



# LEVEN IN DE RUIMTE

Technisch mogelijk, maar....

Er zijn nog heel wat biomedische problemen rond langdurig verblijf in de ruimte. Naast observatie van onszelf, zijn ook dierproeven heel leerzaam. Hier drie van de vijf ratten in de Russische biokunstmaan Kosmos.

Chr. Titulaer  
Houten

De ruimte is ons wezensvreemd. Er is geen lucht om te ademen, geen luchtdruk om te verhinderen dat we exploderen, het is er afgrijselijk koud of kokend heet, er is geen onder of boven en we missen er ons vertrouwde gewicht. Dat zijn de dingen die ons meteen opvallen.

Maar mens en dier worden ook door onzichtbare factoren bedreigd, factoren die zwaar gaan meetellen nu we langdurig in de ruimte willen gaan verblijven en werken. Ruimtebiologen en -medici zoeken momenteel uit wat we kunnen doen tegen problemen als ruimteziekte, ont-

kalking, spierafbraak en stralingen. En dan is er nog de psychologie. Want mensen onder zware belasting langdurig samen in een kleine ruimte stoppen, dat is vragen om brokken.

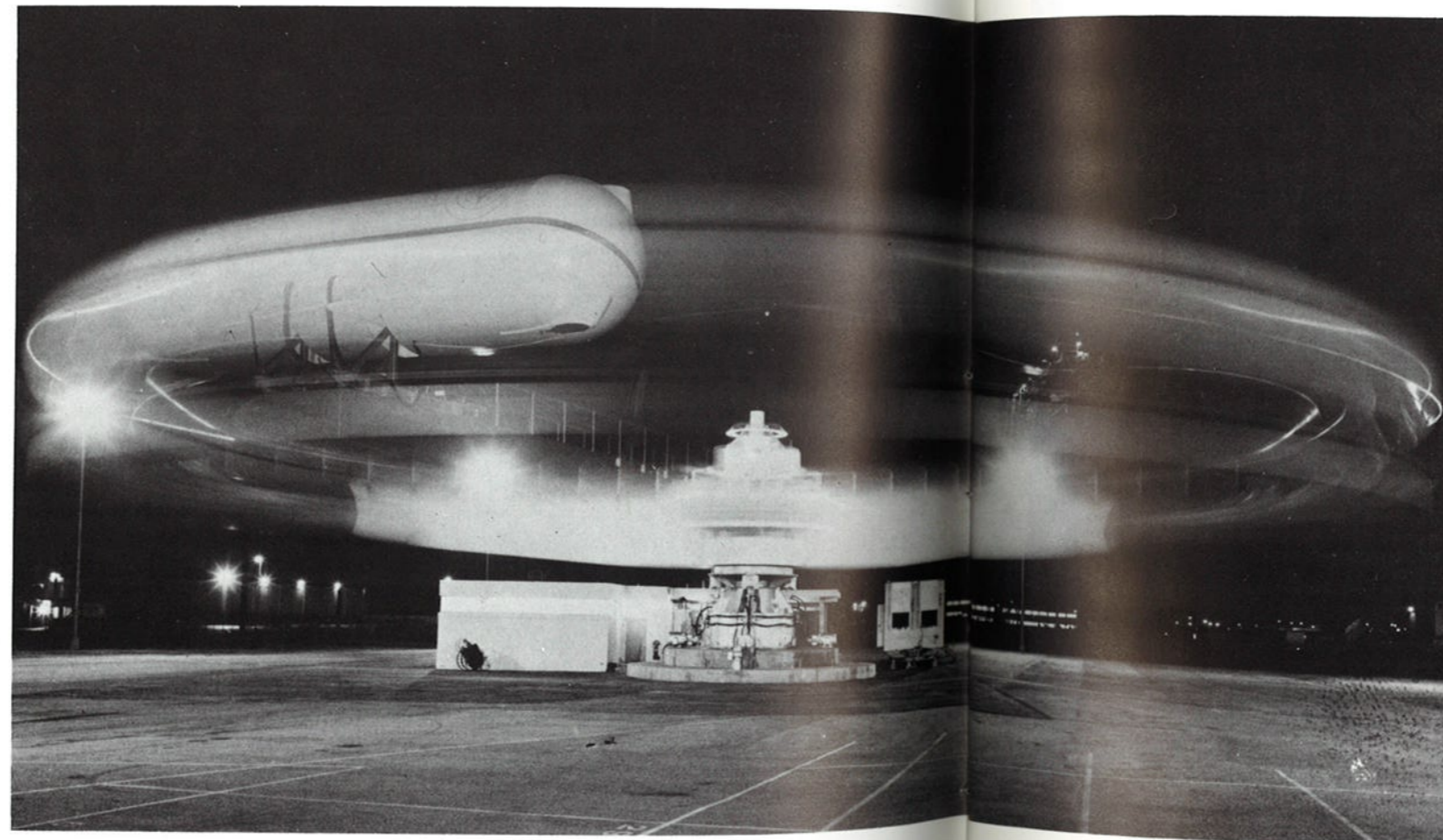
### Aanpassing aan nul-g

Een van de grote problemen in de ruimtevaart is de adaptatie aan de gewichtloosheid. Op vele vluchten zijn Amerikanen en Russen ziek geworden. De essentie van de ruimteziekte is even weinig begrepen als die van de verwante zeeziekte of wagenziekte. Dank zij de langdurige vluchten is wel duidelijk geworden dat de mens na ongeveer 40 dagen is gewend aan de onnatuurlijke nul-g situatie. Na die 40 dagen heeft geen enkele ruimtevaarder meer last van ruimteziekte, maar andere bijwerkingen zijn dan nog niet verdwenen.

Bij ruimtevaarders treedt tijdens de vlucht een kalkverlies in de botten op. Dat kalkverlies wordt slechts ten dele gecompenseerd door calcium toe te voegen aan bijvoorbeeld fruitsap.

Gelukkig trekt dat na de landing weer bij. Artsen speculeren erop dat een verblijf van 1 à 2 jaar in de ruimte wel zou betekenen dat het kalkverlies tot stilstand wordt gebracht. Ze baseren zich hierbij op de ervaringen met bedruststudies: het op bed blijven liggen is enigszins vergelijkbaar met de gewichtloosheid, althans wat de reacties van het lichaam betreft.

Het Amerikaanse ruimtevaartbureau NASA heeft besloten om aan de bemanningen van de zevende en achtste Space Shuttle-vlucht (STS-7 en STS-8) een arts als extra bemanningslid toe te voegen. Voor STS-7 is dat dr. Norman E. Thagard en voor STS-8 dr. William E. Thornton. Hoofdtak van de twee artsen is het bestuderen van de aanpassing aan nul-g en met name het kijken naar de verschillende uitingen en oorzaken van ruimteziekte.



474

### Biomedisch onderzoek

Zowel Russen als Amerikanen hebben vanaf de eerste bemande ruimtevlucht uitvoerig biomedisch onderzoek gedaan. In wezen zijn er, vóór de bemande vluchten, al dieren in de ruimte geschoten om als levend proefkonijn de bemande vluchten voor te bereiden. Het Russische onderzoek wordt uitgevoerd door het Instituut voor Biomedische Problemen in Moskou. Het is heel typerend dat de directeur van dit instituut de stoffelijke resten van de ruimtehond Bella in zijn kamer heeft opgesteld.

Het Amerikaanse onderzoek is meer versnipperd: een belangrijk deel is geconcentreerd in het Johnson Space Center, het centrum voor de bemande ruimtevaart van de NASA in Houston. Veel biomedisch onderzoek vindt

ook plaats op verscheidene afdelingen van de Amerikaanse luchtmacht. Het biomedische onderzoekprogramma is opgezet om de fysiologische en psychologische problemen, die zich voordoen bij bemande ruimtevluchten te onderzoeken. Er wordt niet alleen gekeken naar het soort problemen, maar ook naar de oorzaak en naar de manier om dat probleem bij de volgende vluchten te voorkomen.

De Amerikanen hebben na 20 jaar onderzoek geconcludeerd dat twee zaken de bemande ruimtevluchten in biomedisch opzicht uniek maken. De ene is de gewichtloosheid, de andere een specifieke vorm van straling, de kosmische straling. De nadruk ligt tegenwoordig op de ruimteziekte, die bij de lijndienst die de Space Shuttle in de komende jaren gaat onderhouden, van dominerende betekenis is.



Links: Al in 1970 startte de NASA in deze grote centrifuge (de grootste ter wereld) met gravitatie-onderzoek voor de toekomstige ruimtestations. Men wil daar immers de centrifugale kracht als vervangende zwaartekracht gebruiken door het station te laten roteren.

Boven: De eerste maanreizigers gaan in speciale isolatiepakken de quarantaine-container in, ter voorkoming van een mogelijke epidemie van maanmicroben. Dit aspect van het biomedisch onderzoek is intussen afgesloten.

Natuur en Techniek, 51, 7 (1983) - Cat. nr. 83071 - SISO 659.47, 659.85

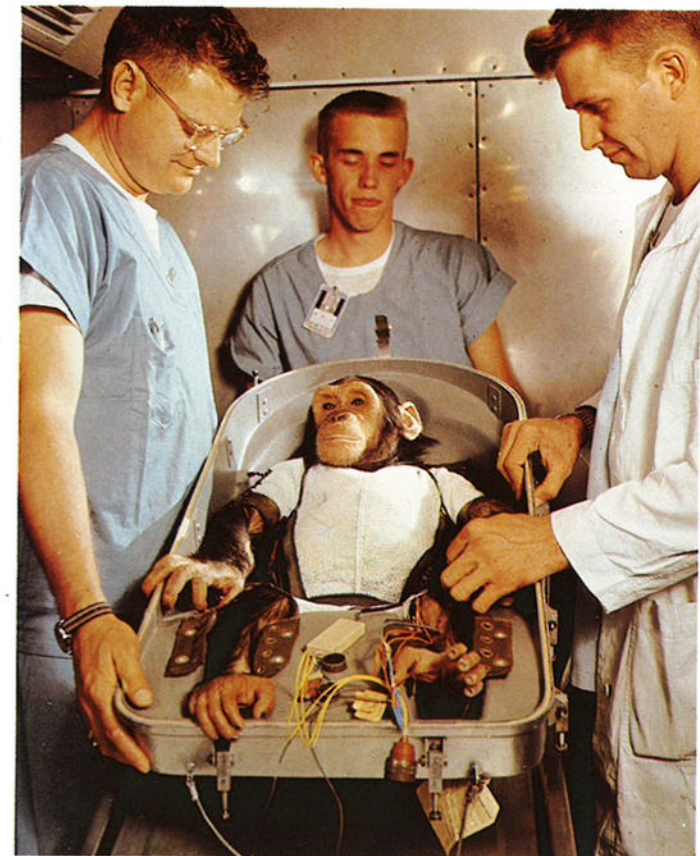
475

### Ruimteziekte

Symptomen van misselijkheid en desoriëntatie, als gevolg van ruimteziekte, beginnen zich meestal te manifesteren als ruimtereizigers in een toestand van gewichtloosheid bewegingen gaan maken. De symptomen duren drie tot zeven dagen. De meest gangbare verklaring voor dit fenomeen is dat het centrale zenuwstelsel onbekende of onverwachte combinaties van signalen ontvangt. Een aantal organen in ons lichaam voelt de richting waarin de zwaartekracht werkt. In een rijdende auto, een boot of een vliegtuig kunnen bewegingskrachten de juiste werking van die organen al verstoren. Bij zeeziekte, wagenziekte en luchtziekte zijn het die extra krachten die de zwaartekracht als het ware laten afwijken. Bij de ruimteziekte is het juist de afwezigheid van de zwaartekracht die het probleem veroorzaakt. Het is duidelijk geworden dat bij een langdurig verblijf in de ruimte de ruimteziekte echter geen rol van betekenis meer speelt.

### Bloedsomloop

De zwaartekracht op aarde speelt ook een rol bij de verdeling van het bloed in het lichaam. Als deze zwaartekracht wegvalt heeft het bloed meer de neiging om naar boven in



Links: Beweging is essentieel om in de ruimte in conditie te blijven. Hier zien we een astronaut oefenen in een simulator voor Skylab op een 'home-trainer'.

Linksonder: De eerste Shuttle-bemanning, Young en Crippen, bij het aankleden. De pakken moeten nu veel langer gedragen kunnen worden dan bij de vroegere missies.

Rechts: De eerste Amerikaan in de ruimte was een aap. Hier zien we de chimpansee Ham, in de 'wieg' waarmee hij in 1961, tijdens het Mercury-project, gelanceerd werd en ook weer veilig beneden kwam.

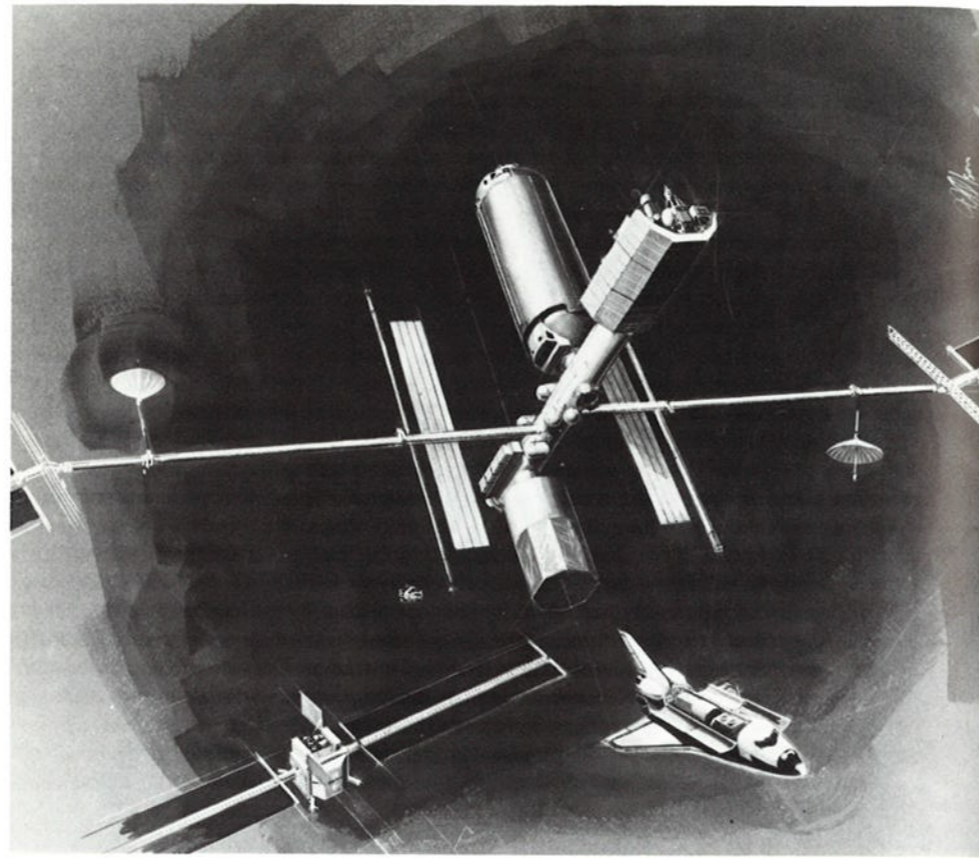
het lichaam te gaan, waardoor de bloedvaten in het hoofd en in de hals gaan opzwellen. In eerste instantie betekent dit ook vaak dat het hart meer bloed moet verwerken. Grappig genoeg heeft het hart wat moeite met op zijn plaats te blijven zitten. Aangezien de zwaartekracht is weggefallen heeft het hart de neiging om naar boven te 'drijven'.

De Franse kosmonaut Jean-Loup Chrétien, die een vlucht in een Russische Sojoez-capsule maakte, had door dit effect moeite om een sensor op zijn hart te plaatsen: hij zocht zijn eigen hart systematisch te laag. Als gevolg van het verlies aan bloedvolume (dat op iedere vlucht wordt geconstateerd) neemt de grootte van het hart tijdelijk af. Terug op aarde werkt het proces in omgekeerde richting: het bloed zakt weer in de benen en het hart gaat sneller kloppen om de grotere bloedstroom opnieuw te kunnen verwerken.

### Kalkverlies

Enkele artsen die zich bezighouden met biomedisch onderzoek maken zich ernstig zorgen over de problemen van het kalkverlies. De teruggang in de hoeveelheid calcium in de beenderen is het grootst in de botten die gewicht te dragen hebben. Er zijn percentages gemeten van 7,9 procent verlies aan totale mineraalinhoud. Niet alleen de hoeveelheid calcium, maar ook stikstof, fosfaat en natrium lopen terug. Na 6 maanden gewichtloosheid is de hoeveelheid calcium in het menselijk lichaam teruggelopen met 3 procent.

Het is niet bekend of dit verlies bij heel langdurige vluchten zal stoppen of dat het steeds verder gaat. Tot nu toe heeft de situatie zich na een vlucht steeds kunnen herstellen maar het is ook mogelijk dat er een punt komt waarbij de oude situatie niet meer helemaal terugkeert.

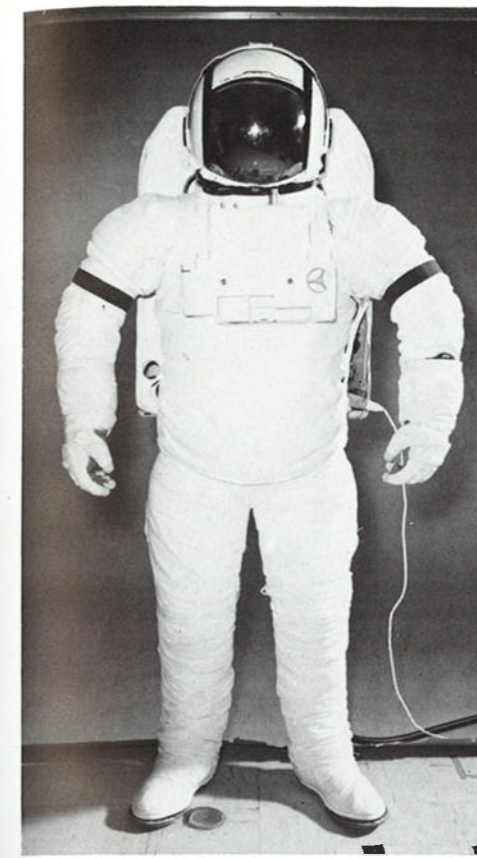


Een ernstig kalkverlies kan de vorming van nierstenen bevorderen en de beenderen worden breekbaarder als het kalkgehalte lager is.

#### Spielen

In de ruimte worden spieren snel kleiner omdat het afbraakproces van het spierweefsel sneller verloopt dan op aarde en het opbouwproces van nieuw spierweefsel trager. Dit probleem kan voor een belangrijk deel worden opgelost met behulp van oefeningen tijdens de vlucht. In het Amerikaanse Skylab, en in de Russische Saljoets, zijn dan ook instrumenten aanwezig om de ruimtevaarders in staat te stellen hun spieren te gebruiken. Als er geen of weinig beweging wordt genoten kan de teruggang in het spiervolume tot 25 procent bedragen. Als er wel een mogelijkheid is om te oefenen blijft het verlies beperkt tot 8 procent.

478

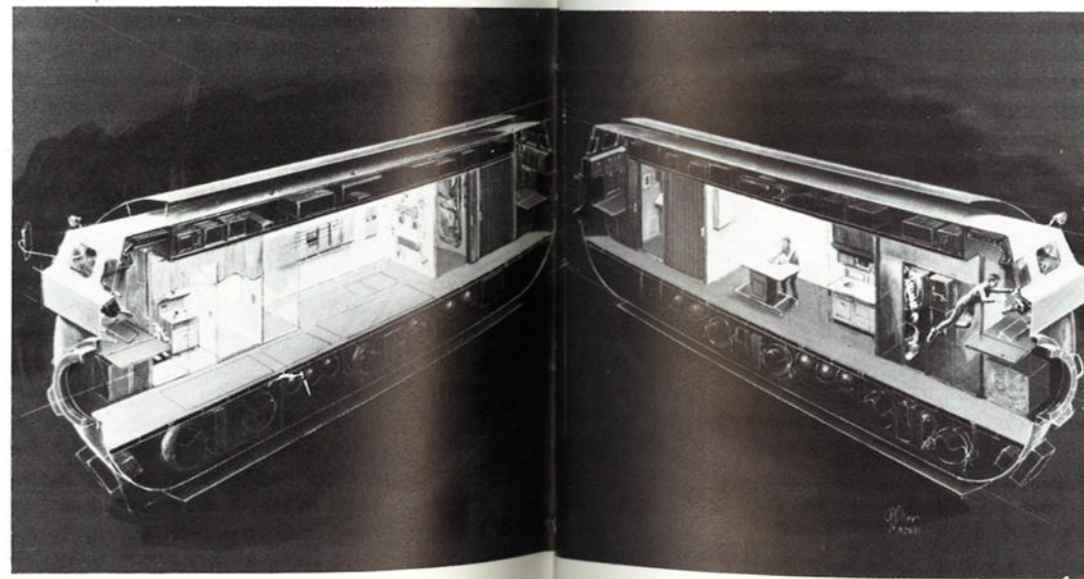


Geheel links en linksonder: Een eenvoudig ruimtestation zou met een drietal Shuttle-vluchten te bouwen zijn. Het zou bestaan uit: twee reuze-zonnepanelen (nog net te zien links en rechts op de tekening), een dienstmodule (bovenaan, verticaal) een voorraadmodule (onderaan) en leefruimte (midden). Het station zou kunnen dienen voor het onderhoud en het 'oogsten' van satellieten die materialen produceren onder gewichtloze omstandigheden. Een dergelijke satelliet zweeft onderaan de tekening. In de doorsneden leefmodule voor vier man zien we v.l.n.r.: linkerhelft: commandoruimte, badkamer, kleedkamer, woonkamer, twee slaapkamertjes (men slaapt verticaal tegen de wand) en het observatiedek; rechterhelft: rest van het observatiedek, weer twee slaaphutten, woonkamer met kookhoek, kamer met ruimtepakken, commandoruimte. Boven- en onderaan is nog voorraad- en opslagruimte.

Links: Voor de Space Shuttle en de latere ruimtestations is een nieuw pak ontwikkeld, de EMU (Extravehicular Mobility Unit), waarvan we hier een testmodel zien. Het pak moet berekend zijn op een lang verblijf in de ruimte waar bovendien gewerkt moet worden. Dat betekent soepeler gewrichten, eenvoudiger onderhoud, betere temperatuurbeheersing, snellere aantrektijd (vroeger 1 uur, nu tien minuten), lunchpakket aan boord, enz.

#### Stralingsgevaar

Ander biomedisch onderzoek richt zich op veranderingen in het bloed, de vloeistofbalans van het lichaam en het stralingsgevaar. Bij stralingsgevaar baren met name de hoog-energetische deeltjes uit de kosmische straling zorgen. In de populaire literatuur wordt er wel eens aan dit probleem gerefereerd. Bekend zijn de meldingen over de 'lichtflitsen' die de bemanning van Apollo 11 heeft waargenomen. De astronauten zagen die lichtflitsen een of twee keer per minuut in perioden dat het donker was in de capsule. Waarschijnlijk werd het centrale zenuwstelsel getroffen door deeltjes uit de kosmische straling. Bij de Apollo's 16 en 17 is nagegaan of dit effect gevaarlijk is voor het weefsel en voor de chromosomen. Vooral op langdurige vluchten zou kosmische straling echt gevaarlijk kunnen worden.



Natuur en Techniek, 51, 7 (1983)

479

### Noodsituatie

Bemande ruimtevluchten hebben zich tot nu toe afgespeeld in een baan om de aarde en op de maan. In echte noodgevallen, zoals bij de Apollo 13, zouden de ruimtevaarders althans binnen enkele dagen terug kunnen zijn op aarde. Helaas kunnen een paar dagen te lang duren als zich een acuut probleem voordoet. De tactiek is dan ook om in de eerste plaats zo weinig mogelijk risico te nemen. Dat is de reden dat alleen kerngezonde mensen op dit moment een ruimtevlucht mogen maken. Als zich echter een noodgeval voordoet, bijvoorbeeld hevige kiespijn, zullen de andere bemanningsleden adequaat moeten kunnen reageren. Astronauten en kosmonauten krijgen daarom een uitgebreide EHBO-opleiding; ze hebben veel medicijnen en zelfs allerlei medisch gereedschap bij zich.

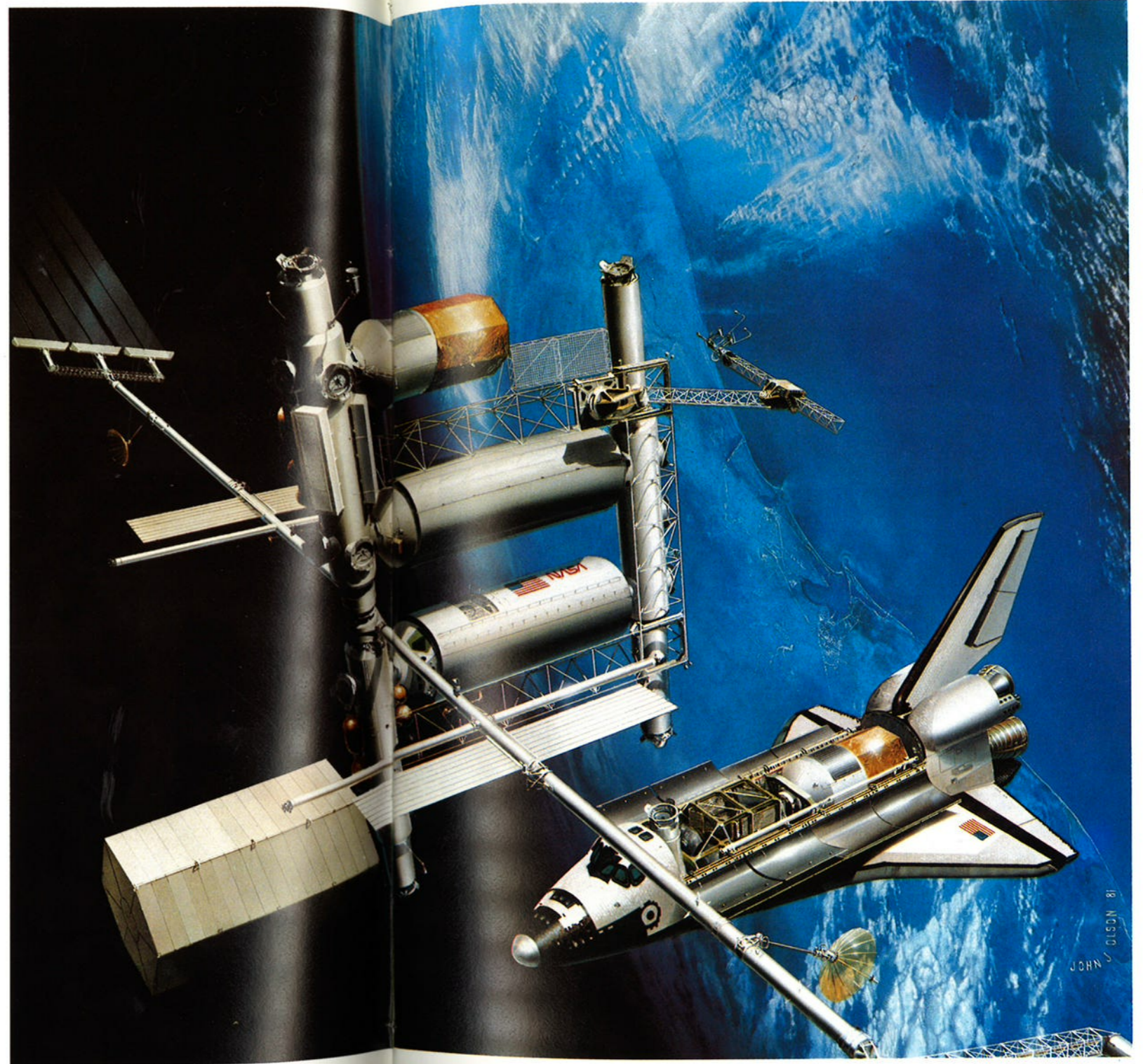
Als er een kies getrokken moet worden kan dat, hoewel er in eerste instantie een spuitje tegen de pijn gegeven zal worden. Om problemen met ziektes te voorkomen worden de Amerikanen gedurende een week voor de lancering afgezonderd op Cape Canaveral, zodat de kans op een infectie net voor de vlucht zo klein mogelijk is. De Russen zijn in dit opzicht veel minder precies, ze omhelzen hun kameraden op het lanceerplatform.

In de komende jaren zal de ruimte vrijwel permanent worden bewoond. De Russen zijn met hun Saljoets ruimtestations gaan bouwen die geschikt zijn om steeds drie tot zes personen te herbergen. De noodzaak om medische problemen op te lossen wordt groter naarmate de vluchten langer gaan duren.

### Stress-situaties

Tot nu toe spraken we over puur medische problemen, de psychologische problemen kunnen echter veel groter zijn. Er zijn diverse gevallen van burgerlijke ongehoorzaamheid in de ruimtevaart bekend. Astronauten en kosmonauten, die bezig zijn met een langdurige vlucht staan psychisch onder zware druk. Het

Rechts: Een verder stadium van het NASA-ruimtestation, nu met twee woonmodules, een 'garage' voor ruimte-  
tuigen (links), een dok voor afmeren of bouwen van ruimte-  
tuigen (de ronde buis rechts) met aan de bovenkant een  
kraan. De ploegen zouden drie maand aan boord blijven.



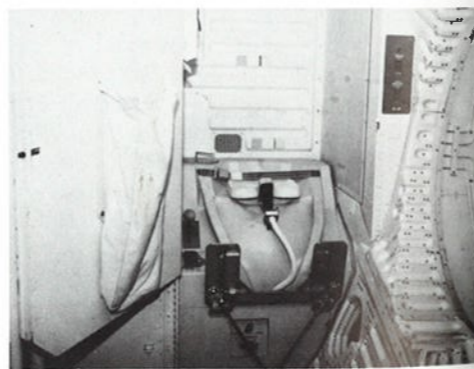
valt niet mee om gedurende vele weken in een zeer kleine ruimte het gezelschap van slechts een of twee personen te delen. Uit laboratoriumonderzoek, bij veldstudies en uit de documentaties van werkelijke situaties is gebleken dat een uitzonderlijke omgeving een negatieve invloed heeft op de menselijke prestaties.

De afwezigheid van zwaartekracht is een van de factoren die de ruimte tot een uitzonderlijke omgeving maken. Van veel belang zijn echter ook de factoren als isolement, verstoring van het bioritme, dreigend gevaar en allerlei vormen van ongemak. Er is in de capsule zeker een gebrek aan privacy. Om die reden hadden de Amerikanen dan ook kleinere afgeschotte 'slaapkamertjes' gemaakt voor elk van de bemanningsleden op de Skylab-vluchten. In de Space Shuttle zijn er ook weer slaapkamers, maar die moeten om beurten worden gebruikt.

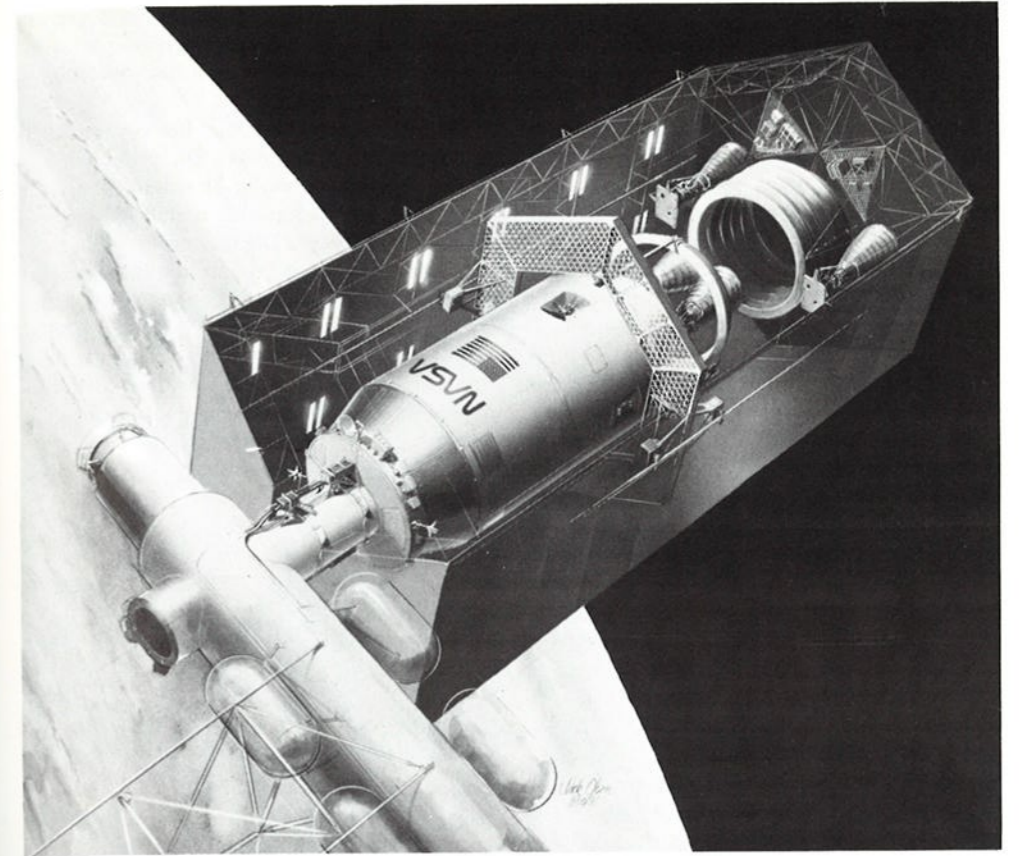
Een toilet is in de eerste jaren van de bemande ruimtevaart niet aan boord geweest; pas in Skylab en ook in de Space Shuttle is er wel een 'echte' WC. De Russen hebben in de Saljoet voor het eerst een WC geïntroduceerd. Zij hebben in hun Saljoet ook een douche. Een douche hadden de Amerikanen wel in Skylab, maar in de Shuttle ontbreekt die. Het argument is dat de Shuttle-vluchten nu een week en later hooguit 4 weken zullen duren; dat kan net zonder douche.



Foto's boven: Leven in de ruimte is geen lolletje. De bemanning van Saljoet-6 vond de bezoekers van Sojoez-26 en 27 dan ook een welkome afleiding. Pas sinds kort krijgen de astronauten en kosmonauten wat broodnodige luxe zoals aparte slaaphokjes ('verticaal', dat neemt minder plaats in) en een echt toilet in plaats van luiers.



Rechtsboven: De 'garage' van pag. 480, met de ruimte-sleepboot FOTV (Future Orbital Transfer Vehicle). De sleepboot brengt door de Space Shuttle aangevoerde satellieten naar een geostationaire baan. Daar de Shuttle meerdere satellieten tegelijk kan vervoeren kan de sleepboot een onafhankelijk vluchtschema aanhouden.



#### Privacy

De privacy die ieder mens na enige tijd zoekt is in de enge ruimte moeilijk te realiseren. Het is in principe wel mogelijk om een astronaut een privé telefoongesprek met zijn gezin te laten voeren, maar in de praktijk kunnen zijn medereizigers meeluisteren (en als Mission Control dat wil de hele wereld). Het is de Amerikaanse astronauten mateloos gaan irriteren dat de media steeds bekend maakten dat (bijvoorbeeld) een astronaut had overgegeven of dat de hele wereld hun hartslag kon volgen als ze voor een moeilijk moment als een maanlanding stonden. NASA heeft begin 1983 nieuwe richtlijnen uitgegeven. De commandant beslist nu of er mededelingen over de gezondheid van de ruimtevaarders worden gedaan of niet. Hij is alleen verplicht Houston te informeren als het verloop van de vlucht gevaar loopt.

De astronauten kunnen nu weer hun kleine problemen binnen de hermetisch gesloten wanden van de Shuttle houden. Die kleine problemen veroorzaken overigens vaak de grote irritatie. Als een astronaut moet overgeven of als een urineleiding gaat lekken wordt de stank in de afgesloten ruimte ondraaglijk. Het openzetten van een raampje is er natuurlijk niet bij. Tijdens het Skylab-project zijn de spanningen zo hoog opgelopen dat de astronauten met hun vuisten op de wanden gingen beuken om af te reageren.

#### Ruimtestation

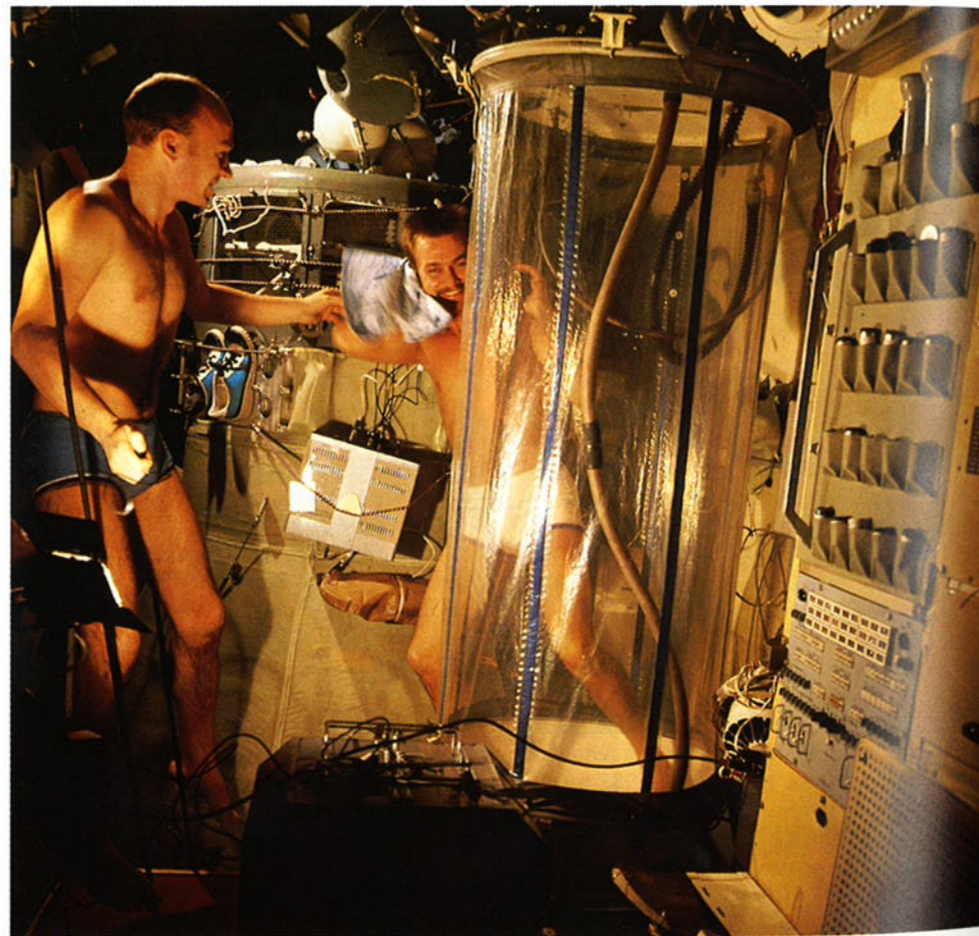
Rond het jaar 2000 zullen er zeker ruimtestations voor twaalf en meer personen worden gebouwd. De risico's voor het optreden van stress-situaties worden groter naarmate het aantal personen in de capsule groter is.

Skylab-commandant Gerald Carr voorspelde dat de sociologische problemen van het wonen in de ruimte moeilijker oplosbaar zijn dan de technologische. De ervaringen met wetenschappelijke expedities en bemanningen van duikboten wijzen uit dat groepen van meer dan drie personen, die langer dan twee weken bij elkaar blijven in een beperkte ruimte (slaande) ruzie krijgen.

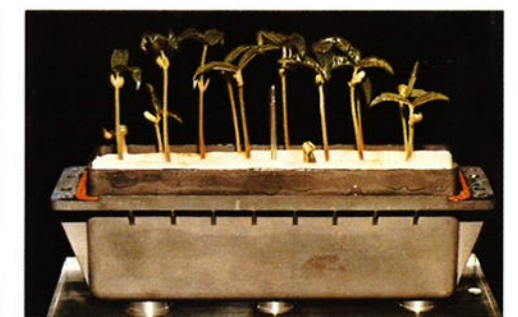
Als er permanent bemande ruimtestations worden gerealiseerd zullen dat leefgemeenschappen op zichzelf worden. Het is noodzakelijk dat er zoveel mogelijk teruggewonnen wordt om te voorkomen dat er voortdurend kostbare transporten vanaf de aarde naar het ruimtestation nodig zijn. Zowel de Russen als de Amerikanen ontwikkelden al systemen om

uit urine weer drinkwater te winnen. Op korte termijn is het drinkwater overigens geen probleem, omdat water een van de bijproducten van de brandstofcellen is.

Het is wat moeilijker met het voedsel: daar is dit niet goed mogelijk. Dit probleem kan worden opgelost door in de ruimte voedsel te gaan verbouwen. Op zich is dat al geen toekomstdroom meer. De Russen verbouwen in hun Saljoet 7 al een groentetuintje dat OAZIS heet. Uit dit tuintje halen ze dan kleine uien, tuinkruiden en zelfs komkommers. Een voordeel van deze opzet is dat de kosmonauten vers voedsel krijgen en dus niet meer alle voedsel vanaf de aarde gebracht hoeft te worden. In dat opzicht zijn de Russen de Amerikanen altijd voor geweest.



484



Links: Een douche aan boord is niet alleen bevorderlijk voor de lichaamshygiëne, maar ook voor de sfeer.

Boven en geheel boven: Hoewel pogingen gedaan worden om het eten voor de ruimte reizigers zo gevarieerd mogelijk te maken, blijft het er toch uitzien als voorverpakt standaardvoer. Vooral bij de Amerikanen is dat het geval, te meer daar hun eetcultuur toch al die richting uitgaat. Militairen, zeelui en leden van Himalaya-expedities weten maar al te goed hoe belangrijk een goede keuken is voor het moreel.

Rechtsboven: Het voedselprobleem is gedeeltelijk op te lossen door het kweken van groente aan boord. Hier zien we een van de zes groeibakjes van de Shuttle.

De Russen krijgen bij wijze van spreken brood dat dezelfde dag uit de oven is gekomen. Ze nemen vers brood mee als ze de aarde verlaten en ze krijgen met de onbemande Progress-ruimtevaartuigen ook periodiek vers brood aangevoerd. De Amerikanen daarentegen hebben alleen maar diepvriesbrood. Joe Allen, astronaut op de vijfde Shuttle-vlucht, vertelde me dat hij dolgelukkig zou zijn geweest met het kauwgumbrood dat de Amerikanen normaal eten.

Natuur en Techniek, 51, 7 (1983)

485



### Pluspunten

Een zeer langdurig verblijf in de ruimte hoeft niet alleen nadelen te hebben. Het is op zich mogelijk dat een bejaarde, die moeilijk ter been is, in een ruimtestation geniet van de gewichtloosheid. Het Amerikaanse blad *Omni* wees erop dat borsten in gewichtloosheid de vervelende neiging te gaan hangen verliezen. Sally Ride ging, tot consternatie van de puriteinse Amerikanen, zonder BH de ruimte in. In wezen is de techniek al lang zover dat we de ruimte kunnen koloniseren. De recessie dwingt ook de ruimtevaartwereld om te investeren in

projecten die op korte termijn economisch rendabel zijn. Ruimtestations kunnen dat op de lange duur wel worden, maar niet meteen.

We moeten overigens niet verwachten dat we in de ruimte een oplossing vinden voor de overbevolking van de aarde. Het is nog steeds veel goedkoper om leefbare steden in de Sahara te bouwen dan om een stad in de ruimte te creëren. De stad in de ruimte zal er desondanks komen, omdat er wel een nuttig gebruik van gemaakt kan worden, omdat de mens van nature avonturier is en omdat we voor onszelf de mogelijkheid van een luxe vakantie in een baan om de aarde willen realiseren.

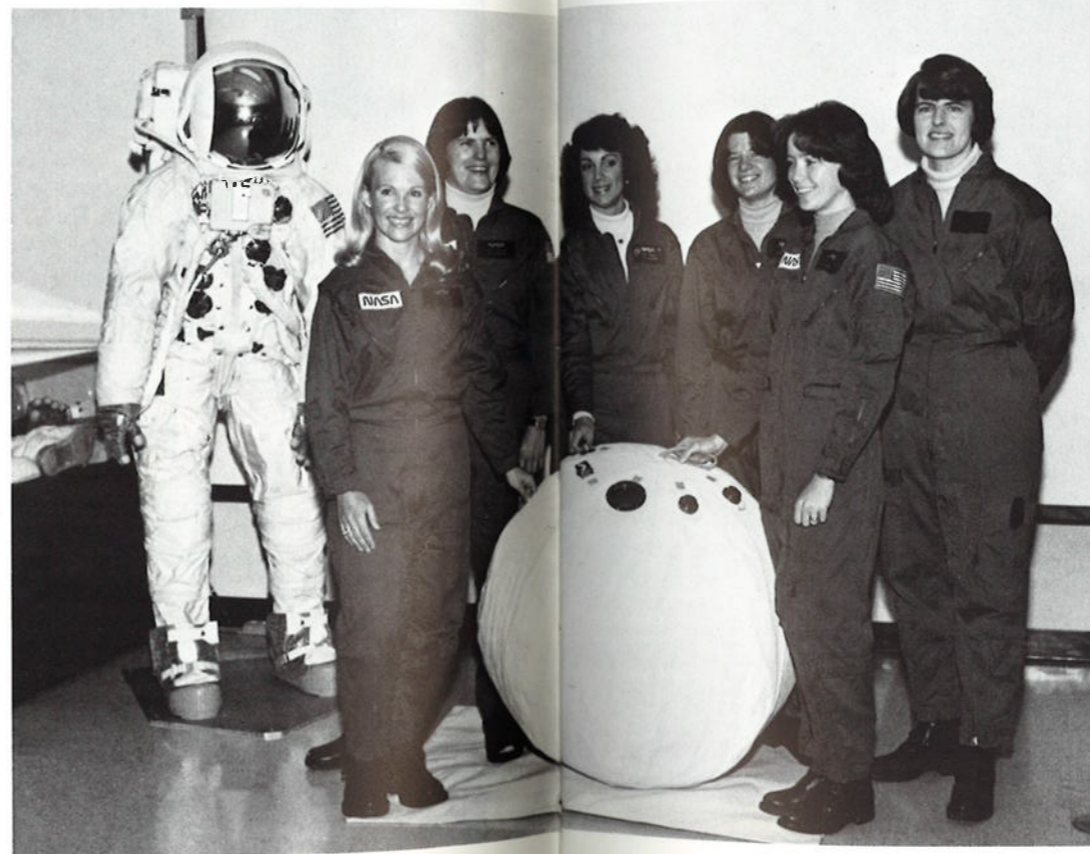
Links: De figuur die naar ons omhoog kijkt is Svetlana Savitskaja, die voorbestemd was de eerste ruimte moeder te worden. Het experiment mislukte. Onder: De Amerikanen hebben een hele ploeg vrouwelijke astronauten in opleiding. De bol waarmee ze poseren

is een overlevingscapsule waarmee iemand zonder ruimtetek nog een tijdje in de ruimte kan overleven (de Shuttle heeft geen pakken voor alle passagiers). Een van die vrouwen, Sally Ride, is al in de ruimte geweest. Hieronder zien we haar bij een oefening in gewichtloosheid.

### Ruimtebaby

In het najaar van 1982 hebben de Russen voor de tweede keer een vrouw een ruimtevlucht laten maken. Svetlana Savitskaja vloog met de mannelijke collega's Leonid Popov en Alexander Serebrov in de Sojoez T-7 capsule. Het driemanschap bezocht de kosmonauten Berezovoi en Lebedev tijdens hun recordvlucht. Op een congres over ruimtevaart-geneeskunde vertelde dr. Guido Mutke uit München dat hij van zijn Russische collega, belast met de medische begeleiding van de Sojoez T-7 had vernomen, dat er tijdens die vlucht is geprobeerd Svetlana te bevruchten. In principe komen hiervoor vier maniten in aanmerking. Het experiment, als het inderdaad is uitgevoerd, is echter mislukt: Svetlana was na haar vlucht niet in verwachting.

In de verdere toekomst zal er zeker een moment komen waarop er gezinnen wonen in ruimtestations en waarop er babies in de ruimte worden verwekt en geboren. Het is overigens niet vanzelfsprekend dat dit allemaal soepel zal verlopen, want Russisch onderzoek heeft uitgewezen dat het aantal spermacellen van kosmonauten drastisch terugloopt tijdens een vlucht. De Amerikanen zouden ditzelfde onderzoek graag doen, maar de astronauten weigeren eraan mee te werken.



### Bronvermelding illustraties

Novosti Press, Moskou: pag. 472-473, 482 linksonder.  
NASA, Washington: pag. 474-475, 475, 476, 477, 479, 482  
boven en rechtsonder, 485, 486-487, 487.  
Boeing Aerospace Co., Seattle: pag. 478, 478-479, 480-481,  
483.  
Fotokhronika Tass, Moskou: pag. 484, 486.

Het merendeel van de illustraties werd verkregen door bemiddeling van de auteur.