Two other satellites, CHAMP and SAC-C, have been launched a few months later. All three satellites carry essentially similar instruments for measuring the magnetic field.

The roadmap provided by Ørsted, and the gained experience, resulted in the Danish-led *Swarm* proposal to the European Space Agency, which selected *Swarm* as the fifth Earth Explorer Mission in ESA's Living Planet Program for launch in 2010. *Swarm* comprises a constellation of three satellites, with two spacecraft flying side-by-side at lower (450 km initial) altitude, thereby measuring the East-West gradient of the magnetic field, and the third one flying at higher altitude (530 km). During its 4-year lifetime, *Swarm* will measure the geomagnetic field with hitherto unprecedented accuracy, especially concerning small-scale structures of crustal magnetization.

Denmark is a key player in all these activities. Over the last years an outstanding experience has been built up in Denmark within the field of measuring and interpreting the Earth's magnetic field from space.

The present note describes some possible directions for the future of geomagnetic research, with the aim of strengthening Denmark's position in that research area. The proposed activities include novel approaches for data processing and interpretation as well as new concepts for measuring the magnetic field from space.



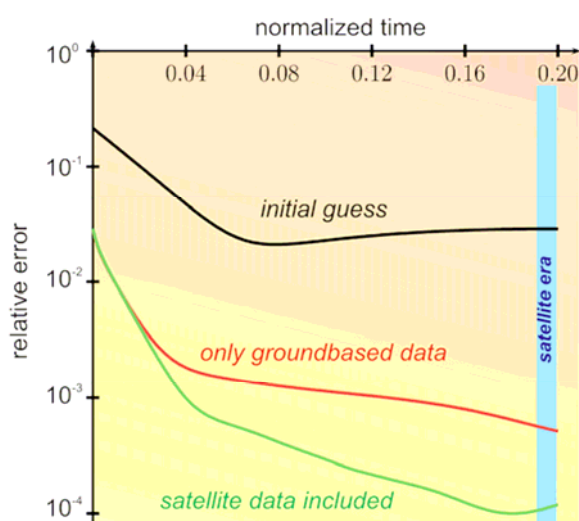
The Earth's main field is roughly 6,000 times stronger than the rock magnetism of the crust, and 30,000 times greater than the influence of the oceanic tides. Only with delicate measurements by

satellite constellations, supported by ground stations, ships and aircraft carrying magnetic instruments, can scientists sort out all the patterns of magnetism from the different sources.

From data extrapolation to data assimilation – analysis based on physical principles

Revolutionary new ways for analysis and interpretation of past, present and future geomagnetic data are within reach, thanks to the enormous improvement of computer resources that are now available. Such techniques allow for a data interpretation based on the physics of the Earth system through *data assimilation*. The approach is widely used in atmospheric and oceanographic research, but application to the geomagnetic problem is still in its infancy, mainly due to the enormous amount of computer resources that are needed.

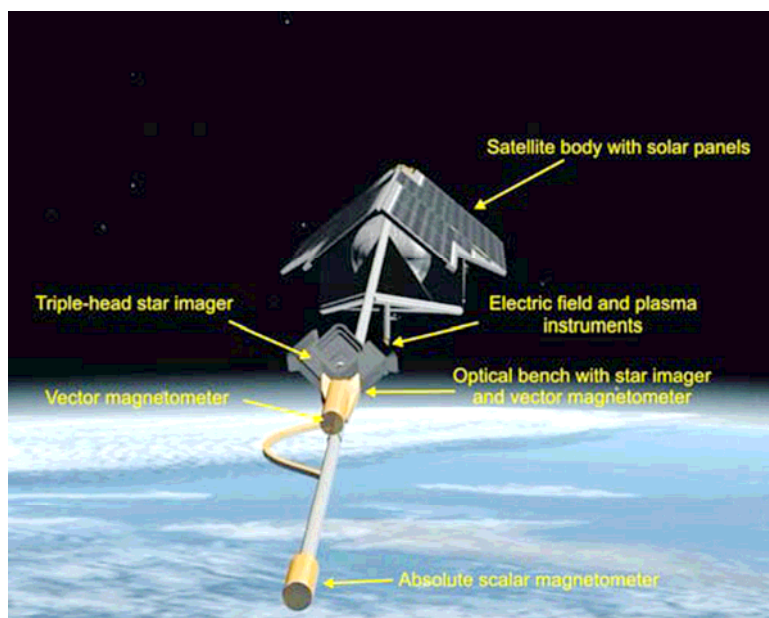
Fluid motion in the Earth's molten outer core is the main source of the geomagnetic field and its temporal variation, and the chaotic behavior of the fluid makes a prediction of magnetic field evolution rather challenging. Observing the geomagnetic field is the only way to probe the dynamics of the outer core, but this requires a firm knowledge of the space-time variation of the field. The determination of world-class empirical models of the Earth's magnetic field models based on data obtained by satellites and on ground has been a main research activity during the last years in Denmark, stimulated by the Ørsted project. Special focus has been put on *Comprehensive Modeling*, an attempt to describe all relevant sources of the Earth's magnetic field (in the core, crust, mantle, ionosphere and magnetosphere) by co-estimation of their contributions. Only in that way it is possible to take advantage of the enormous improvement of measurement accuracy that is possible with the new generation of space instruments.



Inclusion of satellite data for the last 5% of the observation time dramatically reduces the relative magnetic field modeling error even in the pre-satellite era, if data assimilation techniques are used. Based on 1-D results by Fournier et al. (Nonlin. Proc. Geophys., 2007).

All field models, including those derived by Comprehensive Modeling, are derived assuming that the magnetic field is a Laplacian potential field outside its sources. This approach, developed about 170 years ago by C.-F. Gauss and basically still in use, puts significant constraints on the *spatial* distribution of the field but not on its *temporal* evolution, which is still described on a pure mathematic/statistical basis, without any physical grounds. The situation is comparable to weather "forecast" about 100 years ago, which was essentially based on data extrapolation, not on physical principles.

Enormous progress has been made during the last decades in the area of meteorological, climatological and oceanographic research based on *data assimilation*, and it is now time to apply this to the geomagnetic problem. First experiments in that direction are promising, but much more work is required as the geomagnetic data assimilation problem is significantly more complex than that of meteorology, resp. oceanography, since in addition to the hydrodynamic equations also the Maxwell equations of electromagnetism have to be considered. The geomagnetic data assimilation approach build upon the idea of using magnetic observations to derive a model of the fluid motion in the Earth's core that fit the geomagnetic field observations and simultaneously solves the equations describing the physics in the core. Since most of the required ingredients for such a task – techniques for advanced geomagnetic field modeling and data assimilation techniques, computer simulations of fluid flow and magneto-hydrodynamics – are available at Danish research institutions and especially at DTU and KU, Denmark is in an outstanding position to take a leading role in this activity which is presently discussed in the geomagnetic community as a "hot topic".



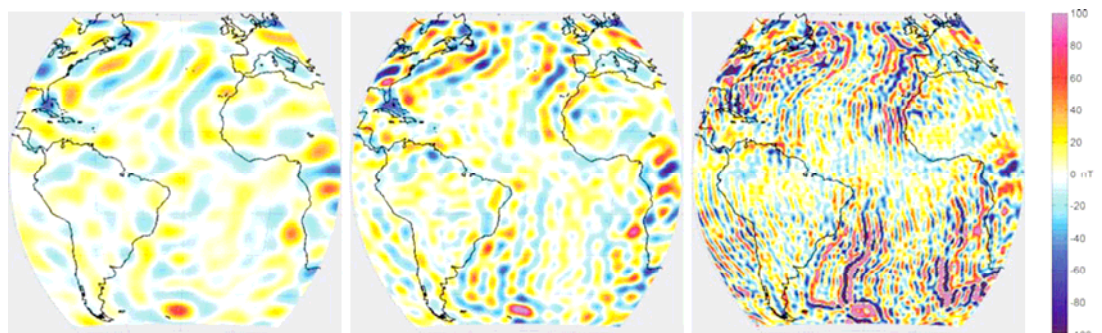
One of the three Swarm satellites. The Swarm constellation mission allows for measuring the East-West Gradient of the magnetic field, thereby improving the resolution of north-south going features of crustal magnetization.

Monitoring the Earth's magnetic field from Space – the years after *Swarm*

Swarm will provide a mapping of the Earth's magnetic field which is much superior to the one that is possible with the present missions Ørsted, CHAMP and SAC-C. However, looking towards the time frame after *Swarm*, there is a whole spectrum of obvious directions for exploring the geomagnetic field from space. The following two scenarios may describe the end points of this spectrum:

Magnetic Space Gradiometry: The two lower side-by-side flying *Swarm* satellites will for the first time measure the East-West gradient of the magnetic field, which contains valuable information on North-South oriented features of crustal magnetisation. A similar resolution of East-West oriented structures is, however, not possible with *Swarm*, since this requires measurement of the North-South (or the radial) magnetic field gradient.

Looking at the analogy of missions for exploring Earth's magnetic and gravity fields are helpful in this context. Ørsted and CHAMP are missions for measuring only the field (but not its gradient), while GRACE and *Swarm* measure one component of the gradient (in case of GRACE a quantity related to the North-South gradient of the gravity field, and in case of *Swarm* the East-West gradient of the magnetic field). ESA's GOCE mission, to be launched in spring 2008, will measure the full gravity gradient tensor. A magnetic equivalent to GOCE would therefore be the natural next step for exploring the geomagnetic field from space after *Swarm*. It allows for an isotropic high-resolution mapping of crustal magnetisation and for an in-situ determination of the 3-D structure of electric currents in space. Measuring the magnetic field gradient in space is a major technical challenge; but Denmark has all prerequisites to contribute to its solution.



Swarm will lead to a significant increase in the resolution of north-south going features of crustal magnetization. The left panel shows crustal field resolution (magnetic radial component at 10 km altitude above surface) as determined before Ørsted, the middle part indicates present resolution obtained from Ørsted and CHAMP, and the right part is the expected result from the *Swarm* mission (based on a mission simulation).

Monitoring of the Core field Evolution: Combination of data taken by the missions Ørsted, SAC-C, CHAMP and *Swarm* will result in 15 years of (almost) continuous data for studying variations of the geomagnetic field. However, no follow-up mission after *Swarm* is planned to map the geomagnetic field after 2014. But a continuous monitoring from space is highly demanded both regarding fundamental science and applications: Geomagnetic reference models, as the IGRF (the *de-facto* industry standard of the geomagnetic field, used for instance for navigation, exploration and drilling) or the WMM (the standard model of NATO and military), have to be updated regularly, and a true global coverage of magnetic field observations, which is a prerequisite for obtaining good field models, can only be done from space. Such a monitoring of the geomagnetic field evolution is possible with relatively simple and cheap satellites, which are dedicated to measure the geomagnetic field. Although information of the intensity as well as the direction of the magnetic field (i.e. the vector field components), as measured for instance by the Ørsted satellite, is optimal for this task, measuring the magnetic field intensity (scalar field) alone would also be highly beneficial from a scientific point of view, and technically much simpler and cheaper. The need for dedicated nano-satellites for monitoring Earth's magnetic field can be expected to increase after *Swarm*, and Denmark is in an outstanding position to develop and build such dedicated satellites.

Vision 12 – et kort resumé

Emne: Asteroider, meteoritter og Bering.

Vision: At sende en dansk satellit-mission til asteroidebæltet, som er en af de største tilbageværende hvide pletter i vores Solsystem. Ud af de i øjeblikket 130.000 kendte asteroider har kun én været hovedmålet for en rumsonde. På denne måde vil Danmark kunne bidrage med en mængde ny information og være med til at afdække denne hvide plet. Danmark står i en meget stærk position til netop dette projekt, som i sit design tager udgangspunkt i dansk udviklet teknologi.

Samfundsmæssig relevans:

Asteroider er yderst interessante objekter. De indeholder stadig materiale fra Solsystemets oprindelse i uændret form. Meteoritter fra disse asteroider tillader os at bestemme Solsystemets alder og studere detaljer i Solsystemets allertidligste voldsomme udvikling hvor gas blev til støv og senere planeter. Projektet kan dermed give os vigtig information om Jordens oprindelse.

Mulighed for kommerciel udnyttelse:

Takket være erfaringen fra Danmarks første satellit, Ørsted og den store kompetence opnået som følge af Danmarks succes som rumnation, vil det være muligt at bygge Bering som et rent dansk projekt. Ud over at være videnskabeligt og teknologisk nyskabende udmærker projektet sig også ved at være relativt billigt, hvilket er et sjældent syn inden for rumforskning, og nærmest uhørt for interplanetariske missioner af den art.

Kontaktinformationer for yderligere kommentarer:

Kontaktperson: René Michelsen, rene@astro.ku.dk, Telefon: 35552305

Resumeeet er udarbejdet af IDA. Vi tager forbehold for eventuelle fejl i fortolkningen.

Vision 12: Asteroider, meteoritter og Bering

Af: René Michelsen, Astronomisk Observatorium, NBIfAFG, John Leif Jørgensen, Ørsted DTU, Henning Haack, Geologisk Museum, Anja Andersen, Astronomisk Observatorium, NBIfAFG.

Nedenstående er en lettere redigeret udgave af artiklen "Asteroider, meteoritter og Bering", der blev bragt første gang i magasinet KVANT, februar 2002.

Indledning

En af de største tilbageværende hvide pletter i vores Solsystem er Asteroidebæltet. Asteroidebæltet danner bro mellem de jordlignende planeter i det indre Solsystem og de store primitive gasplaneter i det ydre Solsystem. Ud af de i øjeblikket 130.000 kendte asteroider har kun én været hovedmålet for en rumsonde (NEAR til Eros) og kun 3 andre er studeret af forbipasserende sonder på vej til andre mål.

Asteroider er yderst interessante objekter. Dels er de meget forskelligartede, dels har de en meget spændende dynamisk historie. Men samtidig er mange af de tilbageværende asteroider for små eller for sent udviklede til at producere tilstrækkeligt med varme til at sætte gang i en geologisk udvikling. De indeholder derfor stadig materiale fra Solsystemets oprindelse i uændret form. Meteoritter fra disse asteroider tillader os at bestemme Solsystemets alder og studere detaljer i Solsystemets allertidligste voldsomme udvikling hvor gas blev til støv og senere planeter.

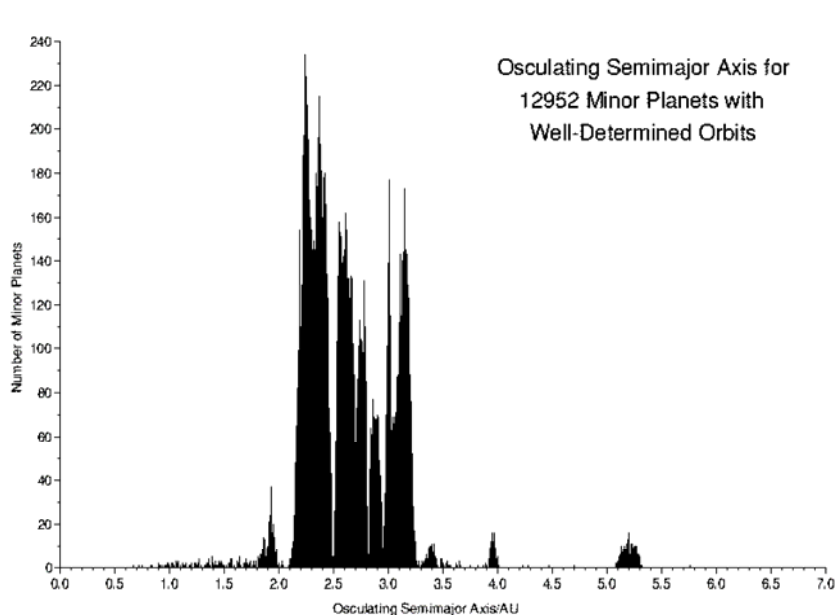
I det følgende vil vi præsentere et forslag til en dansk satellit-mission til asteroidebæltet. På denne måde vil vi kunne bidrage med en mængde ny information og være med til at afdække denne hvide plet. Vi har valgt at kalde satellitten Bering, efter den danske opdagelsesrejsende Vitus Bering. Danmark står i en meget stærk position til netop dette projekt, som i sit design tager udgangspunkt i dansk udviklet teknologi.

Takket være erfaringen fra Danmarks første satellit, Ørsted og den store kompetance opnået som følge af Danmarks succes som rumnation, vil det være muligt at bygge Bering som et rent dansk projekt. Ud over at være videnskabeligt og teknologisk nyskabende udmærker projektet sig også ved at være relativt billigt, hvilket er et sjældent syn inden for rumforskning, og nærmest uhørt for interplanetariske missioner af den art.

Asteroiders dynamik

Siden den første januar 1801, hvor asteroiden Ceres blev opdaget af Giuseppe Piazzi i Palermo, er der fundet over 130.000 asteroider, heraf dog kun ca. 30.000 i så velbestemte baner. Trods det store antal asteroider er den totale masse kun omkring 2.3×10^{21} Kg, eller ca. 0.04% af Jordens masse.

Netop asteroiders små masser i forhold til planeternes masser, gør at de er meget dynamisk aktive, dvs. der kan optræde store ændringer i deres baner på relativt korte tidsskalaer, typisk mellem nogle hundrede og nogle millioner år. En meget vigtig årsag til dette er de såkaldte resonanser i middelbevægelsen mellem en asteroide og f.eks. Jupiter, som er et heltalsforhold mellem omløbsperioderne af planeterne. Eksempelvis betyder 3/1 resonansen at for hver eneste omgang Jupiter kredser omkring Solen, har asteroiden kredset 3 gange rundt om Solen. Disse resonanser sætter et meget stærkt præg på den dynamiske fordeling af asteroider i asteroidebæltet, se figur 1.



Figur 1. Oversigt over fordelingen af asteroider i asteroidebæltet. Asteroidernes halve storakse i forhold til Solen ses langs x -aksen, medens antallet af asteroider ses langs y -aksen. Figuren er fra Minor Planet Center, <http://cfawww.harvard.edu/cfa/ps/mpc.html>

Man kan umiddelbart se 3 store huller i asteroidebæltet, nemlig for $3/1$ resonansen ved 2.50 au, $5/2$ resonansen ved 2.82 au, samt $7/3$ resonansen ved 2.96 au. Disse huller kaldes under et for Kirkwood-gabene. Omvendt findes der også resonanser som holder asteroiderne fast i bestemte baner, hvilket også kan ses tydeligt på figur 1. Gruppen af asteroider kaldet Hildaasteroider i $3/2$ resonansen ved 3.97 au, samt Trojanerne i resonansen $1/1$ ved 5.20 au. Trojanerne er rent faktisk to grupper af asteroider låst fast i Jupiters Lagrange-punkter.

Kirkwood-gabene er opstået, fordi at asteroider der befinder sig i de omtalte resonanser har nogle stærkt kaotiske baner, som vil undergå voldsomme ændringer i eccentriciteten, og dermed vil asteroiderne krydse Mars-banen, og evt. Jordens bane, hvorpå asteroiderne kan vekselvirke, evt. kolliderer, med disse planeter, og dermed forsvinde fra resonans-områderne.

Nylige studier har vist at dynamikken af asteroider i asteroidebæltet er stærkt domineret af et utal resonanser med både Jorden, Mars, Jupiter, Saturn og Uranus, som dog ikke sætter samme tydelige fingertryk som resonanserne beskrevet oven for. Denne type undersøgelser er vigtige, da de vil kunne give en rent dynamisk vurdering af antallet af kollisioner med Jorden, men netop fordi dynamikken er meget kompliceret kræver det omhyggelige undersøgelser for at nå så vidt.

Type	Karakteristika
C	Almindelige i den ydre del af bæltet - tilsyneladende relateret til CI og CM kulkondritter.
D	Dominerer uden for 3.25 AU. Rødlige, ingen meteoritanaloger.
P	Almindelige nær yderkanten af hovedbæltet. Ingen meteoritanaloger.
T	Sjældne og af ukendt sammensætning. Måske omdannede kulkondritter.
K	Mulige moderlegemer for CV og CO type kulkondritter.
A	Sjælden type med rødt spektrum. Indeholder olivin. Muligt moderlegeme for brachinitter.
M	Almindelige i hovedbæltet. Består formentlig af FeNi metal.
Q	Kun tre kendte asteroider. Spektrene ligner de almindelige kondritter.
R	Kun en kendt, 349 Dembovska. Består af olivin, pyroxen og FeNi metal.
S	Meget almindelige i den indre del af bæltet. Indeholder metal, olivin og pyroxen. V Vesta og nogle få relaterede asteroider er de eneste kendte V-typer. Rige på pyroxen.
E	Sjælden type, der måske er relateret til enstatit kondritter.

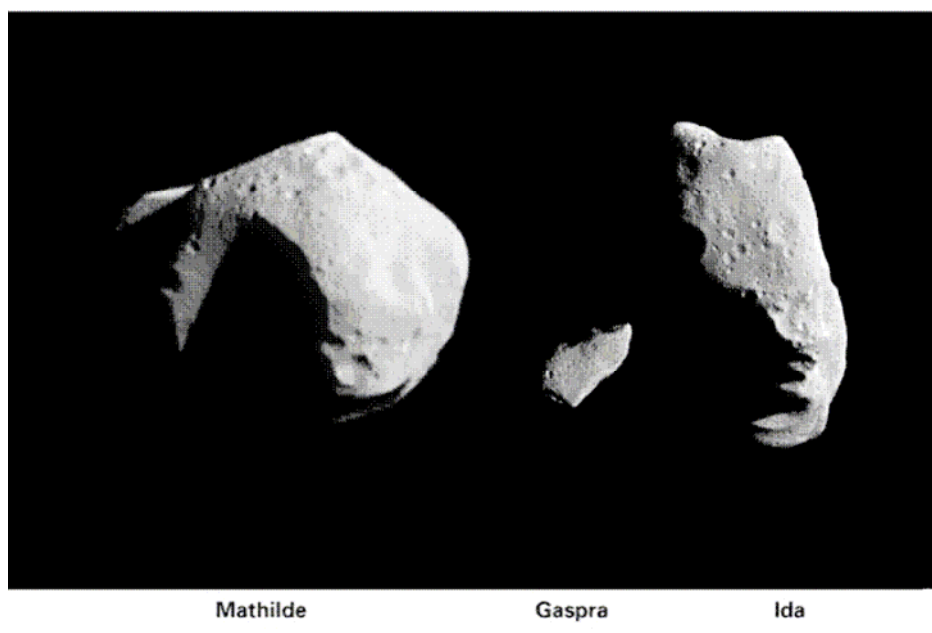
Oversigt over forskellige typer asteroider ordnet efter albedo. De øverste har en albedo på under 0.1 de nederste på over 0.3

Jordnære asteroider

En gruppe af asteroider der studeres flittigt er asteroider med baner der fører dem meget tæt på Jorden, med fare for kollision, de såkaldte "Near-Earth Asteroids", NEA, En asteroide er en NEA hvis dens mindste afstand til Solen er mindre end 1.3 au.

At objekter har kollideret med Jorden vidner både kratere på jordoverfladen, og meteoritfund om. Spørgsmålet er imidlertid hvor hyppigt disse kollisioner finder sted i dag, og hvilke konsekvenser det vil have hvis en sådan kollision finder sted. For at besvare disse spørgsmål er der iværksat meget intense eftersøgningsprogrammer efter jordnære asteroider, for at få et begreb om hvor mange der findes. Disse eftersøgninger har bidraget med enorme opdagelsesrater, for tiden bliver der opdaget mellem 2000 og 3000 asteroider om måneden, hvoraf ca. 30 er NEAer. Umiddelbart er det dog kun relativt klare objekter man finder, dvs. fortrinsvist store asteroider, større end 1 km. Man forventer at der findes langt flere mindre NEAer, som måske ikke lige frem truer med at slette al liv på Jorden, men som kan forårsage skader af betydeligt omfang.

Det er endnu for tidligt at sige noget om hvorvidt der rent faktisk er grund til at bekymre sig om faren for sammenstød. Man kan måske mene at muligheden for et sammenstød synes meget ringe, sammenlignet med de andre farer man udsætter sig for, men rent faktisk er kendskabet til de jordnære asteroider endnu ufuldstændigt. For at forstå de dynamiske mekanismer bag de jordnære asteroider, er det nødvendigt at forstå de dynamiske mekanismer i hele Solsystemet, og de er som nævnt præget af kaotiske og resonante fænomener med høj kompleksitet. Det er derfor svært at give nogle præcise bud på hyppigheden af kollisioner med Jorden, samt de konsekvenser det måtte have for Jorden og dens biologiske population. Set i det perspektiv er der rent faktisk grund til at tage problematikken med jordnære asteroider alvorligt, alene ud fra det motiv at få afdækket den reelle risiko.



Figur 2. De tre asteroider, der hidtil er studeret i forbindelse med flybys af sonder på vej til andre mål. Mathilde er en såkaldt C-type asteroide, der blev fotograferet af NEAR sonden på vej til Eros. Gaspra og Ida var de to første asteroider der blev fotograferet i 1991 og 1993 af Galileo sonden på vej til Jupiter. De er begge to S-type asteroider ligesom Eros. Ida var særlig interessant da det viste sig at den havde en satellit, Dactyl. Mathilde er i virkeligheden langt mørkere end Gaspra og Ida. De tre asteroider er vist i samme skala. Gaspra måler ca. 12 km på den lange led.

Ud over måske at udgøre en trussel for Jorden, så er NEAer spændende objekter at studere, dels fordi deres nærhed til Jorden afslører en meget spændende dynamik for småplaneter i Solsystemet, men ikke mindst fordi de eventuelt vil kunne samles op fra jordoverfladen som meteoritter. Da man har mulighed for intense laboratoriestudier af den geologiske sammensætning af meteoritter, hvorimod de tilsvarende detaljerede undersøgelser af NEAer endnu kræver kostbare rumsonder, har man ved studiet af meteoritter mulighed for at få information om den geologiske sammensætning af objekter i Solsystemet, samt udvikle viden om Solsystemets dannelse. Der er derfor i sagens natur en klar interesse i et tæt samarbejde mellem forskere der studerer meteoritter, og forskere der studerer asteroider og dannelse af planetsystemer.

Boks 1. Meteoritter :

Meteoritter er små fragmenter af ca. 130 forskellige asteroider, Månen og Mars. De asteroider vi har fragmenter af, er vidt forskellige lige fra meget primitive legemer, der aldrig har været opvarmet, til legemer der har været nær total opsmeltning.

En meteorit der stammer fra et legeme der ikke har været opsmeltet nævneværdigt (dvs. højst opvarmet til 400 K under Solsystemets dannelse) kaldes for en primitiv meteorit; til denne gruppe hører kulkondritterne. De indeholder således primitivt materiale fra Solsystemets allertidligste faser - længe inden der var kometer, asteroider og planeter.

En meteorit kaldes for højt udviklet hvis den kommer fra en asteroide der har været udsat for meget høj opvarmning (< 1000 K). Ordvalget skyldes at den høje opvarmning har delvist opsmeltet asteroiden og opdelt den i kerne, kappe og skorpe. En udviklet asteroide der bliver slået i stykker vil kunne levere mange typer af vidt forskellige meteoritter; (1) Jern-meteoritter der er stykker af en asteroides jern-nikkel kerne. (2) Sten-jern meteoritter der bl.a. stammer fra

overgangen mellem jern-nikkel kernen og silikat kappen. (3) Stenmeteoritter der stammer fra kappen.

Taksonomisk klassifikation

Ved at bestemme spektre af det reflekterede sollys fra asteroider kan man bestemme mineralsammensætningen af deres overflader, og dermed hvilken type asteroider der er tale om. På denne måde har man inddelt asteroiderne i 12 taksonomiske klasser, se tabel 1 Eksempelvis er asteroiderne Ceres og Mathilde klassificerede som C-typer (se figur 2).

Opdelingen mellem de enkelte klasser er naturligvis ikke altid skarp, men snarere glidende, og de nævnte 12 grupper er derfor hovedgrupper for den taksonomiske klassifikation. Der findes derudover forskellige undergrupper, som er indført når ingen af de enkelte hovedgrupper synes at være fuldt dækkende. Hvad hovedtyperne af asteroider dækker over, kan man forsøge at afklare ved at sammenligne med spektre af meteoritter opnået i laboratorier på Jorden.

Meteoritter

På nær enkelte meteoritter fra Månen og Mars kommer de fleste meteoritter fra asteroiderne. Ligesom asteroiderne spænder meteoritterne fra de meget primitive kulkondritter til højt udviklede differentierede typer såsom jernmeteoritter (stumper af en asteroides metalkerne) og akondritter fra kappe og skorpe af differentierede asteroider. Ved at se på kemisk sammensætning, isotopsammensætning og mineralogi af de ca. 30.000 kendte meteoritter kan man inddele dem i ca. 130 grupper hvor hver gruppe antages at komme fra et moderlegeme. Antallet af meteoritter i hver gruppe varierer fra ca. 10.000 i den største gruppe og helt ned til én.

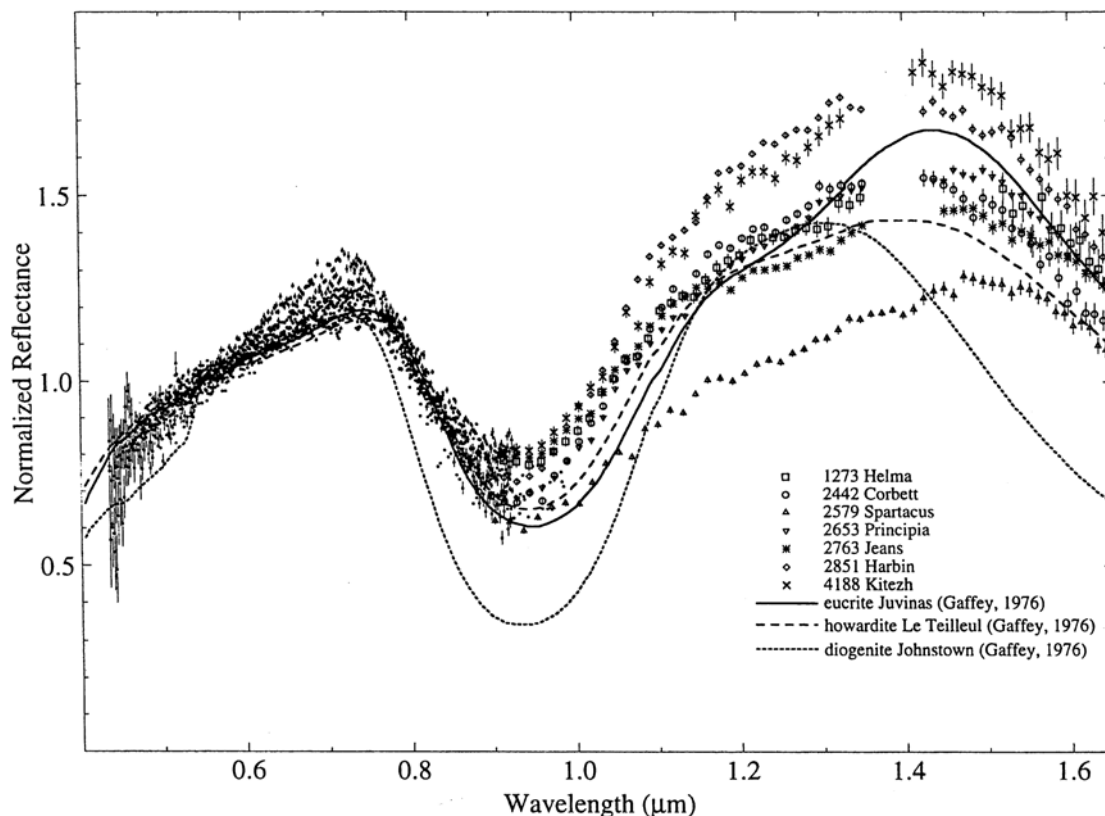
Boks 2. Differentieret planetlegeme

De mindre planetlegemer i Solsystemet (indtil 10 km i diameter) har aldrig været særlig varme. Opvarmningen af Solsystemets mindste legemer skyldes formentlig henfald af kortlivede, radioaktive isotoper, især Al²⁶. Et lille legeme udstråler imidlertid denne varmeenergi næsten lige så hurtigt, som den dannes. Legemer, som hurtigt byggedes op til mere end 20-30 km i diameter, kunne pga. et relativt lille varmetab ved udstråling, imidlertid nå op på smeltetemperaturen for stenmateriale^a. Det skyldes at varmeproduktionen især bestemmes af rumfanget, nemlig af indholdet af radioaktive isotoper, mens varmetabet bestemmes af overfladearealet. Det betyder at de store legemer har været selvopvedende! Under smeltningen synker nikkel og jern mod planetens kerne, mens silikaterne lejr sig ovenpå som en kappe, hulrummene forsvinder og hele planeten skrumper betydeligt i rumfang. En anden og måske endnu vigtigere faktor er tiden. Al²⁶ har en kort halveringstid og kan derfor have været udbrændt inden de sidste asteroider blev dannet i den ydre del af asteroidebæltet. Det kan være en forklaring på at de primitive asteroider tilsyneladende dominerer derude.

^aRumfanget vokser med radius i tredje potens, men overfladen vokser kun med radius i anden.

Ved at sammenligne spektre af meteoritter med spektre fra asteroider forsøges det at finde frem til de asteroider, der er moderlegemer for de enkelte grupper af meteoritter. Det har vist sig at være meget vanskeligt. Det eneste tilfælde hvor man mener at kunne kæde meteoritter og moderlegemer sammen er HED meteoritterne og Vesta, se figur 3. I nogen tilfælde kan det selvfølgelig skyldes at asteroiden er blevet totalt knust ved en kollision. Når vi f.eks. har stumper af en asteroides jernkerne på jorden så er der nok ikke meget tilbage af selve

asteroiden. En anden væsentlig grund menes at være at asteroidernes overflader bombarderes med partikelstråling, hvilket kan ændre deres spektrale signatur.



Figur 3. Spektre af asteroider fra Vesta-familien (symbolerne), sammenlignet med 3 forskellige meteorit-spektre (kurverne). Langs x-aksen ses bølgelængden, i dette tilfælde går spektrene fra det synlige til de nær-infrarøde område. Langs y-aksen vises den normerede flux (i asteroide-sprog kaldet reflektans). Fra Burbine et al. (2001), Vesta, Vestoids, and the howardite, eucrite, diogenite group: Relationships and the origin of spectral differences. Meteoritics and Planetary Science 36, 761- 782.

En meget væsentlig opgave for en asteroide-mission er derfor at opnå en bedre forståelse af sammenhængen mellem meteoritter og asteroider. Meteoritterne giver os mulighed for detaljerede petrologiske studier, uden kendskab til den regionale geologi. Omvendt giver asteroiderne os mulighed for at studere den regionale geologi uden at give os adgang til detaljerede studier.

Bering, den første Europæiske Deep Space mission

En af de største udfordringer indenfor udviklingen af videnskabelige rumfartøjer er, at sikre et stadigt større udbytte i form af nye, mere avancerede og nøjagtige målinger samtidig med at udgifterne ikke må løbe løbsk.

Dette mål kan kun opnås ved til stadighed at udvikle nye måleprincipper for instrumenter, samt at gøre rumfartøjerne mere og mere selvstændige, således at driftomkostningerne minimeres. Ørsted satellitten koster f.eks. kun omkring 1% af udviklings- og opsendelses-omkostningerne per år, medens NASAs Voyager missioner har kostet mere end 11% per år.

Berings fuldautomatiske instrumenter muliggør faktisk en næsten fuldautomatisk mission hvad angår daglig pasning. Dette er ekstra vigtigt når det drejer som om

en Deep Space mission, der med sin lange flyvetur fra jorden til målet, Asteroidebæltet, ellers kunne blive meget bekostelig at operere.

På grund af de fuldautomatiske instrumenter vil Bering, som den første sonde nogensinde, være i stand til at detektere, karakterisere og fotografere små ukendte asteroider i Solsystemet. Tidligere missioner har været sendt ud til allerede kendte asteroider og har desuden være slukket i cruisefasen. Man har derfor kun ringe kendskab til tætheden og arten af de små legemer i asteroidebæltet. Resultaterne fra Bering missionen vil kunne give os en bedre forståelse for asteroidebæltets struktur og udvikling.

Stjernekameraerne

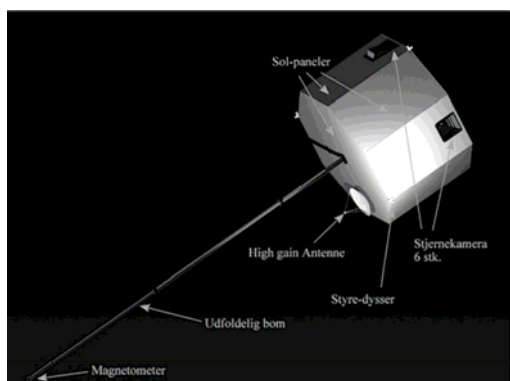
Bering er forsynet med seks stjernekameraer der, mens rumfartøjet langsomt spinder om sin symmetriakse ($1^\circ/\text{sek}$), afsøger stjernehimmelen for asteroider: Stjernekameraernes computere beregner konstant fartøjets orientering i rummet, baseret på de billeder af stjernehimmelen som kameraerne tager.

Stjernekameraerne sammenligner de optagne billeder med deres medbragte kataloger, der rummer de 20.000 stærkeste stjerner. Ved sammenligningen vil samtlige lysende objekter i billederne, som ikke er stjerner, blive opdaget. Mange af disse objekter er galakser, nebulæ, etc., men nogle vil være asteroider. I modsætning til galakser etc. vil asteroiderne flytte sig i forhold til baggrunden. Og da stjernekameraerne holder log med samtlige lysende, ikke-stellare objekter, vil asteroider, der nærmer sig, hurtigt blive detekteret og fulgt. Stjernekameraerne, der er en videreudvikling af Ørsted satellittens kamera, er helt afgørende for missionen. Hvis de ikke helt automatisk kunne detektere en asteroide, som nærmer sig, ville stjernebilledet først skulle sendes til jorden, der typisk befinder sig 400 mio. km væk, hvilket svarer til 20 lysminutter, hver vej. Så selvom jordstationen, ideelt set, kunne svare tilbage øjeblikkeligt, ville man være langt forbi asteroiden, førend beskeden om at filme den var nået tilbage. Dette forhold er en af hovedårsagerne til at vi ved så lidt om asteroiderne, som tilfældet er.

Teleskopet

Hjertet i Berings instrumentpark er en miniature multispektral imager, dvs. et teleskop med et tilhørende mange-farvebånds-kamera som skal levere højopløsnings farvebilleder af asteroiderne. Som det ses på principskitsen af instrumentet på Kvants forside, planlægges der for tiden seks farvebånd fra 2200 nm (infrarød) til 350 nm (nære UV). Imageren skal tage nærbilleder af de asteroider som Bering flyver forbi. Det store foldningsspejl foran teleskopets åbning skal sikre at bevægeuskarphed ikke ødelægger billederne, når en asteroide forbiflyves med op til 5 km/sek. Spejlet, der er forholdsvis let, kan langt lettere drejes for at følge asteroiden, end hele satellitten.

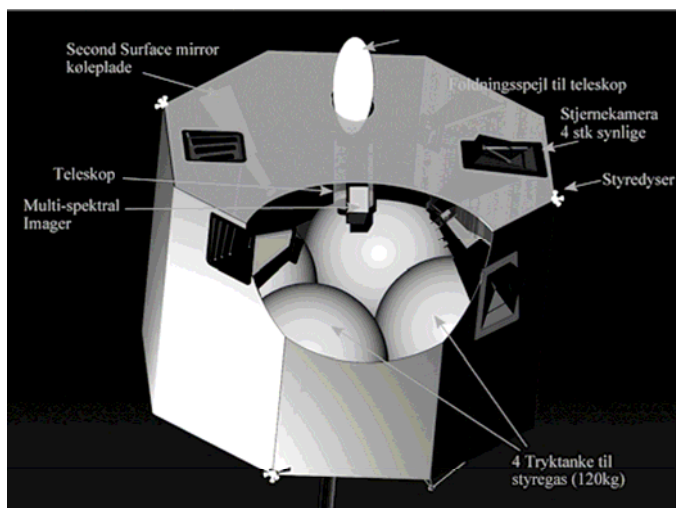
Den lille, men kraftige laser, som ses midt i teleskopet, anvendes sammen med en infrarød detektor til at måle afstanden til asteroiden. Laseren sender en kortvarig kraftig lys-puls ud, samtidig med at en tæller startes, laserpulsen reflekteres fra asteroidens overflade og tælleren stoppes når detektoren måler at pulsen returnerer.



Figur 4. På billedet ses "Bering's" karakteristiske facon, som er dikteret af tre faktorer: 1) Rumfartøjet skal rotere langsomt for at kunne scanne hele himmelhvælvet; Rotations symmetri. 2) Sollyset er 6 gange svagere ude i asteroide bæltet end her ved Jorden, så der skal solpaneler på alle flader der vender indad i solsystemet. 3) Rumfartøjets elektriske kredsløb vil forstyrre magnetfeltet tæt ved. Magnetometeret kræver derfor en lang bom.

Magnetometer-bommen

På computertegningen af rumskibet ses den 6 m lange magnetometerbom udfoldet. Formålet med magnetometeret på den lange bom er at lave en magnetisk profil af de asteroider som man kommer rigtigt tæt på. Magnetometeret er placeret på den lange bom for at komme væk fra forstyrrelserne fra selve satellitten. I Deep Space er magnetfeltet meget svagt, typisk 1-10 nT, men asteroider specielt med jernkerner vil kunne detekteres i anseelig afstand. Asteroidernes magnetiske signatur er en af de vigtigste klassifikationsparametre ved siden af spektralmålingerne. NASAs "NEAR" mission medbragte således et meget følsomt magnetometer, der desværre ikke gav brugbare resultater, på grund af forstyrrelser fra satellitten.



Figur 5. Forskerne ønsker at kunne flyve tæt forbi forlods udvalgte asteroider, samt at kunne nærme sig interessante "nye fund" for at få bedre billeder. Sådanne manøvrer fordrer et kraftigt styregas system, der, som det ses på billedet, optager langt størstedelen af rumfartøjets inde.

Rumskibet

De otte sidepaneler og bunden er dækket af solpanelerne der leverer elektrisk energi til batterier og elektronik ombord. Toppen er derimod dækket af en speciel belægning, et såkaldt Second Surface Mirror (SSM), der virker som køleplade for de infrarøde kameraer i den multispektrale imager. Da de bølgelængder, som

imageren skal måle, ligger tæt på og i varmestrålingsbåndet, er det nødvendigt at køle detektorerne i kameraerne ned til 80-100K, for at sikre et rimeligt signal/støj forhold. En SSM overflade bliver typisk lavet ved at et panel på satellitten påføres en film af Kapton-tape. Kapton tapen er overfladebehandlet med et 5 μm aluminiumsspejl, som igen er dækket af et 20 μm kvartslag. Solens lys går gennem kvartslaget og reflekteres fra aluminiumsspejlet, præcis som et almindeligt spejl. Herved sikres at uanset om solen skinner på overfladen eller ej, så optages der ikke meget varme. Kvartslaget er derimod ikke gennemskinneligt for varmestråling. Men da kvarts er en rimelig varmeleder, ledes varmen fra panelet, gennem det tynde kapton, aluminiums- og kvarts-lag til overfladen, hvorfra den udstråles til rummet. Herved opnås en af de "koldeste" belægninger der kendes.

Strømforsyning og kontakt med Jorden

Bering er en forholdsvis stor satellit, ca. 1.2 m på hver led med bommen foldet i opsendelseskonfiguration. Denne størrelse er ikke så meget dikteret af instrumenter og udstyr, som af kravet om tilstrækkeligt elektrisk energi. Ved Jorden kan Berings solpaneler levere mere end 300 W elektrisk energi; men når den når frem til Asteroidebæltet, er sollyset 5-6 gange svagere, så her er der kun 45W tilrådighed, netop her hvor distancen til Jorden er størst, og der derfor behøves mest energi til radioforbindelsen.

Ud over at virke som attitude-instrument og asteroidedetektorer, leverer stjernekameraerne også en anden vigtig måling. Ved at detektere og følge kendte himmellegemer, kan stjernekameraerne beregne en rimeligt nøjagtig position af rumfartøjet. Denne position, og Jordens øjeblikkelige position som let beregnes, bruges nu til at finde retningen fra Bering til Jorden, således at den lille men meget retningsfølsomme antenne kan peges direkte mod Jorden. Også denne funktion er helt automatisk.

Denne sidste funktion er faktisk det, som sikrer de største besparelser for missionen, samtidig med at den også betyder en meget stor sikkerhed for succes: Normalt skulle et rumfartøj som Bering have en meget stor antenne med en meget kraftig sender og en følsom modtager, for at kunne finde Jorden igen, hvis den var kommet lidt ud af orientering. Det ville også være nødvendigt at sende et "homing" signal fra Jorden, næsten konstant, for at antennen ikke skulle dreje for langt væk. Endelig, hvis rumfartøjet bliver ramt af noget rumgrus, som det må forventes at ske i Asteroidebæltet, så kan en sådan hændelse blive fatal, hvis ikke radioforbindelsen kan genetableres.

Med Berings navigationsmodul, og med noget intelligent software til at styre instrumenterne ombord, vil Bering kunne klare sig selv en stor del af tiden, da der hverken kræves konstant overvågning, antenne-følgning fra Jorden eller kraftige sendere på Jorden. Bering skal blot kommanderes til at starte transmissionen af data på et for jordstationen gunstigt tidspunkt. Dette skiller sig markant ud fra hidtidige deep space missioner, og hverken NASA eller ESA mestrer (endnu) denne teknologi!



Artiklens forfattere (fra venstre:) John Leif Jørgensen, Anja Andersen, René Michelsen og Henning Haack.