

36

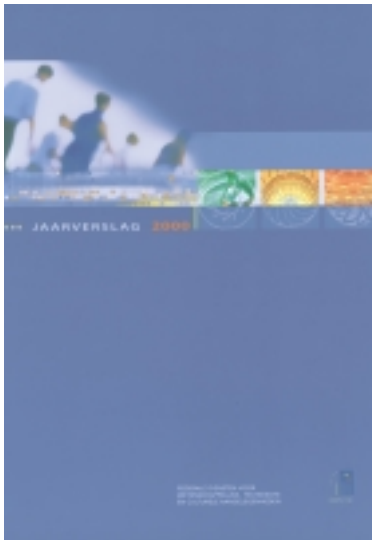
September 2001

SPACE CONNECTION



DOSSIER Het internationaal
ruimtestation ISS

Inhoud



Jaarverslag 2000

Het jaarverslag 2000 van de Federale diensten voor wetenschappelijke, technische en culturele aangelegenheden is verschenen. Het kan aangevraagd worden bij dhr. S. Degeest, DWTC, Wetenschapsstraat 8, 1000 Brussel, e-mail: dege@belspo.be. Het document kan tevens van onze internetsite geplukt worden via :

http://www.belspo.be/belspo/ostc/geninfo/publ/rapport99_nl.stm

Dossier: Het internationaal ruimtestation ISS

- 03** Van luchtkastelen tot het International Space Station ISS
- 05** Het ruimtestation en de wetenschap: een nieuwe aanpak van oude problemen
- 09** Het ISS in de gaten gehouden: slapen is verboden
- 10** Het ruimtestation en commercieel ruimteonderzoek: business is mogelijk, maar moeilijk
- 12** Vele kleintjes maken één groot
- 16** De ESA en het ISS
- 20** En na het ruimtestation ?
- 21** België en het ruimtestation
- 29** Het International Space Station op het web
- 30** Het Belgisch Instituut voor Ruimte-Aëronomie (BIRA)

- 36** **Belgische actualiteit**



Federale diensten voor wetenschappelijke, technische en culturele aangelegenheden (D.W.T.C.)

Space Connection is een nieuwsbrief uitgegeven door de Federale diensten voor wetenschappelijke, technische en culturele aangelegenheden (D.W.T.C.). Deze nieuwsbrief informeert over recente verwezenlijkingen in de ruimtevaart en richt zich in het bijzonder tot de jeugd.

Space Connection gratis ontvangen?

Stuur uw naam en adres naar:

Cel e-info
Secretariaat-generaal
D.W.T.C.

Wetenschapsstraat 8
1000 Brussel
of stuur een e-mail naar
dhae@belspo.be

<http://www.belspo.be>

Verantwoordelijke uitgever:

Ir. Eric Beka
Secretaris-generaal van de D.W.T.C.

Redactie:

Cel e-info
Secretariaat-generaal
D.W.T.C.
Wetenschapsstraat 8
1000 Brussel

Externe medewerking:

Benny Audenaert (dossier),
Paul Devuyt, Christian Du Brulle,
Théo Pirard, Steven Stroeykens.

Coördinatie:

Patrick Ribouville

Abonnementenbeheer:

Ria D'Haemers
e-mail: dhae@belspo.be

Foto voorpagina:

Thomas Jones neemt deel aan de laatste van drie ruimtewandelingen tijdens vlucht STS-98 naar het ISS (NASA).

Nummer 36 - September 2001

Inleiding

Van *luchtkastelen* tot het International Space Station *ISS*

Einde van een oud tijdperk, begin van een nieuw...

Op vrijdag 23 maart 2001 's ochtends rond zeven uur Belgische tijd was in de Stille Oceaan vanop de Fiji-eilanden een heel bijzondere "meteorenregen" te zien, afkomstig van een door mensenhanden vervaardigd object: het Russische ruimtestation *Mir*. Doelbewust was dit monument van de bemande ruimtevaart naar een vurig einde doorheen de atmosfeer gestuurd. Een groot deel van zijn massa van bijna 150 ton brandde op, sommige brokstukken vielen in zee zonder in dit verlaten gebied van de aarde schade aan te richten.



↑ De directe voorloper van het ISS: het Russische *Mir* dat op 23 maart in de dampkring verbrandde. Deze foto werd genomen tijdens een vlucht van de Amerikaanse spaceshuttle *Discovery* naar *Mir* in juni 1998 (NASA).

politieke veranderingen in de wereld in de jaren '80 en '90. Eerst was het een prestigieuze vitrine van de technologische en wetenschappelijke knowhow van de Sovjetunie. Anno 2001 bestaat de Sovjetunie niet meer en voor Rusland, de belangrijkste erfgenaam van het ruimtevaartprogramma van de Sovjetunie, is samenwerking de boodschap. In 1986 zal niemand gedacht hebben dat *Mir* voor de... Amerikanen een uitstekende voorbereiding zou zijn voor het nieuwe *International Space Station* dat een nieuw tijdperk in de ruimtevaart inleidt.

Het einde van een triomftocht. Het eerste van zes grote *Mir*-elementen was meer dan vijftien jaar eerder door de toenmalige Sovjetunie vanop de "kosmodroom" *Bajkonoer* gelanceerd. Als een enorme bouwblokkendoos werd *Mir* vervolgens met verschillende modules tot het eerste heuse ruimtestation uit de geschiedenis opgebouwd. *Mir* zou drie keer langer operationeel blijven dan voorzien. In al die tijd was het station zo goed als permanent bewoond. Er leefden en werkten ruim 100 kosmo-, astro-, spatio- en euronauten uit 15 verschillende landen, die er 17.000 experimenten in uitvoerden. *Mir* stond ook symbool voor de belangrijke

[vervolg op pagina 04]



↑ Het Amerikaanse ruimtelabo Skylab in een baan om de aarde, gefotografeerd in 1973 (NASA).



↑ De astronauten Shepherd, Thomas, Richards, Wetherbee, Helms, Usatsjov en Voss in de Amerikaanse labomodule Destiny van het ISS (NASA).

Van rivaliteit tot samenwerking

In 1973 lanceerden de Amerikanen hun eerste en voor lange tijd enige ruimtelabo *Skylab*. Het was te bescheiden om een heus "ruimtestation" te worden genoemd, maar het was een eerste stap. De bouw van een groot ruimtestation in een baan om de aarde werd het belangrijkste doel van het Amerikaanse bemande ruimtevaartprogramma. President Reagan noemde in 1983 het ruimtestation *Freedom* "de volgende logische stap in de ruimte". De nieuwe deels herbruikbare ruimtependerel *spaceshuttle* moest de ferry naar dat nieuwe station worden. In 1984 werden ook andere landen uitgenodigd om aan het project deel te nemen. Binnen het jaar sprongen negen van de 13 toenmalige ESA-lidstaten op de trein, evenals Canada en Japan.

De Sovjetunie zette ondertussen op dit vlak wél een stap verder. Het bouwde *Mir* als de opvolger van de meer bescheiden *Saljoet*-ruimtelabo's, waarvan het eerste exemplaar in 1971 was gelanceerd. Voor het transport van de bemanning gebruikten ze het "wegwerpruimteschip" *Sojoez*, dat tot vandaag de Russische *ruimtetaxi* is. De *Sojoez* maakte zijn bemande debuut in 1967 en wordt nu naast de Amerikaanse *spaceshuttle* in de versie *Sojoez TM* en binnenkort *Sojoez TMA* ingezet voor ruimtemissies naar het nieuwe ISS. Want door het uiteenvallen van de Sovjetunie kan Rusland zich geen eigen duur ruimteprogramma meer veroorloven. De rivaliteit van weleer tussen de super-

machten heeft plaatsgemaakt voor een verregaande internationale samenwerking.

De Russische en Amerikaanse plannen voor resp. *Mir 2* en *Freedom* smolten samen tot het *International Space Station (ISS)*. In 1991 werd overeen gekomen als voorbereiding voor het ISS gezamenlijke vluchten uit te voeren van de Amerikaanse *spaceshuttle* naar *Mir*. Daarbij deden Amerikaanse astronauten voor het eerst sinds de *Skylab*-vluchten ervaring op met een langdurig verblijf in de ruimte.

Het ISS zal uiteindelijk drie keer zo groot zijn als *Mir*. Sinds eind 1998 werd met de bouw ervan begonnen. Het zal opgebouwd zijn uit Amerikaanse, Russische, Europese en Japanse elementen. Maar liefst 16 landen zijn rechtstreeks bij de bouw van *Alpha* betrokken: elf lidstaten van de ESA (België, Denemarken, Duitsland, Frankrijk, Italië, Nederland, Noorwegen, Spanje, het Verenigd Koninkrijk, Zweden, Zwitserland), de Verenigde Staten, Rusland, Canada, Brazilië en Japan. Naar schatting zijn wel 100 landen op de een of andere manier betrokken bij het ISS.

Ook België is dus van de partij en daarmee staat ons land - een kleine maar zeer gewaardeerde medespeler op het vlak van de ruimtevaart - op de eerste rij. Het nieuwe station zal de volgende jaren permanent ruimtevaarders huisvesten. Over enkele maanden is daar ook de Belg *Frank Dewinne* bij. Hij werd door België in 1990 geselecteerd en door de ESA op 19 oktober 1998

als kandidaat-astronaut aangeduid. Hij zal vliegen voor rekening van de ESA die voor het ISS onder meer de module *Columbus* levert, daarbij voortbouwend op het *Space-lab*-ruimtelabo dat het heeft ontwikkeld voor vluchten met de *spaceshuttle*.

Het ISS kan ook als springplank voor de verdere verkenning van de ruimte gezien worden. Hoewel er voorlopig nog geen concrete plannen zijn voor bemande missies naar Mars en de andere planeten is voor de Amerikaanse NASA-baas *Daniel Goldin* het uiteindelijke doel van de bemande ruimtevaart toch de verkenning van de hemellichamen in het zonnestelsel door de mens. Het heeft wat langer geduurd dan voorspeld, maar met het *International Space Station* wordt weer een stukje sciencefiction werkelijkheid. Volgens sommige ruimtevaarders en ingenieurs is de bouw van het station technisch een moeilijkere opdracht dan de vluchten destijds naar de maan...

Alpha of ISS?

In dit dossier wordt het internationaal ruimtestation als *ISS (International Space Station)* aangeduid. In het verleden werd het ook vaak informeel *Alpha* genoemd. De bemanningsleden van *Expeditie 1* - de Russen Sergej Krikaljov en Joeri Gidzenko en de Amerikaan Bill Shepherd - kregen toestemming om de naam *Alpha* als officieel radio-oproepteken voor hun missie te gebruiken.

Dossier Het internationaal ruimtestation ISS

Het ruimtestation en de wetenschap: een nieuwe *aanpak* van oude problemen

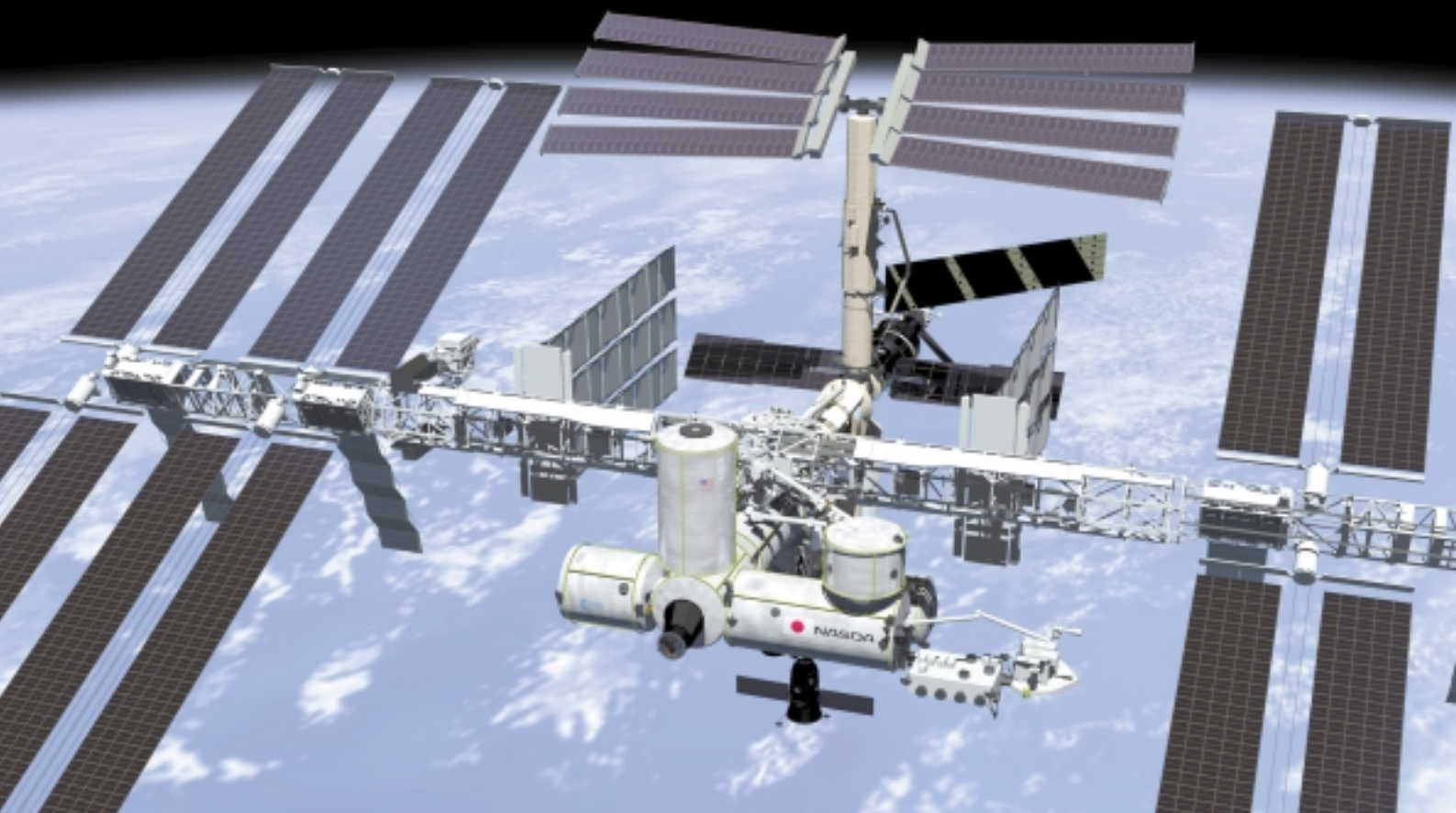
Een belangrijke reden voor de bouw van het internationaal ruimtestation is het wetenschappelijk onderzoek, dat met de recente koppeling van de Amerikaanse laboratoriummodule *Destiny* aan het ISS pas goed van start kan gaan. Naar verwachting zullen de experimenten aan boord van het ISS betere resultaten opleveren dan de proeven die in Mir werden uitgevoerd. De gebruikte technologie is immers recenter en kwalitatief hoogstaander.

Naar schatting bereiden bijna duizend wetenschappers, waaronder ook Belgische, experimenten voor in diverse domeinen van de wetenschap. NASA omschrijft hun doelstellingen als volgt:

- oplossingen vinden voor cruciale problemen in verschillende domeinen van de wetenschap zoals de geneeskunde en het milieu;
- de basis leggen voor commerciële activiteiten in de ruimte;
- wereldwijd meer belangstelling opwekken voor ruimteonderzoek;
- de wereldvrede bevorderen door het uitvoeren van hoogkwalitatief internationaal onderzoek op lange termijn.

Het internationaal ruimtestation is in feite een samenbundeling van unieke laboratoria met een enorm wetenschappelijk, technologisch en misschien ook wel

↳ Zo zal het ISS er uitzien wanneer het tegen 2005 voltooid is (NASA).



↓ De nieuwe laboratoriummodule Destiny (NASA).



commercieel potentieel ten behoeve van zowel wetenschappelijke instellingen, universiteiten, officiële instanties als de industrie. Deskundigen kunnen via *telescience* hun experimenten in microzwaartekracht dankzij informatietechnologie rechtstreeks volgen en ingrijpen in hun verloop. In deze bijna-gewichtloosheid zullen experimenten meestal automatisch uitgevoerd worden, maar toch heeft de aanwezigheid van mensen zijn voordelen. Astronauten kunnen ingrijpen wanneer zich onverwachte situaties voordoen en indien nodig het onderzoek bijsturen. Ze kunnen ook bepaalde apparatuur terug mee naar de aarde brengen voor herstelling, verbetering of vervanging.

Het is moeilijk te voorspellen hoe groot en belangrijk de wetenschappelijke oogst van het ISS zal worden. *“Wat we er precies allemaal zullen kunnen doen weten we nog niet, maar we weten wel al een aantal dingen waarnaar we op zoek gaan”*, zegt ISS-wetenschapper Roger Crouch van de NASA. *“Er zal veel basisonderzoek gebeuren naar de wetten van de natuurkunde zonder dat de resultaten vertekend worden door de zwaartekracht op*

de aarde. Met wat geluk kunnen we grenzen verleggen en ontdekkingen doen die we ons nog niet kunnen voorstellen. Daardoor zal ook de kwaliteit van het leven op onze planeet verbeteren.”

Volgens Crouch wordt het ISS een succesverhaal als mensen er veilig in kunnen werken, interessante en nuttige instrumenten kunnen worden ontwikkeld en wetenschappelijke resultaten worden geboekt. *“We hebben nog nooit een dergelijk operationeel laboratorium in een baan om de aarde gehad”*, aldus plantbiologe Mary Musgrave van de University of Massachusetts, die eerder al experimenten meestuurdte aan boord van *Mir* en *Spacelab*. *“Maar Spacelab en Mir leverden ons slechts een vluchtige blik. Het ISS geeft ons daarentegen de gelegenheid 24 uur per dag en 365 dagen per jaar onderzoek uit te voeren.”*

Aan boord van het ISS zullen de experimenten een breed veld bestrijken, van materiaal-experimenten over de levenswetenschappen tot de studie van de aarde en het heelal. Deze experimenten verlopen continu en dus werden allerlei faciliteiten ontwikkeld om de stortvloed aan gegevens te kunnen verwerken.

Enkele belangrijke onderzoeksdomeinen aan boord van het ISS

• **Materialen en vloeistoffen**

Bij materiaalonderzoek bestudeert men de structuur van materialen en hun thermische, magnetische en andere eigenschappen. Dat kan leiden tot betere productiemethoden en de ontwikkeling van kwalitatief betere materialen op de aarde. En dat leidt dan op zijn beurt tot betere electronica en communicatiemiddelen. Onderzoek van de eigenschappen van vloeistoffen (waarbij ook gasen en plasma's worden onderzocht) heeft onder meer nut bij de constructie van veiligere bouwwerken in aardbevingsgebieden,

de bouw van krachtigere energiecentrales en hogere productiviteit bij het verwerken van materialen.

• **Verbrandingsprocessen (combustion science)**

Hierover is nog veel onbekend. Dit onderzoek is van groot belang voor de bestrijding van de luchtvervuiling en de gevolgen van de opwarming van de aarde. De resultaten kunnen besparingen opleveren bij transport en productie.

• **Levenswetenschappen (life sciences)**

Hier zijn er veelbelovende perspectieven door de symbiose van technologische ontwikkelingen en microzwaartekracht. Zowel de Amerikaanse als de Europese, Russische en Japanse onderzoekslabo's van het ISS zullen faciliteiten aan boord hebben om dit soort onderzoek uit te voeren. Hier is hoop op een betere behandeling van hartpatiënten en van ziekten als anemie, kanker, suikerziekte en osteoporose. In de biotechnologie probeert men nieuwe medicijnen met minder nevenwerkingen te ontwikkelen en de groei van weefsels in het lichaam beter te begrijpen. Dat biedt mogelijkheden voor het vervangen van beschadigde weefsels en uiteindelijk hele organen. Men zal nagaan hoe men efficiënter planten en gewassen kan telen en hoe bespaard kan worden op het gebruik van grond, water en energie. Cellen, weefsels, planten, insecten, knaagdieren, in het water levende dieren en organismen en eieren van vogels en reptielen... ze zullen allemaal onderzocht worden aan boord van het ISS. En het onderzoek van mens, plant en dier en hun aanpassing aan een toestand van gewichtloosheid heeft ook nog eens toepassingen in de ruimtevaart zelf.

• **Onze eigen planeet**

De ISS-astronauten zullen ook een blik naar buiten werpen. Een belangrijk voorwerp van onderzoek zal de aarde zijn. Hier valt er nog genoeg te bestuderen. Hoe kunnen we

efficiënter voedsel produceren? Waar halen we in de toekomst nog water? Hoe moeten we omgaan met klimaatveranderingen? Hoe "reageert" de aarde op zowel natuurlijke als door mensen veroorzaakte vervuiling? Hoe kan het beschikbare land zo goed mogelijk worden gebruikt? Hoe evolueert de ozonlaag? Er zullen gegevens worden verzameld over de atmosfeer, de vegetatie en het landgebruik, mineralen en voedsel en de toestand van rivieren en oceanen. De mens kan nog steeds niet veel uitrichten tegen natuurverschijnselen als orkanen, vulkanen, aardbevingen en andere rampen. Nog altijd zijn weersvoorspellingen op langere termijn onzeker, ondanks de vooruitgang van de voorspellingen op korte termijn. De ISS-waarnemingen moeten onder meer leiden tot het vaststellen van nog verborgen patronen in de observaties die de basis vormen van voorspellingen op lange termijn. Dat is van groot belang voor bijvoorbeeld de landbouw en de visserij. Het ISS overvliegt 75% van het aardoppervlak en 95% van de bevolking van de aarde. Deze waarnemingen zullen in verschillende golflengten gebeuren met camera's, sensoren en andere apparatuur.

• Venster op het heelal

Een beter begrip van de zon is gezien de relatie zon-aarde meteen ook belangrijk voor onze eigen planeet. De globale opwarming van de aarde lijkt bijvoorbeeld voor een deel het gevolg te zijn van periodische veranderingen in de zonnedynamica. Aan de buitenzijde van het ISS geplaatste apparatuur zal metingen opleveren en gegevens verzamelen in verband met de structuur en de evolutie van het heelal, de hemellichamen maar ook de oorsprong van planeten en andere zonnestelsels.

• Fundamenteel onderzoek

Ook de fundamentele fysica krijgt een plaats aan boord van het ISS. De aardse zwaartekracht heeft een invloed op deeltjes als atomen en quarks en de microzwaarte-

Een kritisch geluid: is het ISS wel een zegen voor de wetenschap?

Niet iedereen is ervan overtuigd dat de zware investeringen in het ISS (zullen) lonen. In de commentaren bij het einde van het ruimtestation Mir klonk dit ook meerdere malen door: rechtvaardigt de wetenschap wel de hoge kostprijs van het ruimtestation? De ontwikkeling en uitbating van het ISS gedurende tien jaar moet op ongeveer 100 miljard dollar geraamd worden.

Zelfs voor NASA-baas *Daniel Goldin* is wetenschappelijk onderzoek niet de belangrijkste reden voor de bouw van het ISS. *"We bouwen het vooral om te zien hoe mensen op efficiënte en veilige wijze kunnen leven en werken in de ruimte. We kunnen er indrukwekkend onderzoek verrichten, maar dat alleen rechtvaardigt het station niet."*

Tegenstanders wijzen erop dat de aanwezigheid van mensen aan boord niet zozeer een voordeel maar juist een belangrijke hinderpaal vormt voor het uitvoeren van bepaalde experimenten. Ze vinden het feit dat het ISS een "open" project is met minder duidelijk omliggende wetenschappelijke doelstellingen een nadeel. *"Men hoopt dat de resultaten van het onderzoek de aarde ten goede zullen komen, maar op een wijze die nu nog onmogelijk is om te voorspellen. Wanneer een wetenschappelijke satelliet wordt gelanceerd gebeurt dat met het vooruitzicht van een lange reeks duidelijk omliggende doelstellingen die men hoopt te bereiken. Zo moeten aardobservatiesatellieten aspecten van het leefmilieu van onze planeet bestuderen of bekijken sondes kenmerken van het oppervlak van een hemellichaam. Dat is bij het ISS niet het geval"*, aldus de critici.

Een belangrijk punt van kritiek op het ISS is dat tastbare resultaten misschien wel 10 tot 15 jaar op zich kunnen laten wachten. *"Je kan wel wachten op doorbraken, maar die zijn onwaarschijnlijk"*, zegt fysicus *Robert Park* van de University of Maryland. Hij en anderen vrezen dat het aan het ISS bestede geld ten koste gaat van andere projecten. Hij meent dat de belastingbetaler graag vrij snel resultaten ziet. *"Ik wil niet zeggen dat er iets mis is met de wetenschap aan boord van het ISS, maar alleen dat de wetenschap niet zo'n belangrijke rol speelt"*, meent Robert Park. Hij twijfelt eraan of het onderzoek in het station aan de hoge verwachtingen zal voldoen en vreest dat andere projecten met een volgens hem grotere wetenschappelijke meerwaarde het nu met minder geld moeten stellen. Hij geeft een voorbeeld: onze kennis van het heelal is dankzij de ruimtevaart aanzienlijk toegenomen, maar het aandeel van de bemande ruimtevaart daarbij en bij ander fundamenteel onderzoek is eerder beperkt. Is het ISS een zegen voor de wetenschap? Op lange termijn zal het antwoord duidelijk worden.

↓ Het ISS zal onder meer voor waarnemingen van de aarde worden gebruikt. Deze opname van de Nijldelta werd gemaakt door de bemanning van STS-101 (NASA).





← Het zogenaamde "Phantom Torso" aan boord van de module Destiny is bedoeld om de gevolgen te meten van straling op organen in het lichaam (NASA).

De weg naar Mars begint op het ISS

Het internationale ruimtestation wordt vaak gezien als een springplank tot de verdere verkenning van het zonnestelsel. In de eerste plaats wordt daarbij gedacht aan de volgende "droom" van de mens: een bemande missie naar de planeet Mars. Momenteel ontsluiten onbemande ruimtetuigen steeds meer geheimen van onze "rode" buurplaneet, maar hoe zit het met die andere belangrijke factor bij een ruimtereis naar Mars: de mens?

Een retourtje aarde-Mars duurt al gauw twee jaar en een groot deel van die tijd brengen astronauten door in een toestand van gewichtloosheid. De strijd tegen de gevolgen van deze langdurige toestand zal voor een deel aan boord van het ISS worden uitgevochten. Verschijnselen als het verlies van beendermassa, de verzwakking van de spieren en de veranderingen in het afweersysteem worden er bestudeerd zodat remedies kunnen worden uitgewerkt. Overigens dienen de resultaten van dat onderzoek niet alleen om onze interplanetaire dromen waar te maken. Ze hebben ook gevolgen voor onze levenskwaliteit op de aarde. Er zijn immers opmerkelijke gelijkenissen tussen de gezondheidstoestand van astronauten en de problemen waarmee senioren op aarde worden geconfronteerd.

krachtomgeving aan boord van het ISS levert hierop een nieuwe kijk. Dit is overigens niet alleen wetenschap omwille van de wetenschap. Naar verwachting zal dit onderzoek ook praktische gevolgen hebben in domeinen als navigatie en communicatie en bij andere dagdagelijkse toepassingen.

• *Nieuwe technologieën*

Het ISS is ook een uitgelezen plaats voor technologisch onderzoek in verschillende specifieke domeinen zoals de ontwikkeling van geavanceerde robots, nieuwe sensoren, de opslag en het efficiënt gebruik van energie en de kwaliteit van water en lucht, communicatiesystemen (verbetering van communicatie via telefoon, computer en video) en elektromagnetische voortstuwing. De ontwikkeling van nieuwe producten, proces-

sen en diensten betekent voor de industrie uiteraard nieuwe commerciële mogelijkheden. Het onderzoek zal ook dienen bij de ontwikkeling van nieuwe materialen voor toekomstige ruimtereizen. Met de robotarm van het station (om experimenten aan de buitenzijde te bedienen) kunnen geavanceerde robottechnieken worden uitgetest die hun toepassingen zullen vinden bij volgende stations, bij het ruimtetransport en bij maan- en Marsbases. Ook de vraag hoe materialen de extreme ruimte-omgeving doorstaan (het luchtledige, de enorm lage temperaturen, de zonnestraling, de micrometeorieten) zal beantwoord worden.

Bij de wetenschappers die hun experimenten aan boord van het ISS kunnen laten uitvoeren heerst algemeen een enorm enthousiasme. Ondanks kritische geluiden (zie kader) denken zij dat het onderzoek aan boord van het ISS de aanzet zal geven tot nieuwe ontwikkelingen in vele domeinen of het nu gaat om de aanmaak van nieuwe geneesmiddelen, een beter begrip van het verouderingsproces of - op langere termijn - de bouw van nieuwe bewoonde bases in de ruimte. Dat directe resultaten niet voor onmiddellijk zijn vinden ze geen argument om er niet mee door te gaan. De geschiedenis heeft immers bewezen dat wetenschap niet altijd "gepland" kan worden. Grote wetenschappelijke ontdekkingen werden vaak toevallig gedaan.

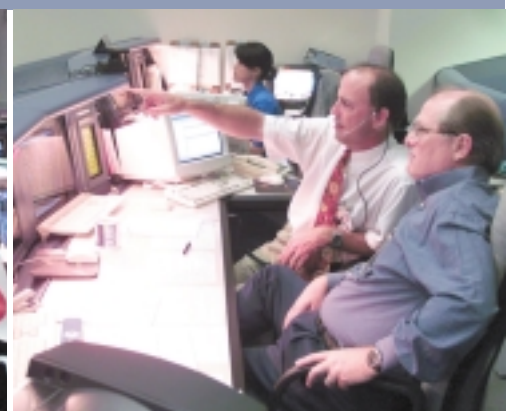
Waar bevindt zich het International Space Station?

Het antwoord staat op volgende websitepagina:

<http://spaceflight.nasa.gov/realdata/tracking/index.html>.

Je vindt er ook hoe lang het station al in een baan rond de aarde draait en hoe lang er al ruimtevaarders aan boord zijn. We leren er eveneens dat het ISS met een snelheid van 28.000 km/h (bij 8 km per seconde!) rond de aarde draait op een hoogte van ongeveer 400 km (deze afstand varieert). De site <http://www.heavens-above.com/> toont wanneer het station boven uw woonplaats zichtbaar is.

Dossier Het internationaal ruimtestation ISS



↑ Vanuit het Mission Control Center wordt een ruimtewandeling gevolgd (NASA).

↑ Vanuit het Mission Control Center in Houston wordt de lancering gevolgd van de Russische Zvezda-module in Kazachstan, duizenden kilometers verder (NASA).

Het ISS in de gaten gehouden: *slapen* is verboden

Beelden van vrolijk rondzwevende ruimtevaarders doen ons vaak vergeten dat een ruimtevlucht onmogelijk is zonder een legertje mensen op aarde.

In de verschillende centra van waaruit de operaties van het International Space Station worden gevolgd is "slapen verboden". Constant is er interactie tussen de aarde en de ruimte, worden experimenten voorbereid, gestart, uitgevoerd, gevolgd en in goede banen geleid. Als er wat misloopt moet alarm worden geslagen. Vanop de grond wordt erop toegezien dat ruimtevaarders veilig aan boord van het ISS kunnen leven en werken. Alle partners die aan het ISS-programma deelnemen delen daarbij de verantwoordelijkheid. Een bijzonder *Mission Management Team* kan beslissingen nemen buiten de gewone operationele regels of wanneer bepaalde prioriteiten moeten veranderen. Het ruimtestation wordt "begeleid" vanuit centra in de Verenigde Staten, Rusland, Canada, Europa en Japan. De belangrijkste zijn:

- **NASA Space Station Control Center, Mission Control Center**

Dit bevindt zich in Houston, Texas en is verantwoordelijk voor de globale ISS-operaties en alles wat met veiligheid te maken heeft.

Het volgt de lancering, rendez-vous, koppeling en assemblage van de Amerikaanse elementen voor het ISS en de missies van de spaceshuttle naar het ISS.

- **NASA Payload Operations Integration Center**

Dit bevindt zich in het Marshall Space Flight Center in Huntsville, Alabama. Het coördineert alles wat met de nuttige lading te maken heeft.

- **TSOEP**

Dit Russische vluchtleidingscentrum bevindt zich in Koroljov (Moskou). Het is verantwoordelijk voor de lancering, rendez-vous, koppeling, assemblage en controle van de Russische elementen. Samen met de NASA is het ook verantwoordelijk voor de lancering van ISS-onderdelen vanaf de basis Bajkoner in Kazachstan.

- **Columbus Orbital Facility Control Center**

Grondcontrolecentrum van de Europese ruimtevaartorganisatie ESA in Oberpfafenhoffen

(Duitsland) voor de Europese module Columbus en de missies van de ATV-ruimtetuigen (Automated Transfer Vehicle). Dient voor planning, voorbereiding, volgen en controle van deze ruimtetuigen en hun nuttige lading.

- **Tsukuba Science City**

Controlefaciliteit van de Japanse ruimtevaartorganisatie National Space Development Agency (NASDA) voor de Japanse Experiment Module (JEM, herdoopt tot Kibo). Verantwoordelijk voor planning, voorbereiding, volgen en controle van de operaties van deze module en andere Japanse elementen voor het ISS.

- **CSA Mobile Servicing System Operations Complex**

Bevindt zich in St. Hubert, Quebec (Canada) en dient voor operationele ondersteuning van de door Canada geleverde robotarm voor het ISS door de Canadese ruimtevaartorganisatie Canadian Space Agency (CSA). CSA zal dit werk verrichten ten behoeve van het Space Station Control Center van de NASA.

Dossier Het internationaal ruimtestation ISS

Het ruimtestation en commercieel ruimteonderzoek:

business is mogelijk, maar moeilijk

Hoewel de ruimtevaart in het algemeen en het International Space Station in het bijzonder mogelijkheden bieden voor commerciële ruimteactiviteiten zal het ISS geen "ruimte-fabriek" worden. Sommige wetenschappers vrezen dat commerciële activiteiten voorrang zullen krijgen op fundamenteel onderzoek. De tijd is volgens hen nog niet rijp voor een grootschalige commerciële aanpak in de ruimte en ze zien het ISS vooral als een voorloper. Toch zijn er in het verleden al een aantal veelbelovende commerciële ontwikkelingen geweest. Enkele voorbeelden:

ontwikkelingen in *beeldtechnologie* en *telescience* hebben geleid tot meerdere toepassingen in het domein van de *virtual reality*;

- verbeterde CAD-methoden (*computer aided design*);
- de ontwikkeling van betere technologie voor *mobiele communicatie*;
- de ontwikkeling van nieuwe op planten gebaseerde *geneesmiddelen*;

- de teelt van *gewassen* die bestand zijn tegen insecten, ziekten en droogte;
- de ontwikkeling van betere methoden voor *olieontginning*;
- de aanmaak van uiterst zure *halfgeleiders*.

De NASA onderzoekt samen met bedrijven en banken op welke manier er aan *ruimtebusiness* kan worden gedaan en welk onderzoek een commercieel potentieel heeft. Een studie uit 1997 van het *Potomac Institute for Policy Studies* stelde drie vragen over het eventuele commerciële gebruik van het ISS. Ze bekijken de situatie vooral vanuit Amerikaans standpunt. De vragen:

- Valt er uit bemande ruimtevluchten een commercieel voordeel te halen?
- Zijn er reële mogelijkheden voor commerciële activiteiten?
- Welke rol moet de (Amerikaanse) regering hierbij eventueel spelen?

Commercieel voordeel lijkt er wel in de ruimte te halen. Commercieel ruimteonderzoek zou het

concurrentievermogen van de industrie vergroten en er zijn spin-off mogelijkheden in bedrijfstakken die zich niet specifiek met ruimteonderzoek bezighouden. De studie heeft het ook over nationaal prestige dat verweven is met economische concurrentiekracht. Ook de NASA zelf zou van commercieel ruimteonderzoek beter kunnen worden door de nieuwere en goedkopere technologie die ter beschikking komt als gevolg van een toename van commerciële activiteiten. Verder zouden bepaalde commerciële activiteiten meer interesse bij het grote publiek kunnen opwekken.

Op de vraag of er *reële mogelijkheden* zijn voor commercieel ruimteonderzoek geeft de studie een genuanceerder antwoord. Er bestaan mogelijkheden, maar er zijn nog heel wat problemen die commerciële successen in de ruimte in de weg staan. Moeten we bijvoorbeeld wel per se naar de ruimte? Moeizaam in de ruimte tot stand gebrachte verwezenlijkingen kunnen misschien goedkoper en gemak-

kelijker op de aarde bereikt worden? Een grote hinderpaal is nog steeds de hoge kostprijs om een nuttige lading in de ruimte te krijgen. En een lancering moet lang vooraf worden gepland. Bovendien zou de NASA als onderdeel van haar takenpakket commercialisering van ruimteonderzoek moeten aanmoedigen maar ze heeft daar steeds minder financiële middelen en mankracht voor.

En de rol van de *officiële instanties*? Volgens de studie moet de bemande ruimtevaart langzaam – in de loop van de volgende tien jaar – een zaak van de privé-sector worden, zoals dat gebeurde voor telecommunicatiesatellieten en satellietlanceringen. Momenteel is daar nog relatief weinig belangstelling voor.

De studie noemt negen onderzoeksdomeinen waarbij nu al commerciële activiteiten in de ruimte aan de gang zijn of gepland zijn: biomedisch/farmacologisch onderzoek, materiaalonderzoek, remote sensing en weerkunde, communicatie,



landbouw, mijnbouw, energievoorziening, ontwerp van betere en goedkopere apparatuur voor gebruik in de ruimte en educatie/entertainment/toerisme. Remote sensing, communicatie en energievoorziening hebben vooral met onbemande satellieten te maken, de overige domeinen bieden "veelbelovende" perspectieven bij de bemande ruimtevaart.

De studie doet verregaande suggesties voor commercialisatie van het ruimteonderzoek. "De NASA zou volgende acties

kunnen overwegen: verhuring van de spaceshuttle voor commerciële missies, de bouw van een commerciële module voor het ISS, de inzet van herbruikbare lanceerraketten en zelfs de privatisering van het hele ISS tegen 2010".

Ondertussen voert de NASA gesprekken met verschillende bedrijven die zaken willen doen aan boord van het ISS. "Er is interesse en dat

kan leiden tot aanbiedingen in de volgende vijf jaar", zegt Mark Ufran die bij de NASA verantwoordelijk is voor productontwikkeling. Het zijn bedrijven uit de sector van de bio-engineering, ontwikkeling van technologie en multimedia-communicatie. Voor hen is de nog dure toegang tot de ruimte een probleem. Die zou van een prijs van ongeveer 25.000 euro per kilo moeten kunnen terugvallen tot 2.500 euro.

↑ Het ISS na toevoeging van de Amerikaanse laboratoriummodule Destiny, gefotografeerd vanuit de spaceshuttle Atlantis in februari 2000 (NASA).

Dossier Het internationaal ruimtestation ISS

Vele *kleintjes*
maken één groot

☛ De Unity-module wordt voor de lancering overgebracht naar het laadruim van de spaceshuttle Endeavour (NASA).

De eerste ruimtelabo's, Skylab en de eerste Saljoets, werden in één stuk gelanceerd. Het waren grote cilinders waarin astronauten gedurende langere tijd konden leven. De Russen breidden de capaciteit van hun stations Saljoet 6 en 7 aanzienlijk uit door er een extra module aan vast te maken. Pas met Mir was er sprake van een heus ruimtestation opgebouwd uit zes modules die afzonderlijk werden gelanceerd en aan elkaar werden geassembleerd.

Deze aanpak wordt op nog veel grotere schaal toegepast bij het ISS. De bouw is een enorme technische uitdaging. Het bestaat uit duizenden grote en kleine onderdelen die over heel de wereld met een letterlijk haarscherpe nauwkeurigheid worden vervaardigd. Eenmaal klaar zal het een massa hebben van 450 ton, vijf en een half keer meer energie verbruiken dan Mir en vier en een half keer meer leefruimte hebben. Het zal dan 108,5 m breed en 88 m lang zijn (de grootte van twee voetbalvelden) en een leefbaar volume hebben van twee Boeing 747-vliegtuigen.

Meer dan 40 ruimtevluchten met Russische Proton- en Sojoez-raketten en met de Amerikaanse spaceshuttle zijn er in een periode van vijf jaar nodig voor de lancering en assemblage van de meer dan 100 onderdelen van het ISS. Aangezien het vluchtschema voor het ISS regelmatig gewijzigd wordt geven we hier geen overzicht van de geplande vluchten. Dit kan geraadpleegd worden op <http://spaceflight.nasa.gov/station/assembly/flights/chron.html>. Hieronder volgt wel een overzicht van de reeds uitgevoerde assemblagevluchten.

↓ Voorraden en apparatuur nemen een groot deel in van de ruimte in de Zarja-module (NASA).



Bouwen de Russen een Mir 2?

Het einde van het Russische ruimtestation Mir betekende meteen ook het einde van een onafhankelijk Russisch bemand ruimtevaartprogramma. Voorlopig zal Rusland alleen nog bemande ruimtemissies uitvoeren in het kader van het ISS. De nostalgie van de grote ruimtevaartsuccessen van weleer doet in Rusland stemmen opgaan voor de bouw van een *Mir 2*. Het ziet er echter niet naar uit dat dit er snel zal komen. Het nodige geld ontbreekt en dergelijke plannen staan volgens het ruimtevaartagentschap Rossaviakosmos "niet op de agenda".

Het blijft dus bij ideeën. Een *Mir 2* zou een vervolg zijn op de vroegere Saljoet- en *Mir*-ruimtestations en de onderdelen die Rusland nu voor het ISS ontwikkelt. Daarbij moet geleerd worden uit fouten uit het verleden. Zo had *Mir* met energieproblemen te kampen als gevolg van de slechte plaatsing van de zonnepanelen. Een nieuw station zou ook veel wendbaarder en gemakkelijker te oriënteren zijn.

1. 20/11/1998 Zarja (vlucht 1A/R)

Lancering van deze Russische controlemodule met een Proton-raket. Eerste onderdeel met een massa van 19.323 kg en betaald door de Amerikanen. Zarja is 12,6 m lang en 4,1 m breed en heeft een levensduur van 15 jaar. Er kunnen Sojoez- en Progress-ruimteschepen aan vastkoppelen.

2. 4/12/1998 Unity (vlucht 2A)

De spaceshuttle *Endeavour* lanceerde deze Amerikaanse module samen met twee *Pressurized Mating Adapters (PMA's)*. Tijdens drie ruimtewandelingen werd PMA 1 aan Zarja vastgemaakt. PMA 1 dient om de Russische en Amerikaanse elementen aan elkaar vast te maken, PMA 2 om de spaceshuttle te laten aanleggen aan het ISS. Unity zelf is in wezen een doorgang tot de leef- en werkruimten van het ISS. Het is 5,5 m lang en 4,6 m breed en er zitten meer dan 50.000 mechanische onderdelen in, 216 pijplijnen om vloeistoffen en gasen te transporteren en 121 interne en externe elektrische kabels met een totaal lengte van 10 kilometer.

3. 27/5/1999 Logistieke vlucht (vlucht 2A.1)

Deze bevoorradingsvlucht was de eerste koppeling van een spaceshuttle (*Discovery*) met het ISS. Daartoe bevond zich in het laadruim van de shuttle een dubbele *Spacehab*-module. De shuttle had ook de Russische kraan *Strela* aan boord ter bevestiging aan de buitenkant van het Russische segment. De kraan dient onder meer als hulp bij onderhoudswerken tijdens ruimtewandelingen en was bevestigd op de zogenaamde *Integrated Cargo Carrier (ICC)* van de *Spacehab*-module.

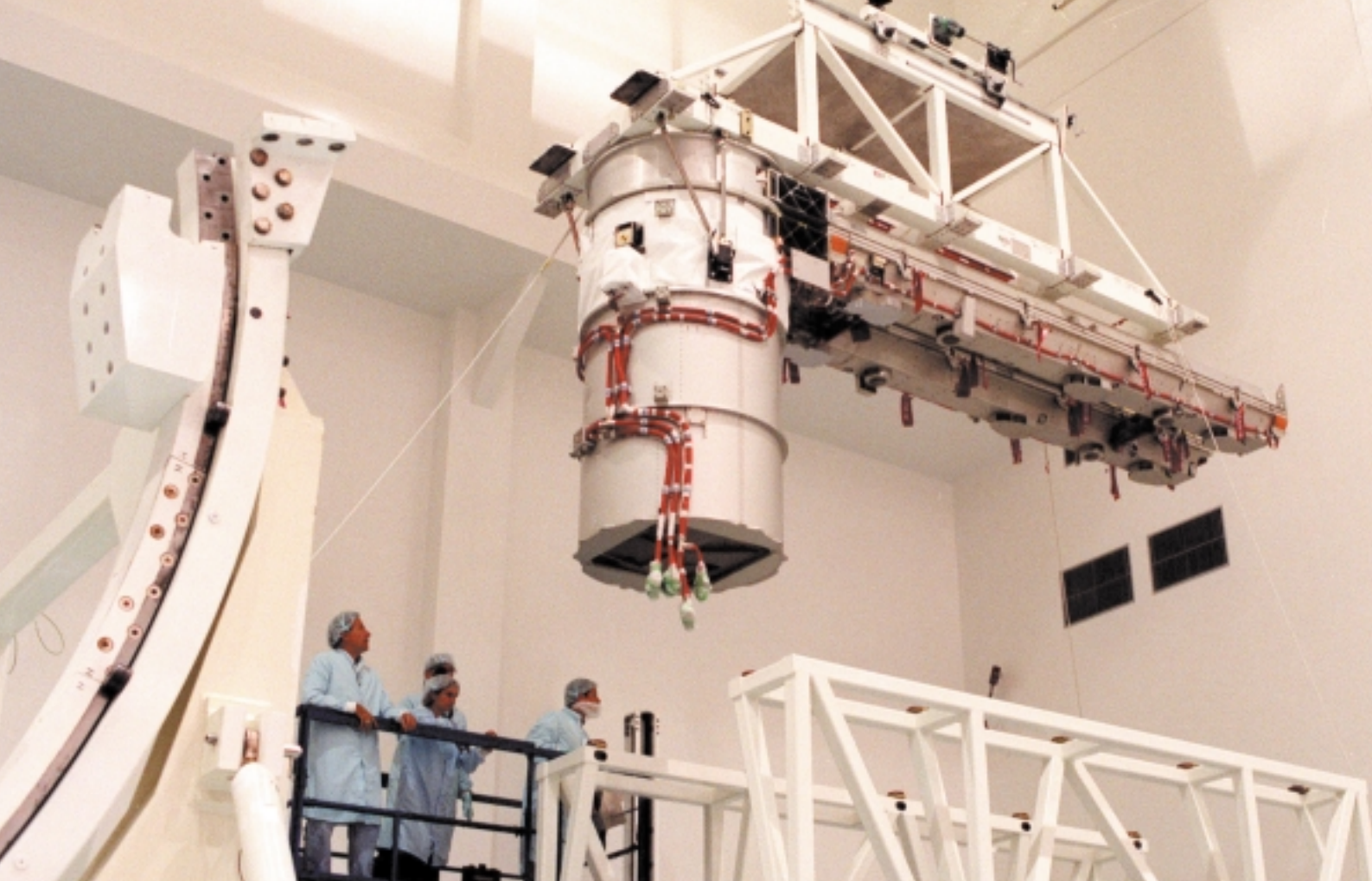
4. 19/5/2000 Logistieke vlucht (vlucht 2A.2)

Bevoorradingsvlucht met de shuttle *Atlantis* die hiertoe een dubbele *Spacehab*-module aan boord had. De bemanning verving vier batterijen aan boord van Zarja en installeerde rookdetectoren en ventilatoren. Tijdens een ruimtewandeling werd de installatie van de Russische kraan *Strela* voltooid. Ook werd het ISS in een hogere

baan gestuwd (van 370 km tot 402 km) in afwachting van de komst van de Russische module *Zvezda*.

5. 12/7/2000 Zvezda (vlucht 1R)

Deze Russische module werd met een Proton-raket gelanceerd. *Zvezda* is de belangrijkste Russische bijdrage aan het ISS en de belangrijkste leefruimte voor de ruimtevaarders tijdens de eerste fasen. Het bevat ook *life support*-elementen voor de eerste ISS-onderdelen. *Zvezda* bevat vier koppelpoorten waaronder ook de belangrijkste koppelpoort voor onbemande Progress-bevoorradingsruimteschepen, is uitgerust met een automatisch rendez-vous- en koppelsysteem en kan het ruimtestation ook in een hogere baan stuwen. *Zvezda* zorgt ook voor energievoorziening, dataprocessing en vluchtcontrole. Veel van deze zaken zullen later door Amerikaanse elementen worden overgenomen en aangevuld, maar *Zvezda* blijft wel het centrum van het Russische ISS-segment. *Zvezda* weegt 19.051 kg en is 13,1 m lang. Het ontwerp van *Zvezda* is gebaseerd op de centrale module van het vroegere ruimtestation *Mir*.



6. 8/9/2000 Logistieke missie (vlucht 2A.2b)

Vlucht met de *Spacehab*-module van de shuttle *Atlantis*. Tijdens de vlucht voerde de bemanning ondersteunende werkzaamheden uit en werd bijna 3000 kg aan voorraden naar het ISS gebracht. De bemanning maakte de *Zvezda*-module ook klaar voor bewoning en bracht kabels aan voor energie, gegevens en communicatie tussen *Zvezda* en de rest van het station.

7. 11/10/2000 Integrated Truss Structure (vlucht 3A)

Vlucht van de shuttle *Discovery*. Er worden vier ruimtewandelingen uitgevoerd waarbij de bemanning twee belangrijke componenten aan het ISS toevoegt: de *Pressurized Mating Adapter 3 (PMA 3)* en de zogenaamde *Z1 Truss*. *PMA 3* is bedoeld om de shuttle met het ISS te laten koppelen. The *Z1 Truss* is het eerste permanente "traliwerk" voor het ISS, een eerste fase van de bouw van het frame van het ISS dat een soort ruggengraat van het station vormt. Voltooid zal het

de lengte hebben van een voetbalveld met een as, loodrecht op de hoofdas van het station. Alle labo's, leefruimten, ladingen en apparatuur van het ISS zullen er mee verbonden zijn, evenals Amerikaanse zonnepanelen die 105 kW energie leveren (of voldoende om een stad te verlichten). Draden en kabels zullen doorheen de truss energie en informatie naar de verste uithoeken van het station voeren. De Canadese robotarm (zie verder) zal bewegen langsheen tracks die aan de truss zijn vastgemaakt. De truss zal ook voorzien zijn van batterijen, radiatoren, antennes en gyroscopen.

8. 31/10/2000 Expeditie 1 (vlucht 2R)

De langverwachte eerste permanente bemanning (*Expeditie 1*) voor het ISS! Lancering vanaf Bajkonoer van de capsule *Sojoez TM-31* met aan boord de Amerikaan Bill Shepherd en de Russen Joeri Gidzenko en Sergej Krikaljov. Het *Sojoez*-schip bleef als "reddingsloep" aan het ISS vastgekoppeld voor noodgevallen. Het drietal bleef 136 dagen aan boord.

9. 30/11/2000 Zonnepanelen (vlucht 4A)

Vlucht van de spaceshuttle *Endeavour*. De bemanning brengt zeven dagen aan boord van het ISS door in gezelschap van de drie *Expeditie 1*-leden. De *Endeavour* levert onder meer de eerste Amerikaanse zonnepanelen en batterijen voor energievoorziening en radiatoren voor koeling. De zonnepanelen worden tijdens drie ruimtewandelingen aan het ISS vastgemaakt en ontplooid. De astronauten activeren ook een communicatiesysteem voor stem en telemetrie.

10. 7/2/2001 *Destiny* (vlucht 5A)

Vlucht van spaceshuttle *Atlantis* met in het laadruim de belangrijke Amerikaanse laboratoriummodule *Destiny* die tijdens drie ruimtewandelingen aan het ISS wordt vastgekoppeld. *Destiny* heeft een massa van 15 ton en kost 1,4 miljard dollar. De koppeling van *Destiny* aan het ISS betekende ook dat de controle van het station door de Amerikaanse vluchtleiding in Houston van hun collega's in Moskou werd overgenomen.



↑ De shuttle Endeavour nadert het ISS met in het laadruim de Italiaanse logistieke module Raffaello. Op de achtergrond Noord-Afrika (NASA).

↑ De Canadese astronaut Chris Hadfield staat op de Canadese robotarm van de spaceshuttle en werkt aan de Canadarm2 (vlucht STS-100) (NASA).

← Zonnepanelen voor het ISS in het Space Station Processing Facility van het Kennedy Space Center. Ze werden in november 2000 met de Endeavour naar het ISS gebracht (NASA).

Astronauten zullen hier permanent onderzoek kunnen verrichten. Dit labo is zo ontworpen dat een permanente gegevensstroom kan verwerkt worden van honderden wetenschappelijke en technologische experimenten. Destiny bestaat uit drie cilindervormige delen en twee kegelvormige einddelen. De module is bedekt met isolerend materiaal en wordt ook door een "meteorietenschild", een soort kogelvrije vest, beschermd tegen inslagen van ruimteschroot en micrometeorieten. In de module bevinden zich 24 racks, waarvan er 13 dienen voor wetenschappelijke experimenten en 11 voor energievoorziening, koelwater, de controle van temperatuur en vochtigheid en het verwijderen van kooldioxide uit de lucht en de voorziening van zuurstof.

11. 8/3/2001 Leonardo en Expeditie 2 (vlucht 5A.1)

Vlucht van de spaceshuttle Discovery met aan boord de nieuwe permanente ISS-bemanning (Expeditie 2). De Discovery voerde verder een logistieke vlucht uit en bevoorradde het ISS. Aan boord bevond zich ook de Italiaanse logistieke module *Leonardo*. Er werden twee ruimtewandelingen uitgevoerd om deze met behulp van de robotarm van de shuttle aan Unity vast te koppelen (later werd Leonardo terug opgeborgen in het laadruim van de spaceshuttle) en om hardware te installeren voor een

volgende assemblagemissie. Leonardo is één van drie MPLM-modules (naast Raffaello en Donatello), die als "verhuiswagen" van het ISS dienen met laboratoriumracks met apparatuur, experimenten en voorraden aan boord. Italië bouwde de MPLM-modules voor de VS in ruil voor Amerikaanse onderzoekstijd aan boord van het ISS. De cilindervormige module is 6,4 m lang en heeft een diameter van 4,6 m.

12. 19/4/2001 Raffaello en Canadese robotarm (vlucht 6A)

Vlucht met de shuttle Endeavour. In het laadruim bevonden zich de *MPLM-module Raffaello* en het *Space Station Remote Manipulator System (SSRMS)*. Raffaello had racks aan boord voor de Amerikaanse laboratoriummodule. *SSRMS* alias *Canadarm2* is de Canadese robotarm van het station, nodig voor assemblagetaken tijdens latere vluchten. Hij maakt deel uit van het Mobile Servicing System (MSS), dat een essentieel onderdeel van het ISS is en dient om apparatuur en ander materiaal rond het station te verplaatsen, astronauten tijdens hun werk in de ruimte te ondersteunen en apparatuur aan de buitenzijde van het ISS te bedienen. De nieuwe robotarm is 17,6 m lang en heeft zeven door een motor aangedreven "ellebogen". Hij kan over rails over de hele lengte van het station bewegen.

Europeanen met Sojoez-ruimteschepen naar ISS

Directeur-generaal van de ESA *Antonio Rodotà* en zijn collega *Joeri Koptjev* van het Russische Rosaviakosmos tekenden een overeenkomst voor de lancering van Europese astronauten naar het ISS aan boord van Russische Sojoez-ruimteschepen in de periode 2001-2006. Ze zullen meevliegen tijdens taxi-vluchten met een duur van 7 tot 8 dagen om de Sojoez-capsule, die als reddingsloep permanent aan het ISS is vastgekoppeld, met een nieuw ruimteschip om te wisselen. Ze zullen eveneens deel uitmaken van missies waarbij bemanningen worden vervangen en die 3 tot 4 maanden kunnen duren. Op die manier kan er jaarlijks maximaal één ruimtevaarder met de Russen meevliegen. De vluchten zijn een ideale mogelijkheid om het Europese astronautencorps ervaring te laten opdoen in afwachting van de lancering van de Europese ISS-module Columbus in 2004. De Italiaan *Roberto Vittori* zal na oktober 2001 als eerste Europeaan een dergelijke missie uitvoeren aan boord van een Sojoez.

↓ De Europese astronauten *Claudie-Andre Deshayes* en *Reinhold Ewald* trainen in het Russische Zvjozdnij Gorodok (Sterrendorp) bij Moskou (ESA).



Dossier Het internationaal ruimtestation ISS



De *ESA* en het *ISS*

De Europese ruimtevaartorganisatie is één van de belangrijkste partners bij het ISS-programma. De formele goedkeuring voor de Europese deelname werd gegeven in oktober 1995. De totale financiële enveloppe van de ontwikkelingsfase 1996-2004 werd toen vastgesteld op 2651 miljoen euro. De faciliteiten voor microzwaartekracht aan boord van Columbus kosten 207 miljoen euro. Tien van de ESA-lidstaten nemen deel aan dit project: België, Denemarken, Duitsland, Frankrijk, Italië, Nederland, Noorwegen, Spanje, Zweden en Zwitserland.

↑ Het Europese Columbus-labo zal na de lancering in 2004 één van de belangrijkste modules van het ISS worden (*ESA*).

→ Ruimtevaarders zullen aan boord van Columbus elk jaar honderden experimenten uitvoeren. Columbus wordt door ruim 40 bedrijven in 14 landen gebouwd (*ESA*).

Ons land is de vierde grootste deelnemer met respectievelijk 3% van het ontwikkelingsprogramma en 10% van de microzwaartekrachtfaciliteiten. In totaal zal bij 20 van de 50 assemblagemissies voor het station Europese hardware meevliegen. Die zal ook worden gebruikt in de Amerikaanse, Russische en Japanse onderdelen.

Columbus

Eén van de belangrijke onderdelen van de Europese bijdrage tot het ISS is het *Columbus*-laboratorium. Dat bestaat uit een

onder druk gebrachte module en een aantal functionele elementen voor gegevensbeheer, energie, video en communicatie, software voor toepassingen en grondfaciliteiten.

De Columbus-module zal tegen eind 2004 aan het ISS worden vastgemaakt. De bouw ervan steunt op de ervaringen die Europa vroeger heeft opgedaan met het ruimtelabo *Spacelab*, dat vloog met de Amerikaanse spaceshuttle en meer dan twintig keer werd ingezet. Het betekende een eerste ervaring van Europa op het vlak van de bemande ruimtevaart.

Het ISS in cijfers

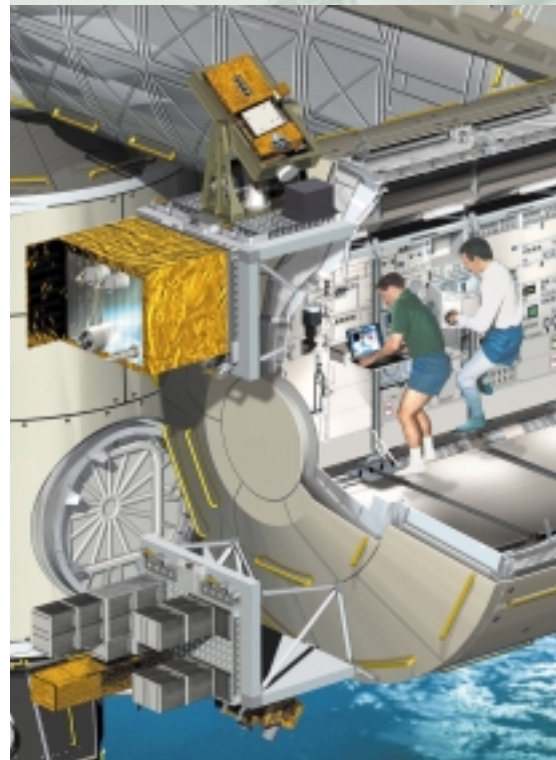
Afmetingen	Ongeveer 110m x 80m
Gewicht	Ongeveer 450 ton
Energievoorziening	In totaal 75kw (zonder de Russische module)
Totaal onder druk gebracht volume	Ongeveer 1200m ³ (vergelijkbaar met het volume van een Boeing 747)
Labo- en leefmodules	6 Laboratoriummodules: Amerikaans lab, Russische onderzoeksmodule (2), Europese Columbus-module (COF), Japanse experimentenmodule (JEM of Kibo), Centrifuge (CAM)
Leefmodules	2 Amerikaanse woonmodule (door Italië gebouwd), Russische Service Module (Zvezda)
Locaties voor aan de open ruimte blootgestelde apparatuur	4 op de ISS-truss, 10 op de Exposed Facility (Kibo)
Aantal permanente bemanningsleden	3 voor de voltooiing van het ISS, 7 daarna
Baan	Tussen 330 en 480 km boven de aarde, hoek van 51.6° met de evenaar
Transport, bouw	Spaceshuttle (USA), Sojoez en Proton (Rusland)
Bevoorrading	Spaceshuttle (USA), Sojoez en Proton (Rusland), Ariane 5 (Europa), H-II (Japan)
Verbindingssatellieten	Amerikaanse TDRS-satellieten (Tracking and Data Relay Satellite) en aanvullende satellieten van Rusland, Japan en Europa



← De Belg Frank De Winne zal over enkele jaren ook leven en werken aan boord van het ISS (ESA).

Europese astronauten naar het ISS

In het verleden vlogen er reeds heel wat Europese astronauten mee aan boord van de Amerikaanse spaceshuttle of de Russische Sojoez-ruimteschepen. Wanneer de Columbus-module aan het ISS zal zijn vastgemaakt, zullen Europeanen regelmatig deel uitmaken van de bemanning van het station en missies van ongeveer 90 dagen uitvoeren. Maar ook daarvoor reeds vliegen Europeanen naar het ISS. In april 2001 bracht de Italiaan Umberto Guidoni als eerste Europeaan met de spaceshuttle een bezoek aan het ISS. Hij wordt door de Franse Claudie André-Deshays later dit jaar gevolgd die de ruimte ingaat met een Russische Sojoez. Ook de Belg Frank De Winne zal over enkele jaren gaan werken in het ISS. De thuisbasis van het Europese astronautencorps is het *European Astronaut Centre (EAC)* in Keulen.



De Spacelab-vluchten waren beperkt tot twee weken. Aan boord van Columbus kan er minstens gedurende tien jaar permanent onderzoek worden uitgevoerd. De Columbus-module is cilindervormig met een diameter van 4,5 meter en een lengte van 6,7 meter. Op elk van de vier "wanden" bevinden zich racks en op elk rack kan 700 kilogram aan wetenschappelijke apparatuur worden aangebracht. Columbus zal worden gebruikt voor de meest uiteenlopende experimenten. Het beschikt daarvoor over een aantal speciale faciliteiten:

• Biolab

Voor biologisch onderzoek met celculturen, weefsels, micro-organismen, kleine planten en kleine dieren. Het is modulair opgebouwd en bevat een gedeelte waarin experimenten automatisch worden uitgevoerd, en een gedeelte waarbij de bemanning stalen kan hanteren.

• European Physiology Modules Facility (EPM)

Modulaire faciliteit voor onderzoek van de menselijke fysiologie. Gelijkaardig aan het *Human Research Facility (HRF)* van de NASA waarmee het samen zal worden gebruikt. Bij

de eerste vlucht zal onderzoek worden verricht op het vlak van ondermeer het hart, het zenuwstelsel en het beenderstelsel.

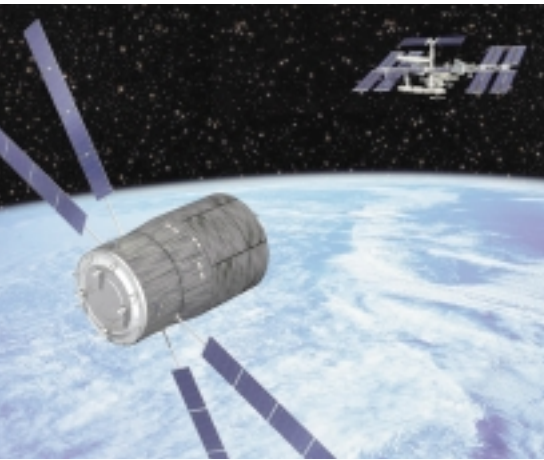
• Materials Science Laboratory-Electromagnetic Levitator (MSL-EML)

Samen met het Duitse DLR door ESA ontwikkeld voor het doen smelten en stollen van geleidende metalen, legeringen en stalen van halfgeleiders.

• Fluid Science Laboratory (FSL)

Modulaire faciliteit voor onderzoek van vloeistoffen in microzwaartekracht. FSL kan zowel bediend worden door astronauten aan boord of vanop aarde via *telescience*.

Deze vier faciliteiten maken samen met het *Materials Science Laboratory* deel uit van het ESA-programma *Microgravity Facilities for Columbus (MFC)*. Het doel van dit programma is ervoor te zorgen dat er constant onderzoek wordt verricht aan boord van het ISS in de disciplines biologie, menselijke fysiologie, materiaalonderzoek en onderzoek van vloeistoffen en dat er op dit vlak constant en gedurende de hele levensduur van het ISS permanent een stroom van wetenschappelijke gegevens wordt verzameld.



↑ Met de ATV-ruimtetuigen (Automated Transfer Vehicle) zal Europa wetenschappelijke apparatuur, voorraden en brandstof naar het ISS kunnen transporteren (ESA).

• European Drawer Rack (EDR)

Hierin kunnen acht kleinere gemakkelijk verwisselbare experimentenmodules worden ondergebracht. Er wordt gedacht aan experimenten op het vlak van de wisselwerking tussen kosmische deeltjes en deeltjes in de atmosfeer van de aarde, onderzoek van plasma's, proteïnekristallisatie, vloeistoffen en magnetisme, onderzoek met emulsies, onderzoek van olie, enz. Belangrijk is de *Protein Crystallisation Diagnostics Facility (PCDF)* voor de kristallisatie van biologische macromoleculen en om na te gaan hoe deze door de zwaartekracht worden beïnvloed. Met dit instrument kunnen gedetailleerde metingen worden uitgevoerd en heel nauwkeurig veranderingen verwezenlijkt in temperatuur en concentratie. Deze faciliteit bouwt verder op de ervaringen met de *Advanced Protein Crystallisation Facility (APCF)*. Columbus heeft ook een *externe structuur* voor technologische experimenten, aardobservatie, onderzoek van sterren en experimenten op het vlak van de exobiologie.

Automated Transfer Vehicle (ATV)

Dit onbemande ruimtetuig zal met een Europese *Ariane 5* worden gelanceerd en het ISS bevoorraden. Een ATV zal gedurende

verschillende maanden aan het ISS vastgekoppeld blijven. De ATV-motoren zullen af en toe het station in een hogere baan stuwen, aangezien het afgeremd wordt door wrijving in de atmosfeer van de aarde. De ATV's kunnen tot vier ton brandstof en rond vijf ton aan nuttige lading, voedsel, water en andere voorraden aanvoeren. Een ATV is 9 meter lang zijn en heeft een maximale diameter van 4,5 meter. ESA heeft negen ATV-ruimteschepen besteld bij het Franse *EADS-LV* en het Duitse *Astrium*. De eerste ATV-lancering staat op het programma voor 2004. Daarna zal er ongeveer om het jaar een nieuwe ATV worden gelanceerd. Op het eind van zijn opdracht dient de ATV als een soort kosmische vuilnisbak. Hij wordt volgestouwd met afval en ander niet meer bruikbaar materiaal en daarna losgekoppeld van het ISS om te verbranden in de atmosfeer van de aarde.

Crew Rescue Vehicle (CRV)

Hiervoor werkt ESA samen met NASA. Er zouden vier van deze ruimteschepen worden gebouwd, bedoeld om tot zeven ruimtevaarders in geval van nood te evacueren en binnen negen uur veilig naar de aarde te doen terugkeren. Een CRV zou tot drie jaar kunnen vastgekoppeld blijven aan het ISS en herbruikbaar zijn, in tegenstelling tot de Russische Sojoez-capsules. Als gevolg van bezuinigingen staat de Amerikaanse deelname hieraan op de helling. Europa onderzoekt welke mogelijkheden er zijn om het CRV-programma eventueel toch te kunnen doorzetten.

European Robotic Arm (ERA)

Deze wordt door *Fokker Space* ontwikkeld als een cruciaal element van het Russische ISS-segment. De Europese robotarm kan langs de Russische modules bewegen. Hij zal gebruikt worden om Russische elementen te integreren, voor controle, ondersteuning tijdens ruimtewandelingen en de verplaatsing van experimenten en apparatuur. De arm is

11,3 meter lang, weegt 630 kg en heeft een bereik van 10 meter. Hij kan apparatuur van 8 ton verplaatsen. ERA kan vanaf de centrale controlepost in de module *Zvezda* bestuurd worden of door een ruimtevaarder die een ruimtewandeling maakt. De arm heeft een levensduur van 10 jaar.

Data Management System (DMS-R)

De eerste Europese hardware van het nieuwe station werd in juli 2000 gelanceerd aan boord van de Russische module *Zvezda*. Het ging om een computersysteem, het "brein" van het Russische deel van het ruimtestation dat ook voor de standregeling van het hele station zorgt.

Koepel (Cupola)

De door Europa gebouwde *Koepel* is een onder druk gebrachte ruimte voor waarnemingen en het uitvoeren van controleoperaties. Hij heeft een diameter van 2 meter en is 1,5 meter hoog. Van hieruit kunnen werkzaamheden met de robotarm worden uitgevoerd. Hij moet in 2005 worden gelanceerd.

Knooppunten 2/3 (Nodes 2/3)

Deze zijn vergelijkbaar met de in 1998 gelanceerde Amerikaanse module *Unity (Node 1)*. Deze elementen zullen door Europa, in het bijzonder Italië, worden gebouwd. Ze zijn 7,1 meter lang, hebben een diameter van 4,5 meter en een massa van 15 ton. Ze bevatten racks en spelen een belangrijke rol bij het operationeel houden van de andere elementen van het station. Node 3 zal bijvoorbeeld voor water- en zuurstofvoorziening voor het Amerikaanse segment zorgen.

Andere Europese elementen

Een aantal Europese faciliteiten wordt ondergebracht in de Amerikaanse *Destiny*-laboratoriummodule.

- **Materials Science Laboratory (MSL)**

Voor onderzoek van stollingsverschijnselen in microzwaartekracht, thermische en fysische eigenschappen van materialen en de groei van kristallen.

- **European Modular Cultivation System (EMCS)**

Voor biologisch onderzoek van planten (groei, ontwikkeling, zwaartekrachtinvloed).

- **Muscle Atrophy Research and Exercise System (MARES)**

Speciale "stoel" voor het meten van de kracht van bepaalde spiergroepen.

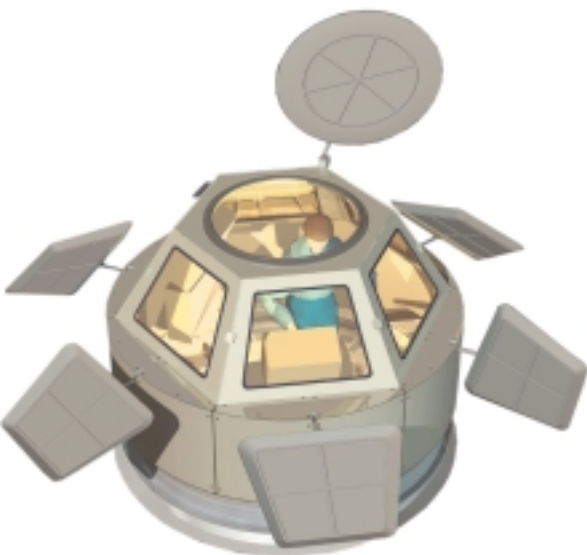
- **Percutaneous Electrical Muscle Stimulator (PEMS)**

Voor elektrische stimulatie van bepaalde spiergroepen.

- **Insert for Investigations on the Combustion Properties of Partially Premixed Spray Systems (CPS)**

Voor onderzoek op het vlak van ontsteking en verbranding onder hoge druk en temperatuur. Dit zal worden ondergebracht in een rack van de NASA.

↓ Tekening van de "Cupola" (ESA).



↑ De nieuwe Destiny-module wordt met de robotarm van de Atlantis uit het laadruim van de shuttle verplaatst (NASA).

Eén van vele toepassingen: een Europese bioreactor

"Dit is het eerste van een reeks van meer dan 50 contracten die de ESA de komende jaren zal tekenen voor toegepaste onderzoeksprojecten waarbij het International Space Station zal worden gebruikt", zegt Jörg Feustel-Büechl, ESA-directeur voor Bemande Ruimtevluchten en Microzwaartekracht. Vorig jaar werd het eerste van dergelijke contracten getekend voor een onderzoeksprogramma dat de wetenschappelijke en industriële grondslag moet leggen van een *bioreactor* in de ruimte voor biomedische toepassingen aan boord.

Deze bioreactor dient voor de aanmaak van bacteriën, gist, dierlijke cellen en weefsels en zal geneeskundige toepassingen hebben op het vlak van de transplantatie van weefsels en organen, waarbij er vaak onvoldoende donoren beschikbaar zijn. De bedoeling hierbij is weefselmonsters te nemen van het eigen lichaam van een patiënt en ze *in vitro* te doen groeien buiten het lichaam. Een herinplanting hiervan wordt gezien als een alternatief voor de transplantatie van weefsels en organen van vreemde personen. Een voordeel hierbij is dat er geen afstotingsverschijnselen optreden. Deze *in vitro*-aanmaak van weefsels is een van de grote huidige doelstellingen van de geneeskunde. De techniek zou bijvoorbeeld kunnen gebruikt worden bij problemen met de kniegewrichten, die vaak voorkomen als gevolg van sportongevallen. In Europa alleen zijn er naar schatting per jaar 100.000 dergelijke inplantingen nodig. Het principe van de *in vitro*-celcultuur is al 100 jaar bekend, maar pas de afgelopen 20 jaar is er belangrijke vooruitgang geboekt. Door de ruimtevaart en de microzwaartekracht zijn merkbaar betere voorwaarden aanwezig voor het aanmaken van driedimensionele celstructuren.

Dossier Het internationaal ruimtestation ISS

En na het ruimtestation ?

Nu het ISS in volle opbouw is, wordt vaak de vraag gesteld: hoe moet het met de bemande ruimtevaart verder na het ruimtestation? Daarvoor zijn er zijn nog geen concrete plannen, maar de NASA heeft wel al een schema in het achterhoofd.

↓ Het ISS wordt door sommigen gezien als een springplank tot de verdere verkenning van het zonnestelsel (NASA).



In de zogenaamde *libratiepunten* tussen de aarde en de maan enerzijds en de aarde en de zon anderzijds zou een ruimteschip of ruimtestation een "vaste" positie kunnen innemen. Zo'n station kan al vanaf 2010 worden gebouwd. Astronauten zouden er apparatuur zoals telescopen kunnen bedienen. Op een afstand van 1 miljoen km van de aarde kunnen deze punten dienen als springplank tot een verdere verkenning van het zonnestelsel zoals een terugkeer naar de maan en missies naar onze buurplaneet Mars en de planetoïden. Volgens het NASA-plan zouden mensen zich langzaam maar zeker steeds verder in het zonnestelsel begeven en er steeds langer verblijven.

De nieuwe opmars in de ruimte zou niet uit één groot project bestaan, maar uit verschillende elementen die in een grotere context passen. Een meer bescheiden financiering over een tijdsspanne van vijf of tien jaar zou bij het grote publiek en ook politiek beter liggen dan één enkel peperduur programma zoals een mens-naar-Marsproject. Volgens NASA-baas Daniel Goldin is het



↑ Is het ISS een voorloper van ruimtekolonies waarbij kunstmatige zwaartekracht wordt opgewekt? (NASA)

in ieder geval ondenkbaar dat de Verenigde Staten zich aan een nieuw project wagen voor de voltooiing van het internationaal ruimtestation. "Over vijf jaar zijn we beter geplaatst om beslissingen te nemen in verband met programma's na het ISS", stelt Goldin. Een belangrijke doelstelling lijkt in ieder geval te zijn dat de toegang naar de ruimte veel goedkoper wordt. De hoge kosten van de spaceshuttlevluchten worden daarbij vaak als voorbeeld geciteerd.

Een Chinees broertje voor het ISS?

Na twee geslaagde onbemande testvluchten van het nieuwe ruimteschip *Shenzhou* lijkt de eerste bemande Chinese ruimtemissie nabij. Volgens waarnemers kan China al in 2002 het derde land worden na de Sovjetunie/Rusland en de Verenigde Staten dat met eigen middelen mensen de ruimte inbrengt. Prestige is daarbij zeker geen vreemd woord.

China wil op termijn ook een eigen ruimtestation bouwen. Dat zal waarschijnlijk te vergelijken zijn met de vroegere Saljoet-ruimtelabo's van de Sovjetunie. Het is dus niet ondenkbaar dat in

een niet al te verre toekomst - waarschijnlijk binnen tien jaar - twee ruimtestations rond de aarde draaien! Op de Expo 2000 in Hannover toonde China alvast een model van een mogelijk Chinees ruimtestation. Het bestaat uit modules - "uitgerekte" versies van de orbitale module van het Shenzhou-ruimteschip - met een diameter van 2,2 meter. Opmerkelijk zijn de verschillende koppelingen, zoals bij het Russische station Mir. Het Chinese station is met een lengte van 20 meter en een massa van 40 ton eerder bescheiden maar de verschillende koppelpoorten maken uitbreiding mogelijk.