

De waarde van ruimtevaart

*Professor H. van der Laan
onder redactie van Henk H.F. Smid*

Tijdens de viering van het vijftig jarig bestaan van de Nederlandse Vereniging voor Ruimtevaart op 20 december jl. werd door emeritus hoogleraar Harry van der Laan een rede gehouden die vele aanwezigen rechtstreeks aansprak. Hoofdredacteur van Ruimtevaart, Henk Smid, nodigde hem daarop uit om te reageren op het jubileumnummer van Ruimtevaart en zijn menig over ruimtevaart en aanverwante onderwerpen te geven. In een boeiend gesprek hebben zij onlangs gesproken over de waarde van ruimtevaart en een aantal belangrijke ruimtevaartprojecten verkend. Volgend is een impressie van dit gesprek.

Wat is de waarde van ruimtevaart?

Op vragen waarom we ruimtevaart bedrijven en wat we er mee opschieten wordt vaak geantwoord dat we er zo veel van leren en dat de *spin-off*, *spin-in* en *spin-out* zo geweldig zijn.

Als we ruimtevaart willen beoordelen naar zijn huidige vorm en inhoud moeten we het plaatsen in het historisch perspectief. Ruimtevaart, waaronder we verstaan de mogelijkheid zaken voor wat voor reden dan ook in de ruimte te brengen, is slechts een halve eeuw oud en is ontstaan in een maakindustrie. In Nederland heeft het Ministerie van Economische Zaken de leiding op het gebied van ruimtevaart en dit ministerie is eveneens toegesneden op een maakindustrie. Daarom wordt ruimtetechnologie gerechtvaardigd of wordt verantwoording afgelegd over de besteding van publieke middelen, door enerzijds de *spin-off* (bijproducten) te beklemtonen en anderzijds de innovatieve kracht van ruimtevaart te benadrukken. Deze denktrend is achterhaald. Immers, *spin-off* is weliswaar als extra mooi meegenomen, maar daar gaat ruimtevaart niet om. Bij professionele activiteiten die competent worden uitgevoerd zal altijd *spin-off* ontstaan. Er ontstaan gaandeweg nieuwe inzichten en producten. Soms is de *spin-off* gewoon een toevalstreffer. Rechtvaardiging van ruimtevaart op grond van *spin-off* kan dus niet. Direct zoeken naar een *spin-off* product is bijna altijd voordeliger dan wachten totdat het via een

andere activiteit beschikbaar komt. Innovatie dan. Daar heb je geen ruimtevaart voor nodig. Elke industriële activiteit kan zichzelf opleggen innovatief te werk te gaan. Innovatie een onverbreekelijk deel uit laten maken van het denk- en werkproces. We zien op aarde technologieën ontstaan en worden gebruikt die niets met ruimtetechnologie te maken hebben maar soms veel ingenieuzer zijn dan ruimtetechnologie.

Toch is ruimtevaart belangrijk, al is de omvang zeker bescheiden. Immers, de ruimtevaartindustrie in Nederland komt overeen met ongeveer één uur export. Geen wonder dat het Ministerie van Financiën sceptisch is als het over ruimtevaart gaat. Het is daarom een fundamentele denkfout om de economische omvang te beschouwen als primaire maat van het economisch of maatschappelijk belang van ruimtevaart. Als een beroemde chef-kok met een goede omzet het zout in zijn recepten zou verwijderen omdat het zout toch maar een onbetekenend deel (kostenaspect) van het geheel is, zal zijn omzet snel tot nul dalen. Zo moet ook ruimtevaart worden gezien. Het is een klein, maar onmisbaar ingrediënt in een samenhangend geheel. Het belang of waarde van ruimtetechnologie moet dus worden afgemeten aan de rol die het heeft in het gebruik. Men moet zich hierbij dus de situatie trachten voor te stellen waarbij de vanzelfsprekende ruimtetechnologie niet zou bestaan of niet ter beschikking zou staan. Te denken valt daarbij aan satellietondersteuning voor (tele)communicatie (TV, telefoon etc.), aardobservatie (meteo-

Emeritus hoogleraar Harry van de Laan (1936) groeide op op een boerderij in Blyham (Groningen) en emigreerde in 1953 met zijn ouders naar Canada. In 1960 studeerde hij af in fysica en wiskunde en ging naar de Cambridge Universiteit als een Gemeenebest student. In 1963 verkreeg hij zijn Ph.D. Cantab. in de theorie over niet-thermische radiobronnen.

Na een jaar filosofie in Amsterdam en een aantal jaren in Canada en Amerika kwam hij in 1967 naar de Universiteit van Leiden. In 1970 werd hij benoemd tot professor in Radio Astronomie en tot gedelegeerd bestuurslid van de ZWO stichting voor Radio Astronomie (Dwingeloo en Westerbork sterrenwachten).

Met zijn medewerkers en studenten gebruikte hij de Synthesis Radiotelescoop van Westerbork om een vloed aan astronomische problemen te onderzoeken. Deze varieerden van de stralinggordels van Jupiter tot radio melkwegstelsels, quasars en de kosmologische evolutie van het universum.

Harry van der Laan was dertien jaren wetenschappelijk directeur van de Leidse Sterrenwacht. Van 1987 tot 1992 was hij algemeen directeur van de Europese zuidelijke sterrenwacht (ESO) alwaar hij het ontwerp en de constructie leidde van de zeer grote telescoop (VLT) die bestemd was voor Sterrenwacht Paranal in Chili.

In 1993 werd hij professor aan de Universiteit van Utrecht en sinds 1997 heeft hij de leiding over PROFAST, een consultancy voor strategische beslissingen waarmee ministeries, onderzoeksorganisaties, universiteiten en bedrijven te maken krijgen.

Sinds 1979 is professor van der Laan lid van de Koninklijke Nederlandse Academie van Wetenschappen (KNAW) en stichtingslid van de Academia Europea (1988). Hij heeft veel energie gestoken in het brengen van wetenschap naar het publiek. Hij maakte daarbij gebruik van zowel de media als het Haagse theater Omniversum dat op zijn initiatief ontstond.

logie etc.) en navigatie (navigatiecomputers in vliegtuigen en auto's en op schepen).

Ruimtevaart is onmisbaar geworden. Dit onderkende, zou je mogen veronderstellen dat op nationaal niveau er groter politiek draagvlak en meer positieve publiciteit voor zouden zijn. Dit nu is niet het geval. Het departementaal belang prevaleert nog steeds boven het nationaal belang. Er is daarom alleen departementaal beleid en geen nationaal beleid. Een aantal departementen geven relatief kleine bedragen uit aan ruimtevaart en daardoor wordt de importantie er van onderschat. Goedwillende en competente ambtenaren worden hierdoor afgeremd. Bovendien, kleine bedragen worden in Nederland beheerd door lagere ambtenaren. Die willen hun baas niet lastig vallen en vooral tevreden houden en zoeken naar een *juste retour* zodat het uitgegeven (gemeenschaps)geld weer naar het departement terugvloeit. Dit is fnuikend voor visie en beleid. Er ontstaat geen totaalvisie en de versnipperde inspanningen doen geen recht aan het belang. Nederland zou de departementale ruimtevaartinspanningen moeten coördineren in één ruimtevaartagentschap met één nationaal

budget en met één baas. Nationaal ruimtevaartbelang wordt zo groter dan de som der delen van departementale belangen.

Op Europees niveau is er wel al meer strategisch inzicht ontstaan. De Europese Unie (EU) ziet dat de ESA niet voldoet in het creëren van een compleet / volledig ruimtevaartbeleid. Dat is ook haar taak niet. De ESA heeft zich immers vanuit de historie eveneens ontwikkeld vanuit een sterke technologische, maakindustriële inslag. De EU kijkt meer naar het algemene gebruikersbelang en de politieke consequenties daarvan. Onder meer de volgende twee onderwerpen maken dat duidelijk. Ten eerste de invoering van Galileo. Het is van technologisch én politiek belang voor Europa dat zij de beschikking heeft over precieze navigatiehulpmiddelen voor civiele doeleinden zónder daarbij van een militair systeem van de Verenigde Staten afhankelijk te moeten zijn. Ten tweede is er het GMES dat nationale overheden in staat moet stellen niet alleen convenanten af te sluiten, maar ze ook te controleren en zelfs, via geijkte standaarden, voor de rechter af te dwingen. Galileo and GMES zijn twee pilaren van de ruimtevaartpolitiek van de EU

die door de Europese Unie en het Europese Ruimtevaartagentschap gezamenlijk wordt ontwikkeld.

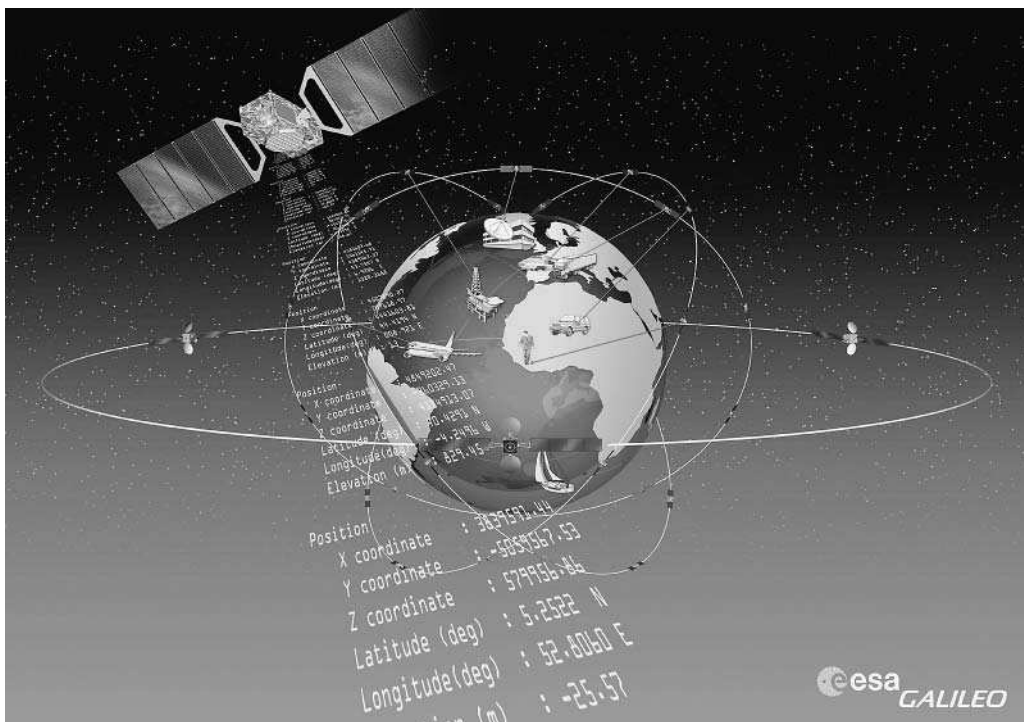
Galileo

De EU en ESA zullen elk ongeveer 550 miljoen Euro investeren in het Galileo navigatiesysteem. Dit geld wordt gebruikt voor de ontwikkeling en validering van het systeem. Engeland was de laatste grote *holdout* tegen Galileo, maar ook Nederland heeft zich lang tegen Galileo verzet. Echter, op 26 maart hebben de EU ministers van transport (Verkeer & Waterstaat in Nederland) officieel hun goedkeuring gegeven aan de ontwikkeling en validatiefase. Het geld van de EU komt uit een programma dat *Trans European Networks* wordt genoemd waaraan elk lid automatisch bijdraagt in verhouding tot het bruto nationaal product. Het geld bij ESA komt uit vrijwillige bijdragen van de leden (inschrijving).

Niet alleen vanuit Europa kwam er verzet tegen de plannen voor Galileo. In de Amerikaanse pers verschenen berichten dat de Verenigde Staten tegen de ontwikkeling en ingebruikneming was van Galileo, maar die werden later tegengesproken. De Amerika-

nen zouden alleen hun zorgen hebben geuit over de overlap van frequenties tussen hun GPS en Galileo en mogelijke storingen als gevolg daarvan. Er bestaat echter bij het Amerikaanse Ministerie van Defensie echter de notie dat in de toekomst Galileo, in een conflict met de Amerikanen, zou kunnen worden gebruikt door z.g. *non-state enemies*. Andere landen zien echter grote mogelijkheden. Al eind 2001 werd melding gemaakt van een door Rusland ontwikkelde navigatieontvanger, genaamd KS-161, die niet alleen gebruikt zou kunnen worden door het Amerikaanse GPS en het Russische GLO-NASS, maar ook al voor het Europese Galileo satellietnavigatiesysteem zou zijn voorbereid.

Uiteindelijk zijn er zo veel Europese regeringen die willen deelnemen in het Galileo project, dat er sprake is van overinschrijving. Op het laatste moment (april 2002) verklaarde Denemarken zich bereid om eveneens voor 4,4 miljoen Euro deel te willen nemen en het totaal aan inschrijvingen bedraagt nu ongeveer 730 miljoen Euro, 33% meer dan noodzakelijk. Alleen de inschrijvingen van Italië, Frankrijk, Duitsland en Engeland waren al voldoende voor de benodigde 550 miljoen.



Galileo's nieuwe technologie richt zich voor het grootste gedeelte op commerciële toepassingen en zal een revolutie in onze transportsystemen teweegbrengen. [ESA]

GMES

Het is de ambitie van de Europese Unie de meest competitieve kennisgebaseerde economie van de wereld te worden en te investeren in het creëren van kennis en technologieën. In Europa zijn al eerste klas ruimtevaart gerelateerde wetenschappen en technologieën. Deze dienen te worden aangewend voor de uitdagingen van de globaliserende maatschappij. Daarbij is GMES (*Global Monitoring of Environment and Security*) niet alleen van strategisch belang voor ruimtevaartonderzoek, maar kan het tevens Europa helpen haar waarden en politiek te projecteren in de wereld. Het doel van de EU is om vóór 2008 een operationeel en zelfstandig Europees, wereldomvattende waarnemingscapaciteit voor milieu en veiligheidsdoeleinden te ontwikkelen. GMES is een initiatief dat Europese disparate activiteiten op het gebied van satellietwaarneming en *remote sensing* ten behoeve van de politiek van de Unie moet gaan federaliseren. Nu worden gegevens ten behoeve van milieu en veiligheid voornamelijk betrokken van experimentele, nationale of multinationale satellietssystemen van de lidstaten. Via GMES wil Europa haar bestaande en geplande capaciteiten en infrastructuur beter exploiteren en mechanismen ontwikkelen voor verzamelen en verspreiden van de gegevens, om zo haar politieke doelstellingen op het gebied van milieu, ontwikkeling van samenwerking, civiele bescherming en de strijd tegen fraude, te realiseren. Concrete toepassingen daarbij

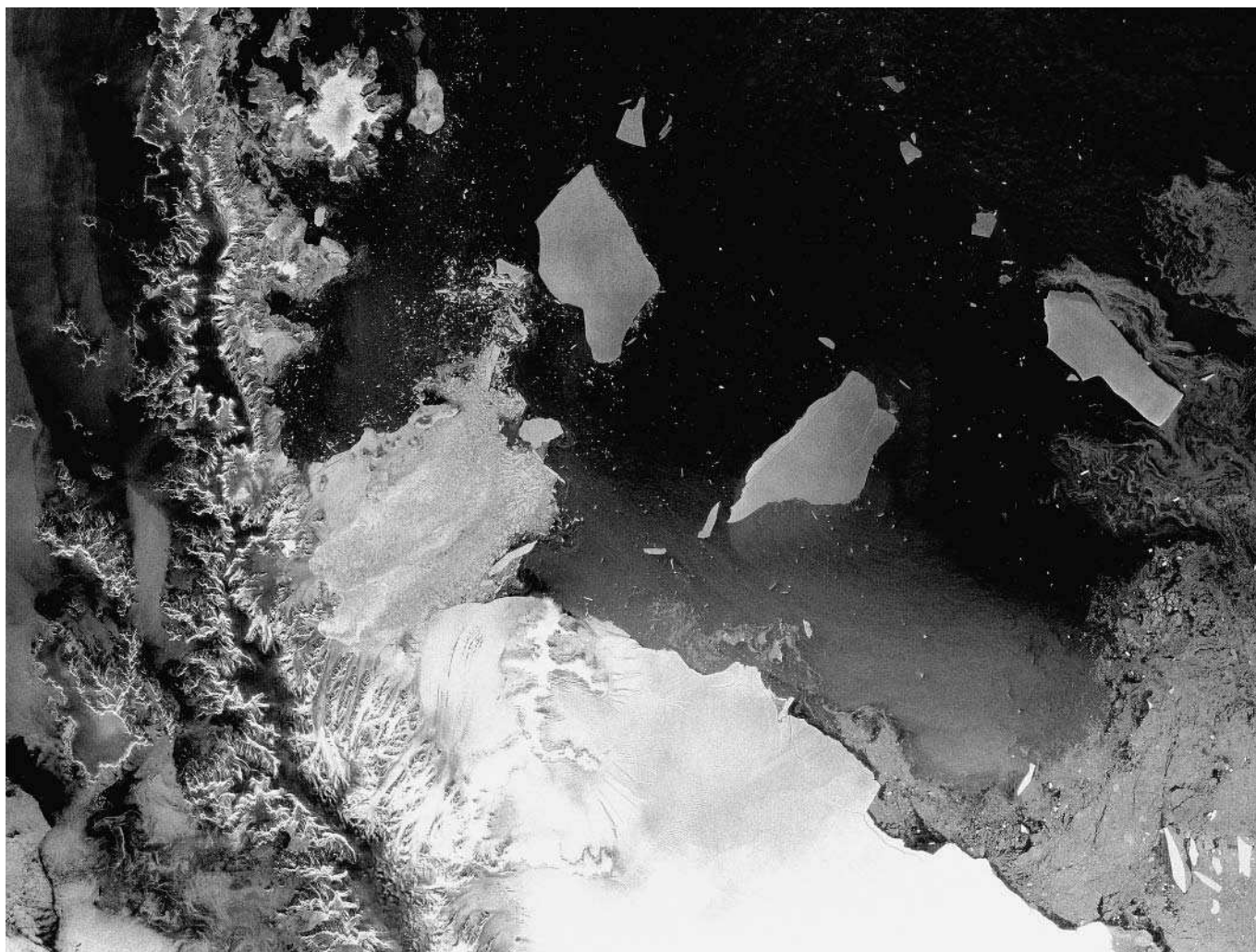
“*Global change* (het geheel van milieu- en klimaatveranderingen) heeft de nodige consequenties voor het economisch proces en andersom. Hoewel de precieze hoogte van het effect van *global change* op de economie onbekend is, zijn de schattingen dat deze alleen al voor Nederland jaarlijks miljarden guldens kan bedragen. Om de vermeende oorzaken weg te nemen en de gevolgen te reduceren, nemen overheden zowel nationaal (in Nederland bijvoorbeeld in het NMP3) als internationaal (afspraken en conventies) milieumaatregelen. De Nederlandse overheid streeft in haar milieubeleid naar een duurzame samenleving waarin een toename van de werkgelegenheid, verbetering van de concurrentiepositie en economische groei hand in hand moet gaan met een absolute daling van de milieubelastende emissies en een beter beheer van ruimte, natuur en biodiversiteit.”

Uit: Economische en maatschappelijke effecten van monitoring systemen, 1998, KPMG Bureau voor Economische Argumentatie.

zijn het monitoren van het milieu op wereldschaal en het vaststellen van natuurlijke catastrofes, maar bijvoorbeeld ook het vast kunnen stellen van vluchtelingenstromen. Een prioriteit van GMES is het ontwikkelen van innovatieve, gebruikersgestuurde toepassingen en andere diensten in de gescheiden maar complementaire gebieden van het monitoren van het milieu en veiligheidszaken op wereldschaal. Het is hierbij noodzakelijk dat technologieën in de ruimte, op land gestationeerd of vanuit vliegtuigen worden gecombineerd om niet alleen de politiek verantwoordelijken in Europa te ondersteunen in hun besluitvorming, maar ook die op nationaal en zelf op lokaal niveau. Gecombineerde gegevens van satellieten als de onlangs in de ruimte gebrachte ENVISAT en aarde-, lucht- en zeegebonden systemen, moet GMES in staat stellen Europese onderzoekers, particuliere bedrijven en publieke autoriteiten te voorzien van gegevens op het gebied van klimaatverandering, het kunnen volgen van milieuverontreinigingen en het reageren op noodsituaties. Op wereldniveau moet GMES nieuwe verificatiegereedschappen opleveren die niet alleen moeten toe kunnen zien op de naleving van internationale protocollen (bijvoorbeeld dat van Kyoto) maar ook in staat moeten kunnen zijn bijvoorbeeld de verdeling van voedsel en medische hulp te ondersteunen. Aan de andere kant van het spectrum kan GMES autoriteiten ondersteunen bij problemen op het gebied van bijvoorbeeld kusterosie, overstromingen, lawines en grote bosbranden. Op Europees niveau kan GMES eveneens voor nieuwe en objectieve gegevens zorgen die een brede ondersteuning kunnen zijn voor de Europese politiek op het gebied van onder meer regionale ontwikkeling, transport, landbouw, en niet in de laatste plaats op het gebied van de buitenlandse politiek van de Unie. Het ambitieuze GMES programma richt zich dan ook voornamelijk op het consolideren van een Europese capaciteit in een sector waar Europa tot nu toe afhankelijk is van gegevens uit bronnen van derden.

Conclusie

De waarde van ruimtevaart is niet alleen maar af te meten aan de omzet die het genereert.



Ruimtetechnologie, de intrinsieke waarde van ruimtevaart, hoort bij de infrastructuur van onze tijd en de beschikbaarheid en de betrouwbaarheid zijn daarbij zo vanzelfsprekend geworden dat de zichtbaarheid steeds verder vermindert. Het is gemeengoed geworden.

Ruimtetechnologie is zowel technologisch als (inter)nationaal-bestuurlijk een spannend en uitdagend terrein waar alle denkbare vaardigheden van mensen en organisaties (moet) worden aangesproken.

ENVISAT Advanced Synthetic Aperture Radar (ASAR) opname van het Antarctisch schiereiland. [ESA]

Aanbevolen literatuur

Toekomst banen van ruimtetechnologie, Rapport van de Verkenningcommissie Ruimtetechnologie, 1997, Serie Verkenningen, ISBN 90 399 13757, o.l.v. prof. H. van der Laan.

Een betere bewaking van systeem aarde, Nederlandse bijdragen aan internationaal monitoring systemen, 1998, o.l.v. prof. H. van der Laan.

Economische en maatschappelijke effecten van monitoring systemen, 1998, KPMG Bureau voor Economische Argumentatie.

Wetenschappelijk ruimteonderzoek in Nederland: Kennis, Kansen, Keuzen. Rapport van de KNAW / NWO Evaluatiecommissie Ruimteonderzoek (ECRO), 2000, o.l.v. prof. H. van der Laan.

Terug op aarde. Evaluatie ruimtevaartbeleid 2000, 19 april 2001, General Technology Systems.

Voortgang Ruimtestation ISS in 2002

*Ir. D. de Hoop
Nederlands Instituut voor Vliegtuigontwikkeling en Ruimtevaart NIVR*

Het grote internationale samenwerkingprogramma voor het International Space Station (ISS) vordert gestaag. Sinds 5 december 2001 voert alweer de vierde permanente bemanning hun dagelijkse activiteiten uit voor de opbouw, waarbij ook reeds onderzoek wordt gepleegd. De belangrijkste elementen zijn nu de drie bemande modules, de grote Canadese robotarm en balken met zonnepanelen en apparatuur. De Italiaanse logistieke modules brengen regelmatig faciliteiten en apparatuur naar ISS. In 2002 vinden een aantal belangrijke vluchten naar ISS plaats met een hoog Nederlandse gehalte, waaronder STS-111 in mei met een grote glovebox. De shuttlemissie STS-107 van juli bevat vele instrumenten met ook Nederlandse experimenten. Kort zullen de belangrijke vorderingen worden vermeld.

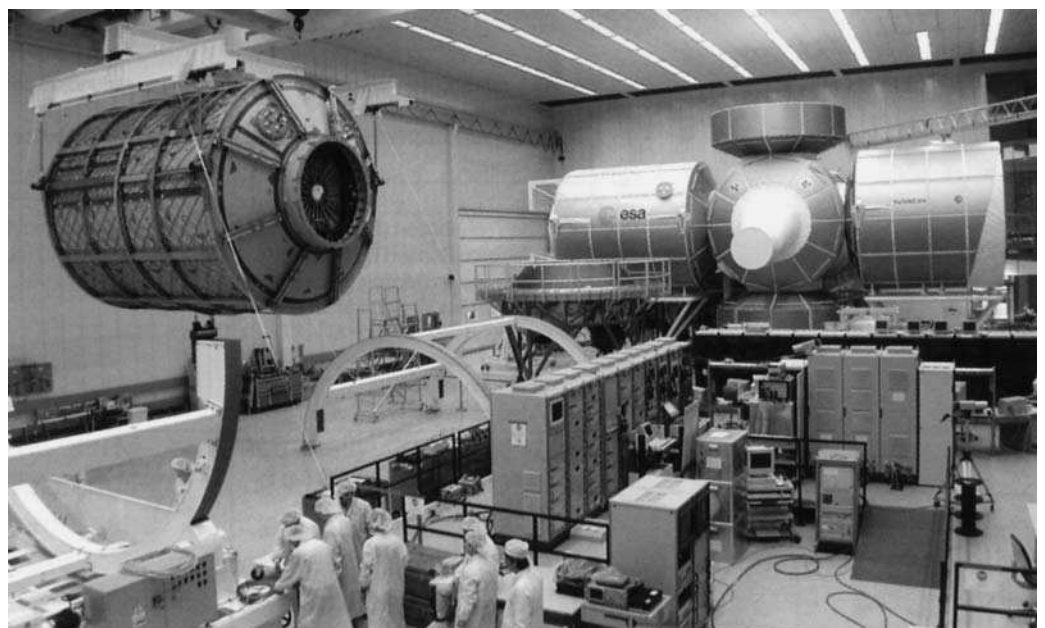
Het huidige ruimtestation

Het eerste ISS element, Zarya (Dageraad), werd op 20 november 1998 door een Russische Proton in de ruimte gebracht. Daarna werd eind 1998 de eerste verbindingmodule Unity met zes poorten aan Zarya gekoppeld en midden 2000 werd de Russische module Zvezda (Ster) aan ISS gekoppeld. In het Amerikaanse laboratorium Destiny (lancering in januari 2001) wordt al onderzoek verricht. De eerste drie permanente bewoners kwamen in november 2000 aan boord en op 5 december 2001 werd de vierde permanente bemanning naar ISS gebracht. Inmiddels hebben alweer zo'n 20 missies (waarvan

13 shuttlevluchten) plaatsgevonden om ISS op te bouwen. Tot 2005 wanneer ISS operationeel moet zijn, vinden nog zo'n 30 missies (voor het merendeel shuttlevluchten) plaats om ISS op te bouwen.

De Italiaanse MPLM (Multi Purpose Logistics Module) brengt begin juni 2002 instrumenten voor onderzoek naar het laboratorium Destiny, waaronder de Europese MSG (Microgravity Science Glovebox). De Nederlandse bijdrage aan de bouw van deze glovebox was groot want circa de helft van de kosten werd door Nederland betaald. De MPLM met een lengte van 6,5 meter kan 16 rekken met instrumenten met een gewicht

Columbus wordt bij Astrium te Bremen, op zijn plaats gebracht in de integratiehal. De ISS mock-up op de achtergrond bestaat uit Columbus en het Japanse Experiment Unit die beide aan de Node-2 zijn bevestigd. [ESA]



van 10 000 kilogram vervoeren. De exacte datums van de ISS missies kunnen worden gevonden op de websites van NASA en ESA.

Naast deze goede voortgang zijn er ook problemen gerezen met ISS. De kosten zijn (te) hoog opgelopen en de Amerikaanse regering wil die kostenverhoging van circa vijf miljard dollar voor tenminste de helft terugbrengen. Er zijn reeds drastische maatregelen voorgesteld, zoals minder shuttlemissies per jaar, voorlopig geen groei van de vaste bemanning, geen woonmodule en alternatieve reddingvoertuigen (voorlopig geen Amerikaanse/Europese Crew Rescue Vehicles). Op de NASA website zijn de rapporten over deze moeilijkheden te vinden.

De Europese deelname aan ISS

De activiteiten in Europa aan de ISS-elementen vorderen gestaag. De belangrijkste Europese bijdragen aan het ISS-programma zijn het Columbus laboratorium, het onbemande vrachtoertuig ATV (Automated Transfer Vehicle), delen van reddingvoertuigen en andere delen van ISS, waaronder koppelstukken. Verder vervaardigt ESA faciliteiten voor onderzoek (zoals de grote glovebox) die aan NASA worden geleverd en de robotarm ERA.

Het Columbus laboratorium bevindt zich nu bij Astrium in Bremen, waarbij systemen en apparatuur in het laboratorium worden gezet. De lancering is gepland voor oktober 2004. Het grote structuur testmodel van ATV bevindt zich nu bij ESTEC. Tijdens een persdag, op 9 april bij ESTEC, werd dit grote vaartuig getoond aan de internationale pers en alle Nederlandse TV-journalen maakten hiervan ruim melding. De eerste ATV-vlucht (met de fraaie naam Jules Verne) is gepland voor september 2004. Een ATV wordt met een Ariane-5 raket gelanceerd en vervolgens gekoppeld aan ISS. Na zijn functies te hebben verricht, wordt een ATV ontkoppeld en verbrandt bij terugkeer in de dampkring. Na een jaar wordt dan weer een ATV gelanceerd. Vooralsnog zijn er tenminste zeven ATV's gepland. Gezien de bovenvermelde Amerikaanse budgetmoeilijkheden met ISS



zijn de Europese werkzaamheden aan reddingvoertuigen tot het minimum beperkt. Eind 2002 verwacht men pas uitsluitsel te krijgen hoe NASA doorgaat met ISS. In elk geval gaan de missies voor de opbouw gewoon door. Op 5 april werd een space-shuttle gelanceerd met onder meer nieuwe grote balken aan boord, die na enige dagen via langdurige EVA activiteiten door vier astronauten (twee hiervan al opa volgens het Nederlandse jeugdjournaal) aan de bestaande ISS balken werden bevestigd.

Europese astronauten bezoeken ISS nu met zogenaamde taximissies. De astronauten gaan dan met een nieuw Russisch Soyuz-voertuig naar ISS en ze vertrekken na enkele dagen weer naar de aarde met een oude, reeds eerder aan ISS gekoppelde, Soyuz. De Soyuz, die circa een half jaar aan ISS blijft gekop-

Het Automated Transfer Vehicle test model is bij ESTEC te Noordwijk begonnen aan een elf maanden durend testprogramma. De eerste test in de Large European Acoustic Facility (LEAF) waarin de akoestische trillingen van de eerste drie minuten van de lancering werden gesimuleerd, werd met succes afgelegd. [ESA]

peld, dient als reddingvoertuig voor de vaste bemanning van ISS. In oktober 2001 ging de Franse astronoute Claudie Haigneré met de Soyuz TM-33 missie voor acht dagen naar ISS. De Italiaan Roberto Vittori ging eind april naar ISS en de Belg Frank de Winne volgt in november 2002.

Enkele bijzondere ISS missies

STS-111/UF-2 missie met de Microgravity Science Glovebox (MSG)

De MSG is het eerste Europese rek voor onderzoek dat hopelijk begin juni in het ISS Destiny laboratorium wordt geplaatst. Door-

De Microgravity Science Glovebox zoals die in de MPLM wordt geïntegreerd. [ESA]



dat ESA meerdere van dit type ISS-rekken en andere delen levert, kunnen Europese wetenschappers ISS benutten zonder dat er werkelijk geld wordt betaald. MSG is onder management van Astrium in Bremen gebouwd met een leeuwenaandeel van Nederland. De Nederlandse financiële bijdrage aan de kosten van dit rek (15 Meuro) bedroeg meer dan 45 %. De Nederlandse firma Bradford Engineering in Heerle ontwikkelde en bouwde het hart van de MSG, namelijk het zogenaamde werkvolume, de eigenlijke handschoendoos. De astronauten kunnen met de MSG via handschoenen veilig hun arbeid verrichten in de doos die hermetisch van de Destiny laboratoriumomgeving is afgesloten. Zodoende kunnen de behandelende materialen enerzijds zeer schoon worden verwerkt en anderzijds hebben de astronauten er ook geen last van. In dit werkvolume bevinden zich veel ingewikkelde systemen, variërend van geavanceerde luchtfilters tot elektronische regeleenheden. ATOS-Origin leverde een belangrijke bijdrage aan de besturing van MSG, waarbij diverse software gereedschappen werden vervaardigd. Ook bouwde Bradford het videosysteem voor MSG met camera's, opslagsystemen en regelingen. Hierdoor kunnen de astronauten videobeelden van hun verrichtingen ook naar de aarde zenden voor nadere analyse door wetenschappers en technologen. Het NIVR heeft een belangrijke financiële bijdrage geleverd bij de bouw van dit videosysteem. NASA heeft inmiddels ook belangstelling getoond om dit videosysteem elders in het ISS te benutten.

In deze MSG kan een grote verscheidenheid aan experimenten worden uitgevoerd op het gebied van materiaalkunde, vloeistoffysica, verbranding, biotechnologie, enzovoort. Ook kunnen instrumenten in deze grote glovebox worden gerepareerd, zoals ook al is gebeurd in de kleinere gloveboxen die Bradford eerder voor Spacelab heeft gebouwd. Amerikaanse wetenschappers hebben overigens in de afgelopen tien jaren in zulke gloveboxen van Bradford (ook aan boord van het Russische Mir ruimtestation, in het Middeck van spaceshuttles en in Spacelab) tientallen experimenten uitgevoerd. Voor 2002 zijn al vele experimenten gepland. Bijzonder is dat ook Europese experimenten eind 2002 in MSG

zullen worden uitgevoerd, omdat Europa (en vooral België) door hun ISS taximissie met Frank de Winne een zeker recht hebben gekregen om onderzoek in ISS te doen. Zodoende hebben vele Europese wetenschappers te kennen gegeven deze glovebox te willen benutten. Deze experimenten worden nu reeds bij ESTEC in het Erasmus gebouw, waar een MSG-model staat, voorbereid.

STS-107 met Biopack en Biobox.

Deze shuttlemissie, die overigens niet naar ISS gaat, is reeds jaren gepland om wetenschappers de gelegenheid te geven onderzoek te doen gedurende een zestiental dagen. In het spaceshuttlelaadruim bevindt zich het laboratorium Spacehab, waarin tientallen instrumenten zijn aangebracht waaronder de twee biologische faciliteiten Biobox en Biopack. De Biobox heeft al eerder gevlogen in Russische capsules en in Spacehab. De Nederlandse firma CCM levert hiervoor vele kleinere experimenteerunits. Zo maakt CCM voor Belgische wetenschappers complete onderzoeksinstrumenten. Bradford is de hoofdaannemer van de Biopack faciliteit, waaraan ook een Zwitserse firma en Fokker Space (nu Dutch Space) meewerkten. Biopack bestaat in principe uit twee grote eenheden, het zogenaamde BIF (Biopack Interface Frame) en de BEI (Biopack Experiment Insert). De BEI bevat een incubator met centrifuges en een koel- en vries gedeelte. Op de incubator bevinden zich tientallen kleinere experimenteerunits. Ook Nederlandse wetenschappers van onder meer de Vrije Universiteit Amsterdam en van de firma Bioclear benutten deze Biopack. Ook andere Nederlandse experimenten worden in STS-107 uitgevoerd. Zo wordt onderzoek aan bloed van astronauten uitgevoerd door onderzoekers van onder andere het AMC en worden experimenten uitgevoerd omtrent ruimteziekte. Deze missie is voor midden juli gepland.



Slot

In het ESTEC Erasmus gebouw wordt druk gewerkt aan de voorbereidingen voor het gebruik van ISS. In de grote hal staan, naast grote modellen van ISS, Zarya en Columbus, vele modellen van ISS-rekken. Ook bezoekers kunnen via het treintje, dat vanaf het Space Expo naar ESTEC rijdt, de fraaie hal bekijken. Bij ESTEC kan men dan ook de voortgang van het ISS-project, en de Europese bijdrage hieraan, goed volgen. Vanaf oktober 2002 wordt in het Omniversum in Den Haag een zeer fraaie IMAX-film over ISS gedraaid.

De "shirt-sleeve"-omgeving aan boord van het ISS is ideaal voor experimenteel werk. [ESA]

Eten in de ruimte: fast food, maar dan anders

Ir. M.O. van Pelt

Bemande ruimtevaart is enorm complex. Vrijwel alles aan boord moet zorgvuldig worden ontworpen en getest, en zelfs de meest elementaire, schijnbaar simpele zaken worden in de ruimte opeens ingewikkeld. Een voorbeeld daarvan is een dagelijkse bezigheid als eten.

Gelatine en knijptubes

De hoeveelheid en het soort voedsel dat het menselijk lichaam in de ruimte nodig heeft is niet veel anders dan wat iemand op aarde gewoonlijk eet: elke dag bepaalde hoeveelheden calcium, natrium, stikstof, vitamines, etc. en ongeveer 2700 calorieën aan energie. Net als op aarde is eten is niet alleen van lichamelijk belang maar heeft het ook een sterk psychologisch effect, omdat maaltijden als pauzes dienen tijdens de drukke werkdagen. De bemanningsleden van een ruimtestation of ruimteveer laten hun individuele werkzaamheden dan even liggen om gezamenlijk te eten. Een goede maaltijd is een geweldige oppepper voor de moraal tijdens langdurige ruimtemissies. De gewichtloosheid in een baan om de aarde betekent echter

dat de manier van eten en het soort maaltijd daar, nogal verschilt van wat wij hier gewend zijn.

Ten eerste betekent het gebrek aan zwaartekracht dat op een of andere manier voorkomen moet worden dat voedsel wegzweeft. Rondvliegende kruimels kunnen vast komen te zitten in apparatuur en daar storingen veroorzaken, of in de longen of ogen van astronauten terechtkomen. Vrij rondzwevende druppels vloeistof kunnen gemakkelijk kortsluitingen tot gevolg hebben. Daarom zijn niet-kruimelende tortilla's in de ruimte beter te gebruiken dan normaal brood en moeten limonades en soepen uit knijpverpakkingen met rietjes worden geconsumeerd. Kleverige sausen als mayonaise en ketchup zijn natuurlijk ideaal.

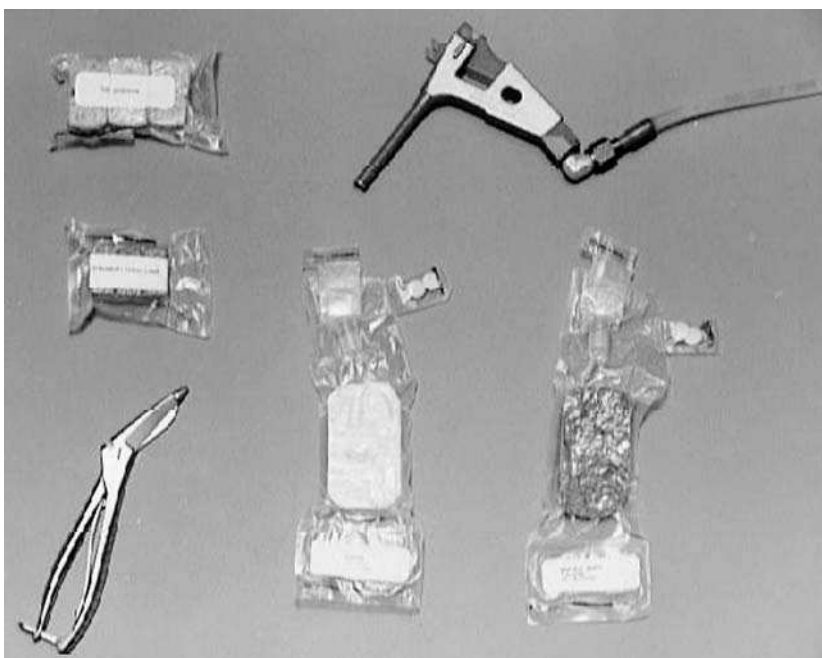


Het eten voor de Mercury missies bestond uit knijptubes en -zakjes met voedselpasta en hapklare brokken vast voedsel. Het zag er niet erg smakelijk uit. [NASA]

Eten voor Mercury missies.
[NASA]



Het eten aan boord van de Gemini capsules kon al worden ingespoten met water om gedroogd voedsel eetbaar te maken. [NASA]



Ten tweede moet het meeste astronautenvoedsel vacuüm worden verpakt en gedroogd, om gewicht en opslagruimte te besparen en om het zonder koeling te kunnen bewaren. Voor sommige voedsel is ook nog sterilisatie door middel van hitte nodig om bacteriën en schimmels te neutraliseren, waarna het in luchtdichte blikjes of plastic zakken moet worden verpakt. Water, een bijproduct van elektriciteit producerende brandstofcellen,

kan door middel van een waterinjector worden toegevoegd aan gedroogde groenten, fruit, eierpoeder en voorgekookte pasta om snel en gemakkelijk maaltijden te maken. Soep wordt bijvoorbeeld verkregen door heet water in een plastic zak met soepoeder te spuiten en de zak vervolgens goed te kneden. Daarna moet er een rietje in gestoken worden om de soep op te kunnen zuigen. Helaas kunnen niet alle dranken op deze manier worden bereid; gedroogd sinaasappelsap waaraan water wordt toegevoegd lost niet op, maar blijft als kleine deeltjes in het water zweven, en poeder gemaakt van normale melk levert slechts een onsmakelijke klontelige substantie op. Vruchtensappen zijn daarom synthetisch, als limonade, terwijl alleen magere melkpoeder geschikt is om melk van te maken. Veel normaal, droog voedsel is echter van nature al prima geschikt voor gebruik in de ruimte, zoals kleine crackers, noten en snoepjes.

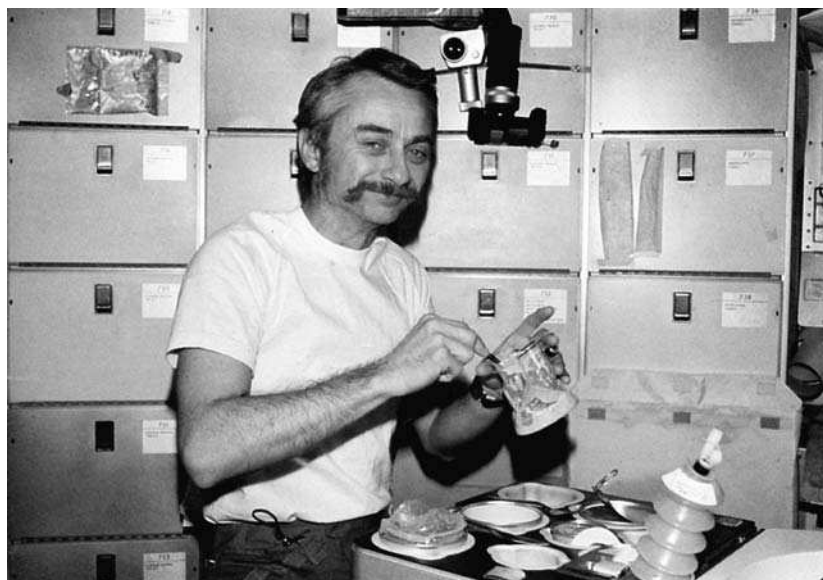
Smaakverandering

Niet alleen is het voedsel in de ruimte anders dan op aarde, ook de smaakbeleving verandert. Op aarde trekt de zwaartekracht aan de vloeistoffen in ons lichaam, zodat het

moeite kost om ook in het bovenlichaam voldoende bloed en water te behouden. In gewichtloosheid blijft het lichaam vloeistoffen omhoog stuwten, hoewel dat niet nodig is. Ze hopen zich in het hoofd op, veroorzaken pufferige gezichten en verstopen de neus. Omdat smaakzin niet alleen afhankelijk is van de mond maar ook van de neus, is de smaak van voedsel voor een astronaut in de ruimte minder sterk. Het is vergelijkbaar met smaakverlies door een verkoudheid. Dit effect is misschien niet zo belangrijk tijdens relatief korte vluchten, maar tijdens langdurige missies kan niet-smakend voedsel het humeur van de bemanning zeer negatief beïnvloeden. Astronauten die weken of maanden in de ruimte verblijven, verkiezen daarom pittig voedsel; peper en zout zijn essentieel voor een ruimtemaaltijd. Omdat de korrels hiervan niet op het voedsel blijven liggen maar als snel weg zouden zweven zijn vloeibare peper- en zoutsubstanties ontwikkeld, die aan het eten blijven kleven.

Bereiding en consumptie

In het International Space Station, ISS, zijn complete maaltijdpakketten beschikbaar voor het ontbijt, de lunch en het avondeten. Ze bevatten zakjes met gedroogd voedsel die met (warm) water ingespoten moeten worden



en blikjes die gemakkelijk in de kleine elektrische oven van het station kunnen worden opgewarmd. Een ISS of ruimteveer bemanningslid kan in ongeveer vijf minuten een complete maaltijd voor vier personen klaar maken. De verschillende bakjes met eten worden met Velcro klittenband of magneten op individuele dienbladen vastgemaakt en geserveerd. Iedere astronaut heeft zijn eigen dienblad dat met riempjes aan de benen kan worden bevestigd of aan een vast oppervlak wordt vastgemaakt; tafels en stoelen zijn overbodig.

Astronaut Owen Garriot lepelt eten uit een bakje aan boord van het Skylab ruimtestation. Dit soort voedsel moet kleverig en niet te vloeibaar zijn, zodat het in het bakje blijft en aan de lepel kleeft. [NASA]



In het NASA Skylab ruimtestation gebruiken de astronauten dit systeem, dat zowel zorgde voor het verwarmen van het voedsel als diende als serveerblad om van te eten. [NASA]



Zakjes gedroogd voedsel worden aan boord van de spaceshuttle en het ISS met warm water ingespoten om warme maaltijden te verkrijgen. [NASA]

Voor vast voedsel kunnen normale vorken en lepels worden gebruikt. Meestal is dit eten in smaakloze gelatine gedompeld zodat het aan het bestek blijft kleven. Astronauten moeten hierbij natuurlijk wel uitkijken dat ze geen plotselinge bewegingen maken waarbij voedsel zou kunnen worden weggeslingerd. Messen zijn niet nodig omdat al het voedsel in hapklare brokken wordt geseerveerd. Voor voedsel als crackers en nootjes is het veel gemakkelijker om ze simpelweg te laten zweven en met de mond uit de lucht te happen. Pinda's met de mond opvangen gaat in de ruimte veel gemakkelijker dan op

aarde. Soepen en andere vloeistoffen kunnen ook zwevend worden geconsumeerd. Ze nemen in gewichtsloosheid een bolvorm aan en kunnen dan gemakkelijk worden opgehaapt of opgeslurpt. Men moet daarbij natuurlijk wel oppassen dat er geen druppels ontspannen die gevoelige apparatuur kunnen verontreinigen.

Variatie

Wisselende menu's zijn belangrijk voor de biologische processen in het lichaam en ook om voor psychologische afwisseling te zorgen. Het ruimteveermenu omvat meer dan zeventig verschillende soorten voedsel en twintig dranken, zodat dezelfde maaltijden zich slechts om de zes dagen herhalen. Een typisch astronautenmenu op een bepaalde dag omvat bijvoorbeeld sinaasappelmorshade, perziken, roerei, worstjes, chocolademelk en zoete cake als ontbijt; champignonsoep, een hamkaas sandwich, gestoofde tomaat, bananen en koekjes voor de lunch; en garnalencocktail, biefstuk, gegratineerde broccoli, aardbeien, pudding en chocolademelk als avondeten. Er is geen koelkast of vriezer aan boord van het ruimteveer, maar er is wel een speciaal ontwikkeld 'ruimte-ijs', een zoete substantie die smaakt als ijs maar niet bevroren behoeft te worden. Kleine zak-



Het dienblad dat wordt gebruikt in de spaceshuttle en het ISS bestaat uit vakjes waarin standaardformaat bakjes met eten en blikjes vastgezet kunnen worden. Het blad zelf kan aan het been van een astronaut of aan een vast oppervlak worden bevestigd. [NASA]

jes met dit spul zijn populaire souvenirs die te koop zijn in ruimtemusea en bezoekerscentra.

Afval

Niemand hoeft de afwas te doen, aangezien al het eten in plastic is verpakt dat simpelweg wordt weggegooid. Het ruimteveer brengt het afval mee terug naar de aarde, voor het ISS kan ook een Progress vrachtoevoertuig ermee volgestopt worden zodat het met de capsule in de atmosfeer verbrandt. Voor relatief korte vluchten is dit veel efficiënter dan allerlei omslachtige wasprocedures die teveel tijd zouden kosten. Voor een bemande marsreis zal dit waarschijnlijk heel anders aangepakt moeten worden. De borden en het bestek zullen waarschijnlijk worden hergebruikt om gewicht aan boord te besparen. In een bemande maan- of marsbasis zouden de etensresten als bemesting voor planten kunnen dienen.

De toekomst

Hoe zal het astronautenmenu van de toekomst eruit zien? Zolang bemanningen in gewichtloosheid moeten eten, zal er waarschijnlijk niet veel veranderen aan de dagelijkse kost, maar astronauten aan boord van ronddraaiende ruimtestations of in planetaire bases zullen een normaler dieet kunnen volgen. Zij zouden zelf planten kunnen laten groeien aan boord van hun basis of ruimteschip, zodat ze niet meer zo afhankelijk van voorverpakt voedsel van de aarde zouden zijn. Ook kan zo meer vers voedsel op het menu verschijnen. Vlees zal in de ruimte waarschijnlijk altijd een luxe blijven, omdat het veel efficiënter is planten direct zelf te consumeren dan ze eerst door dieren te laten opeten waarvan daarna slechts gedeelten als voedsel kunnen dienen. De uitgebalanceerde diëten van de huidige astronauten, speciaal bedoeld om spieren en botten in gewichtloosheid zoveel mogelijk in conditie te houden, zouden niet meer nodig zijn. Zwaartekracht, echt of kunstmatig opgewekt, zou ook betekenen dat er echt gekookt kan worden. Het menu van een astronaut zou dan niet veel meer verschillen van dat van een persoon op aarde.



Soepen en limonades worden aan boord van de spaceshuttle en het ISS uit knijpzakjes met een rietje opgedronken, zodat er geen druppels kunnen ontsnappen. [NASA]

Of alcohol ooit in gewichtloosheid gedronken zal mogen worden, valt echter te bezien. De effecten ervan op het menselijk lichaam in gewichtloosheid zijn niet bekend. Teveel alcohol en katers zullen in ieder geval zeker niet helpen om ruimteziekte en oriëntatieproblemen in gewichtloosheid te voorkomen. Dronken astronauten zouden ook gemakkelijk gevaarlijke situaties kunnen veroorzaken en braken in gewichtloosheid is trouwens ook bepaald niet aan te bevelen. Studenten van de faculteit voor lucht- en ruimtevaarttechniek van de technische universiteit van Delft hebben echter alvast een biertap ontwikkeld die in gewichtloosheid kan worden gebruikt. Het apparaat is zelfs getest tijdens een door ESA georganiseerde paraboolvlucht campagne voor studenten.

Astronaut James Voss jongleert met een paar appels in het ISS. [NASA]





Expedition Two commandant Yuri Usachev sorteert voedselpakketjes in het woongedeelte van het ISS, dat is uitgerust met een uitklapbare tafel. [NASA]

Voedselpillen

Waar toekomstig ruimtevoedsel in ieder geval niet op zal lijken zijn de alles bevattende pillen die ons in de jaren zestig werden beloofd. In die tijd zochten wetenschappers naar voedingssubstituten waarmee astronauten tijdens langdurige missies gevoed zouden kunnen worden. Het onderzoek resulteerde in een reeks onsmakelijke oplossingen als hapgrote blokjes geconcentreerd voedsel in gelatine en een soort babypuree die uit een tube kon worden geknepen. Het voedsel zou niet alleen in de ruimte gebruikt gaan worden, maar moest ook op aarde een revolutie gaan veroorzaken. De resultaten werden echter niet met open armen ontvangen; niet door de astronauten en ook niet door het grote publiek op aarde. “De gourmets nachtmerrie van de verre toekomst” noemde de Wall Street Journal het in 1966, terwijl een andere krantenkop concludeerde “ruimtevoedsel is afschrikwekkend en het kost veel”. Astronaut John Young was het daarmee eens en smokkelde daarom een corned-beef sandwich aan boord van de Gemini 3 voor zijn collega Virgil Grissom waarmee hij in 1965 een vijfjarige missie moest volbrengen. De NASA doktoren en vluchtplanners waren geschokt, hetgeen resulteerde in een officieel onderzoek van het Amerikaanse congres en de eerste officiële astronautenreprimande ooit. De situatie is sindsdien sterk verbeterd. Niemand gelooft nog in magische voedingspillen en het voedsel aan boord van het ruimteveer en het ISS is waarschijnlijk het beste en meest smakelijke

dat bereikt kan worden voor een maaltijd in gewichtloosheid.

Spin-off

Hoewel de voedselpillen ons gelukkig bespaard zijn gebleven, heeft de ontwikkeling van astronautenvoedsel wel veel kennis en ervaring opgeleverd voor het samenstellen van speciale diëten voor medische patiënten. Verder zijn poedervormige instant maaltijden en dranken nu overal in supermarkten te vinden en zijn allerlei verpakkingsmethoden en handige open- en sluitsystemen, die zijn ontwikkeld voor de ruimtevaart, gemeengoed geworden. Kort geleden zijn er zelfs knijpzakjes yoghurt met een rietje op de markt gebracht, handig voor onderweg. Daarnaast wordt ruimtevaart nog wel eens gebruikt om producten te promoten. In de jaren zestig werd het drankje ‘Tang’ enorm populair omdat deze limonade ook door astronauten in de ruimte werd gedronken. Het spul werd in zakjes met rietjes verkocht, zodat kinderen het op dezelfde manier konden drinken als hun helden in de ruimte. Na de jaren zestig is het drankje flink in populariteit gedaald, maar John Glenn vond het schijnbaar erg lekker en wou het graag aan boord hebben voor zijn vlucht met de space shuttle in 1998. De pizzaketten Pizza Hut ontwikkelde onlangs zelfs een echte vacuümverpakte ruimtepizza die door kosmonauten in het ISS voor de camera werd verorberd. De opname werd in Amerika als reclamefilmpje op de televisie gebracht.

Conclusie

Zoals met alles in de ruimtevaart wordt ook aan astronautenvoedsel speciale, zeer strenge eisen gesteld. De ontwikkeling van eten dat bruikbaar is aan boord van ruimtevoertuigen en –stations was en is een uitdaging. Het heeft inmiddels veel fundamentele (medische) en direct toepasbare (verpakkings-technologie) kennis opgeleverd. Naarmate de mens langere en verdere ruimtevluchten gaat maken, zullen ook nieuwe manieren worden uitgedacht om voedsel te maken, te verpakken en te bereiden die ongetwijfeld ook op aarde hun toepassingen zullen vinden.