

Het heelal onderzocht

*H.H.F. Smid
ribs Space Consultancy & Insurance*

Vandaag de dag heeft de mensheid grote successen geboekt in zowel bemande aardse-omloop-missies als in het bemande onderzoek van de maan. Bij het onderzoek van het heelal is het echter de robotica die ons in staat stelt ons zonnestelsel systematisch, stap voor stap, te analyseren. Om de tijd en afstand die gemoeid is met interplanetair reizen te begrijpen, moeten we aardse maatstaven loslaten. De afstanden naar de planeten doen het stukje dat we aflegden om de maan te bezoeken, 350.000 km, verbleken. De reis van Voyager 2 is een goed voorbeeld van interplanetair reizen. Toen dit ruimtevaartuig langs Neptunus scheerde, was het twaalf jaren onderweg en had het 4,8 miljard km afgelegd. Het zond nog steeds zwart-wit beelden naar de aarde. Voyager 2 reist nu met een snelheid van ongeveer 1,4 miljoen km per dag ons zonnestelsel uit en zal er ongeveer 40.000 aardse jaren over doen om de dichtstbijzijnde ster te bereiken.

Vanaf het moment dat ruimtevaart zijn intrede deed en we in staat waren de ruimte te bereiken, hebben we vanuit die nabije ruimte gekeken naar planeten en sterren en hebben we ruimtevaartuigen voor onderzoek naar de planeten gezonden. Het is onmogelijk de hele geschiedenis van het onderzoek van het heelal in een paar pagina's uit de doeken te doen. Noodgedwongen beperken we ons daarom, alfabetisch, tot grote en/of bijzondere programma's.

Apollo

Het Apollo programma was ontwikkeld om een serie Amerikaanse bemande expedities naar de maan te kunnen zenden, daar onderzoek te plegen en de bemanningen en onderzoeksresultaten veilig naar de aarde terug te brengen. Althans zo luidde de wetenschappelijke doelstelling. De eerste Apollo lanceeringen (vanaf 1964) waren testlanceeringen. Vanaf Apollo-7 (1968) waren de ruimtevaartuigen bemand en de Apollo-11 missie (20 juli 1969) voerde de eerste bemande landing op de maan uit. De Apollo-17 (zesde en laatste landing) missie vond plaats in december 1972. Ofschoon het Apollo programma een zeer sterke politieke/ideologische drijfveer kende (de Russen verslaan bij het als eerste een mens op de maan te brengen), heeft het programma zeer veel bijgedragen aan de ont-

wikkeling van ruimtevaarttechnologie waarvan andere ruimtevaartprogramma's konden profiteren. Ook heeft het programma veel bijgedragen aan de wetenschap zoals het vaststellen van de samenstelling van het oppervlak van de maan, dat er geen organisch leven voorkwam en dat er geen atmosfeer was. Tot het Apollo programma moeten ook de Ranger, Surveyor en Lunar Orbiter programma's worden gerekend.

Het Ranger programma was de eerste van drie stappen die tot het Apollo programma

De eerste foto van de aarde, genomen vanuit de omgeving van de maan, werd op 23 augustus 1966 gemaakt door de Lunar Orbiter 1. [NASA LaRC]



moesten leiden. De Ranger ruimtevaartuigen werden ontwikkeld om naar de maan te vliegen en visuele topografische gegevens terug naar de aarde te sturen gedurende de reis naar de maan tot en met het punt van inslag op de maan. Ranger-1 werd al in 1961 gelanceerd maar het programma gaf pas resultaat bij Ranger-7 in 1964. In totaal werden er negen Rangers gelanceerd.

De tweede stap op weg naar de maan was het Surveyor programma dat moest aantonen dat er op de maan een zachte landing kon worden uitgevoerd. Niet elke landing van de zeven Surveyors werd perfect uitgevoerd maar ze vergrootten wel het inzicht in de naderings- en landingsproblematiek. Surveyor-3 bijvoorbeeld stuitte als een skippybal, maar was toch nog in staat om oppervlakte-monsters te nemen; Surveyors 2 en 4 sloegen te pletter, terwijl nummers 1, 3, 5, 6 en 7 een geslaagde landing maakten.

De vijf Lunar Orbiters die werden gelanceerd hadden tot doel geschikte landingsplaatsen voor Apollo ruimtevaartuigen te ontdekken. Ze waren ontworpen om topografische gegevens vast te leggen in het evenaar gebied van de maan. Uiteindelijk werd nagenoeg de hele voorkant van de maan in kaart gebracht en bijna 80% van de achterkant.

Dr. James Pickering (NASA JPL), Dr. James van Allen (Universiteit van Iowa) en Dr. Wernher von Braun (Army Ballistic Missile Agency) laten triomfantelijk een model van de Explorer 1 zien kort na de lancering op 31 januari 1958.

[NASA MSFC]



Explorer

Het Explorer ruimtevaartprogramma is het meest uitgebreide programma in de geschiedenis van Amerikaans onderzoek van het heelal. In aantallen wordt het alleen overtroffen door het Russische Kosmos programma. Het Explorer programma startte in 1958 met Explorer-1 dat tevens Amerika's eerste ruimtevaartuig in de ruimte werd. De laatste Explorer, nummer 55 maar het 62ste ruimtevaartuig in de serie, werd gelanceerd in 1975. Alle Explorer ruimtevaartuigen werden voor wetenschappelijk onderzoek door de NASA of andere onderzoeksorganisaties ontwikkeld en gebouwd. Behalve de eerste vijf werden ze allemaal door NASA beheerd. De eerste vijf ruimtevaartuigen waren een produkt van het *Defense Advanced Research Projects Agency (DARPA)* en deden voornamelijk onderzoek in de nabije ruimte. Explorer ruimtevaartuigen deden onderzoek op het gebied van kosmische straling (röntgen, gamma, ultraviolet, deeltjes), micrometeorieten, magnetische velden en zonnewind en -uitbarstingen. Ook werd met behulp van Explorers radio astronomie bedreven. Met Explorers werd zowel onderzoek vanuit aardse omlopen als in het kader van het *Interplanetary Monitoring Platform* vanuit de interplanetaire ruimte (vanaf Explorer-18) uitgevoerd.

Interkosmos

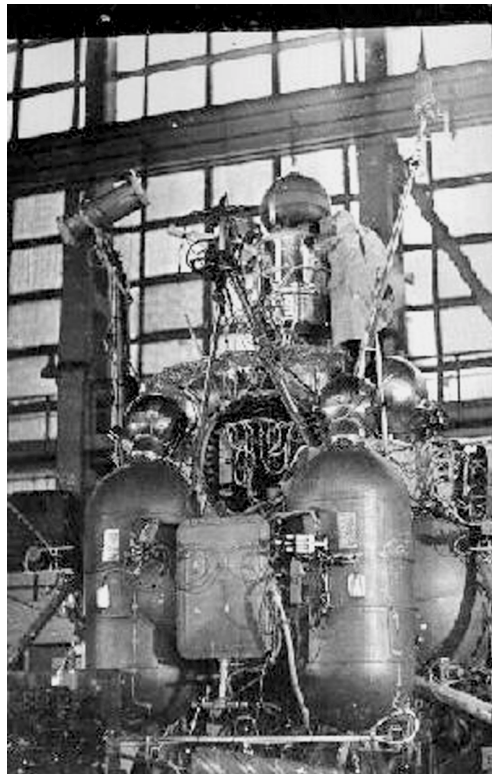
In 1967 stichtte de Sovjetunie het Interkosmos programma dat tot doel had onderzoek in de ruimte en het onderzoek van het heelal gezamenlijk met leden van het Oostblok uit te voeren. De oorspronkelijke leden waren Bulgarije, Cuba, Hongarije, Mongolië, Oost-Duitsland, Polen, Roemenië, de Sovjetunie en Tsjechoslowakije. Behalve onderzoek van de ruimte in de nabijheid van de aarde, werd ook veel onderzoek verricht naar de effecten van zonne-ultraviolet, zonne-uitbarstingen, röntgenstraling, kosmische straling en geladen deeltjes. Speciale lanceringen uit het programma waren Kopernicus 500 in 1973 (onderzoek naar de ionosfeer en zonnestraling), en Bulgarije 1300 in 1981 (geofysisch onderzoek dat was gerelateerd aan ionosferisch en magnetosferisch onderzoek). In totaal werden 24 Interkosmos missies uitgevoerd.

Luna

In het begin van de ruimte-eeuw stond de maan bij de Sovjets hoog in het vaandel. De maan was dichtbij en zou snel succes kunnen opleveren. De voorsprong die de Sovjets hadden op de Amerikanen v.w.b. zware draagraketten gaf hen bovendien de kans op een aantal gebieden als eersten uit de bus te komen. Snel achterelkaar slaagden Sovjet ruimtevaartuigen er in langs de maan te vliegen, er op te pletter te slaan en de eerste foto's te nemen van de achterzijde van de maan. Luna-1 die op 2 januari 1959 werd gelanceerd, woog 361 kg en miste de maan op ongeveer 6000 km. Door de aantrekkingskracht van de maan werd het bolvormige ruimtevaartuig het zonnestelsel ingeslingerd en werd het eerste door mensen gemaakte apparaat dat in een baan om de zon terecht kwam. Midden zestiger jaren slaagden de Sovjets er al in een zachte landing op de maan uit te voeren en een ruimtevaartuig in een baan om de maan te brengen. Tot een bemande maanvlucht kwam het niet voor de Sovjets wegens problemen met de draagraket en niet gelukte voorbereidingsvluchten met o.m. het Zond ruimtevaartuig. De Sovjets concentreerden zich daarom in de zeventiger jaren op automatische vluchten die maanstof naar de aarde terug moesten brengen en op maanwagens voor uitgebreid onderzoek. Na 24 Luna vluchten en, zeker in het begin, vele mislukte pogingen werd het programma in 1976 beëindigd.

Mariner

De Amerikaanse Mariner ruimtevaartuigen werden ontworpen om andere planeten in het zonnestelsel te onderzoeken. Ze onderzochten Mars, Venus en Mercurius van dichtbij en zonden foto's en gegevens terug naar de aarde zonder daadwerkelijk op die planeten te landen. Met uitzondering van Mariner-5 en -10, die voor solo missies werden ontworpen, bestonden Mariner missies in principe uit twee identieke ruimtevaartuigen die ongeveer twee maanden na elkaar naar dezelfde planeet werden gestuurd. Van de combinaties Mariner-1/2 (Venus), -3/4 (Mars) en -8/9 (Mars) ging echter steeds een exemplaar bij de lancering verloren zodat dit ook solo mis-

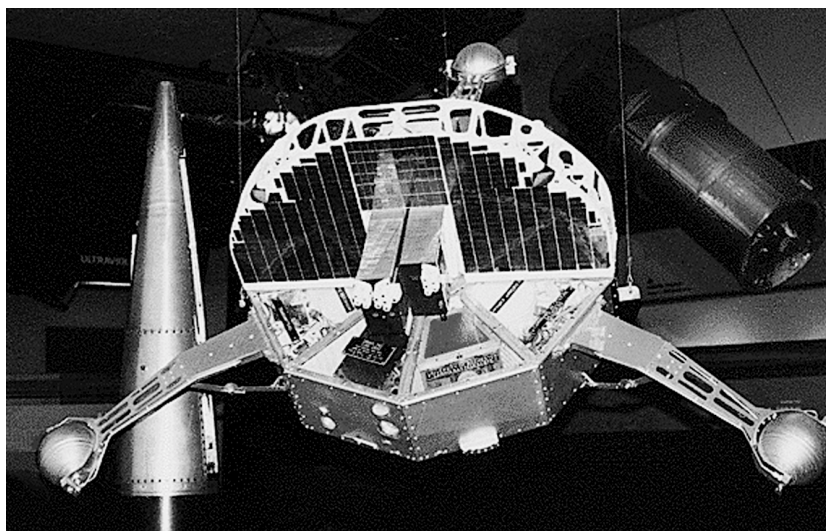


De Luna-16 die op 20 september 1970 een zachte maanlanding in de Mare Foecunditatis maakte. [RSSI]

sies werden. Mariner-5 (Venus) was een back-up satelliet voor Mariner-4 en Mariner-10 werd ontworpen als een solo missie die twee planeten moest langsvliegen. Alle Mariners, behalve 8/9 en 10 waren langsvliegmissies waarbij het ruimtevaartuig simpelweg langs de planeet moest vliegen die onderzocht moest worden. Mariner-6/7 voldeden aan de verwachtingen en stuurdten 200 foto's van Mars en andere gegevens terug naar de aarde. Mariner-8/9 moesten in een baan rond Mars geraken, hetgeen Mariner-9 ook gelukte, en Mariner-10 vloog een keer langs Venus en drie keer langs Mercurius. Het Mariner programma duurde van 1962 t/m 1973.

Mars

Er bestaat een heel groot contrast tussen de Mars en Venus programma's van de Sovjets. Terwijl ze grote successen boekten in het plaatsen van sondes in een baan rond, en op het opperplak van Venus, kunnen die pogingen v.w.b. Mars nagenoeg alleen maar als mislukt worden beschouwd. Slechts een van de zeven Marsvluchten kan als een volledig succes worden beoordeeld. Ofschoon er zeven Marsvluchten de naam Mars hebben ge-



Model van de OSO-1 in het National Air and Space Museum in Washington. [NASM]

cregen, zijn er ook (mislukte) vluchten die onder een Kosmosvolgnummer of Zond-missie te boek staan. Aangenomen wordt dat van 1960 t/m 1973 de Sovjets gedurende elke lancering hebben getracht missies naar Mars te lanceren. Nikita Khrushchev zou zijn aankomst in New York voor de bijeenkomst van de Verenigde Naties in 1960 zo gepland hebben dat dit samen zou vallen met de lancering van twee Marssondes op 10 en 14 oktober. Hij zou twee modellen van de ruimtevaartuigen bij zich hebben gehad om ze aan de westerse media te tonen. Beide lanceringen mislukten echter en de modellen bleven in Khrushchevs bagage. Na de mislukte Mars-1 poging in 1962 duurde het officieel tot 1971 voor de Sovjets weer een (mislukte) poging waagden. In 1973 werden zelfs vier Mars sondes gelanceerd; twee die in een baan rond Mars moesten komen en twee die een landing op Mars zouden uitvoeren. Ook deze serie was geen onverdeeld succes. Het zou tot 1988 duren voordat de Sovjets officieel een nieuwe poging zouden wagen die de echecs van de Mars serie moesten doen vergeten en de ruimtevaartuigen kregen de naam Phobos. Ook deze missies mislukten echter.

Orbiting Solar Observatory

De OSO ruimtevaartuigen werden ontwikkeld om waarnemingen van de zon mogelijk te maken en om natuurkundige experimenten te kunnen uitvoeren om een breed spectraal gebied van zonnestraling te kunnen onderzoeken. Onderzoeken die eerder werden gehinderd door de oplossende en versturende

effecten en van de aardse atmosfeer konden worden uitgevoerd vanaf stabiele ruimtevaartuigen die waren ontworpen om zulke wetenschappelijke experimenten met grote nauwkeurigheid uit te voeren. Het OSO programma zorgde vooral voor een doorlopende studie van de elf jaar cyclus van de zon. Het OSO programma startte op 7 maart 1962 met de lancering van OSO-A. Deze missie duurde tot 6 augustus 1963 (het ruimtevaartuig verging pas op 8 oktober 1981). In totaal werden van 1962 t/m 1975 acht OSO ruimtevaartuigen gelanceerd die veel hebben bijgedragen aan de kennis van de zon.

Pioneer

Zoals het Explorer programma, werd het Pioneer programma opgezet om een aantal verschillende missies op het gebied van interplanetair onderzoek uit te voeren. De eerste serie werd ontwikkeld voor de langsvliegmissies en omloopmissies van de maan. De tweede serie werd ontwikkeld voor zonn Onderzoek en de laatste groep als interplanetaire ruimtevaartuigen gericht op Jupiter, Saturnus en Venus. In totaal werden er tussen 1958 en 1978 veertien lanceerpogingen ondernomen. Pioneer-1 t/m -3 werden op de maan gericht maar mislukten. Pioneer-4 passeerde maan binnen een straal van zo'n 60.000 km. Pioneer-5 t/m -9 gingen in zonne-omloop zodat zonne-uitbarstingen bestudeerd konden worden en konden waarschuwen voor zonne-activiteit die een negatief effect konden hebben op satellieten en grondsystemen. Ofschoon nummer 5 al na drie maanden de geest gaf, zorgden de rest van de ruimtevaartuigen in deze serie voor opmerkelijke successen. Zo bewees nummer 8 dat de aarde een magnetische staart (zoals bij een komeet) heeft en dat het mogelijk was een elektrisch-veld-detector van 1971 tot 1984 uit te zetten en dan gewoon weer aan te zetten. Na 13 jaren winterslaap kwam de satelliet gewoon weer tot leven. De laatste groep Pioneers was de serie 10 t/m 13. Pioneer-10 was de elfde lancering (3 maart 1972) in het Pioneer programma (op 27 augustus 1969 mislukte de originele Pioneer-10 lancering). Het kleine, ongeveer 350 kg wegende ruimtevaartuig was slechts bedoeld om van dichtbij de Asteroïdegordel te bekijken

ken (waarbij het waarschijnlijk zou vergaan) en eventueel een blik op Jupiter te werpen. Het ruimtevaartuig deed belangrijk meer dan dat. Pioneer-10 vloog ongedeerd door de Asteroïdegordel en passeerde in december 1973 Jupiter op een afstand van slechts 130.000 km (na een afstand van ongeveer een miljard km te hebben afgelegd). Het ruimtevaartuig zond spectaculaire foto's en gegevens over de atmosfeer, magnetische velden, interne structuren en manen van die gigantische planeet naar de aarde. Voor de eerste keer werden de sterke stralingsgordels van Jupiter in kaart gebracht en werd aangetoond dat die planeet voornamelijk vloeibaar is. Ook werd van de vier manen van Jupiter, Io, Europa, Ganymede en Callisto, de massa bepaald. Na deze ontmoeting vloog Pioneer-10 het zonnestelsel uit. De volgende Pioneers werden naar hun bestemming genoemd: Pioneer-Saturnus (1974) en Pioneer-Venus (1978).

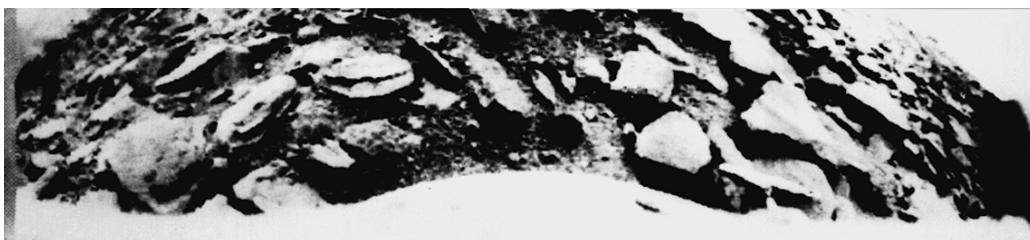
Prognoz

Sinds het begin van de jaren zeventig hebben de Sovjets ruimtevaartuigen met de naam Prognoz in sterk elliptische ruimtebanen gebracht om de zonnestraling te bestuderen (voornamelijk de zonnewind en zonne-uitbarstingen), en de plasma-omgeving van de aarde en de magnetosfeer te onderzoeken. Behalve dat deze vluchten zorgden voor wetenschappelijke gegevens over de zon, aarde en het ontstaan van het heelal, droegen Prognoz vluchten bij aan de Sovjet bemande ruimtevaart door informatie te verschaffen met betrekking tot zonne-activiteit (deze informatie werd gebruikt om perioden te voorspellen waarin bemande missies het minste risico liepen) en aan het genereren van gegevens waarmee de gevoeligheid van ruimtevaartuigen voor het binnendringen van zonnedeeltjes kon worden bepaald. Alle Prognozvluchten werden uitgevoerd met hetzelfde basisruimtevoertuig waarop steeds verschillende

instrumenten werden geplaatst. (Deze Prognozvluchten moeten echter niet worden verward met de Prognozvluchten sinds het begin van de negentiger jaren, want dat zijn geostationaire ruimtevaartuigen met als taak het waarschuwen voor lanceringen van (Amerikaanse) ballistische raketten.) Het ruimtevaartuig weegt ongeveer 1000 kg en bestaat uit een cilinder die onder druk staat met vier driehoekige zonnepanelen die loodrecht op de cilinder staan. De ruimtevaartuigen zijn spingestabiliseerd en voeren antennes en verschillende wetenschappelijke instrumenten die aan het halve-bol-einde van de cilinder zijn bevestigd. Tussen 1972 en 1985 werden tien Prognozvluchten uitgevoerd. Op een aantal van deze vluchten werden ook buitenlandse (waaronder Franse en Zweedse) instrumenten meegevoerd.

Vega/Venera

Relatief snel na de lancering van de eerste satelliet in 1957 deed de Sovjetunie pogingen om met een ruimtevaartuig de omloopbaan van de aarde te verlaten. De eerste poging, op 4 februari 1961, om een ruimtevaartuig naar Venus te zenden, mislukte. De Tjazheily Sputnik-4 kwam niet verder dan de aardse omloopbaan. Een paar dagen later, op 12 februari, lukte het echter wel en Venera-1 werd daarmee het eerste interplanetaire ruimtevaartuig en passeerde Venus op zo'n 100.000 km. De ruimtevaartuigen die in de Venera serie werden gelanceerd waren niet allemaal geslaagde pogingen, maar een aantal Venera's behaalden uitzonderlijke successen waaronder de eerste foto's van het oppervlak van Venus. In 1983 (in totaal hadden er 25 lanceerpogingen plaatsgevonden) hadden de Sovjets in het Veneraprogramma zeven zachte landingen uitgevoerd, twee wetenschappelijke ladingen in een Venus-omloop geplaatst en de planeet met twee radarsatellieten in kaart gebracht.



*De (enige) opname die de Venera-9 Lander maakte van het oppervlak van Venus op 22 oktober 1975.
[NASA GSFC]*

Vega is het Russische acroniem voor Venus Halley en staat voor het meest ambitieuze interplanetaire ruimtevaartprogramma (1984-1986) dat de Sovjets ooit hebben uitgevoerd. De drievoudige missiedoelstelling bestond uit het plaatsen van landingsmodules op het oppervlak van Venus, het loslaten van door Frankrijk ontworpen ballonnen in de atmosfeer van Venus en, met gebruikmaking van de zwaartekracht van Venus, sondes in een ontmoetingsbaan met de komeet van Halley te brengen. Behalve de inbreng van de Sovjetunie en Frankrijk in dit programma, hadden niet alleen een aantal Oostbloklanden, maar ook de VS, Oostenrijk en West-Duitsland deel aan deze missies. De landingsmodule van Vega-1 landde op 11 juni 1985 (het ruimtevaartuig was op 15 december 1984 gelanceerd) op de planeet Venus. Wegens een defect aan de tijdschakelaars gedurende de daling, werd het boormechanisme te vroeg in werking gesteld. De landingsmodule verzond echter nog 21 minuten lang wetenschappelijke gegevens. De ballon werd op 54 km losgelaten en gaf 46 uur lang wetenschappelijke informatie door. In maart 1986 vloog de eerste ruimtesonde op 10.000 km van de kern van de komeet van Halley. De Vega-2 landingsmodule deed het veel beter dan zijn voorganger en was in staat om een monster van de Venusbodem te nemen en dat te analyseren. Het monster bleek van dezelfde samenstelling te zijn als die werd geanalyseerd op de maan gedurende het Luna programma. De ballon deed nagenoeg hetzelfde als de ballon van Vega-1 en zond ook voor ongeveer 46 uur wetenschappelijke gegevens naar de aarde. De Vega-2 sonde

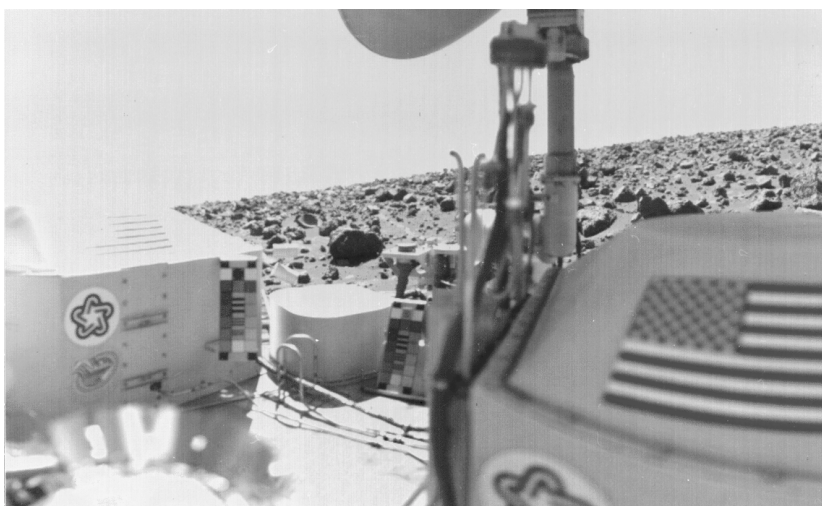
kwam drie dagen na de Vega-1 sonde tot op 7.000 km van de kern van de komeet van Halley.

Viking

De doelstelling van het Vikingprogramma was twee ruimtevaartuigen in een omloop rond de planeet Mars te brengen en dan van elk ruimtevaartuig een landingsvaartuig los te laten die dan op het oppervlakte van de Rode Planeet een zachte landing moesten maken. Het programma begon al in 1968 en bereikte het hoogtepunt in juli en september 1976 toen de twee Viking landingsvaartuigen een zachte landing maakten. Er werden twee satellieten en twee landingsvaartuigen gebruikt om de kans op succes bij dit uiterst moeilijke programma zo groot mogelijk te maken.

Mars had altijd al de interesse van wetenschappers gehad en stond in grote belangstelling bij andere geïnteresseerden vanwege de overeenkomsten met de aarde en omdat daarom de kans op leven op Mars groter was dan welke andere planeet dan ook. Het onderzoek of er leven op Mars voorkwam, in welke vorm dan ook, was dan ook een belangrijk gedeelte van het Vikingprogramma. Om te voorkomen dat het oppervlakte van Mars bevuild zou worden met aardse organismen, werden de landingsvaartuigen gesteriliseerd en in een "bioschild" ingekapseld. Dit schild werd in de ruimte verwijderd. Het onderzoek in het kader van het Vikingprogramma bracht geen artefacten van een Martiaanse beschaving aan het licht en vond geen spoor van de kanalen waarvan sommigen dachten dat die er zouden moeten zijn. Het ontdekte wel dat de atmosfeer eens dikker geweest moest zijn, het oppervlakte warmer en dat er ooit grote rivieren met water op de planeet waren geweest. Er werden geen aanwijzingen gevonden van leven, niet in het verleden en niet in het heden, maar chemische analyses sloten (eerder) leven niet uit. De atmosfeer van Mars, ondanks dat die slechts 1% zo dik als die van de aarde is, bevat elementen als stikstof, koolstof, zuurstof en waterdamp, die op aarde noodzakelijk zijn om leven mogelijk te maken. Veel waterdamp werd ontdekt in het noordelijke halfrond en veel water dat in bevroren toe-

De Viking-2 Lander op Mars met uitzicht op Utopia Planitia. [NASA GSFC]



stand voorkomt in de noordelijke poolkap. In de ochtenden kon grondmist nabij de landingsvaartuigen worden geconstateerd en er werd ook permafrost ontdekt.

Voyager

Een ander uitermate succesrijk programma met slechts twee ruimtevaartuigen was het Voyagerprogramma dat door het *Jet Propulsion Laboratory* van NASA werd uitgevoerd. Twee identieke ruimtevaartuigen moesten de planeten Jupiter en Saturnus wetenschappelijk onderzoeken en de kennis die met Pioneer-10 en -11 van die twee planeten was verkregen, aanvullen. Bovendien moesten ze de planeten Uranus en mogelijk Neptunus langsvliegen – planeten die zo ver van de aarde staan dat er nog nooit een duidelijk plaatje van gemaakt was. De foto's die de twee Voyagers van Jupiter, Saturnus en hun manen maakten waren verbazingwekkend. Onze kennis van deze twee complexe hemellichamen werd zeer vergroot door de nabije langsvliegmissies van de ruimtevaartuigen die zelfs door de ringen van Saturnus vlogen. Het onderzoek zorgde voor nieuwe ontdekkingen en voor antwoorden op vragen die eeuwenlang astronomen niet hadden kunnen beantwoorden. Foto's van de grote rode vlek op Jupiter werden terug naar de aarde geseind. Foto's van Jupiters manen toonden aan dat Io geen water had, de vulkanisch zeer actieve maan Europa bleek voornamelijk vlak te zijn en had veel water, en dat Callisto en Ganymede uit ongeveer evenveel water in de vorm van ijs als rotsen bestonden. De ringen van Saturnus en de meeste van zijn manen, bleken voor het grootste gedeelte te bestaan uit water in de vorm van ijs, behalve Febe, de buitenste maan, die voornamelijk uit rotsen bestaat en de grootste maan Titan die voor ongeveer de helft uit rotsen bestaat. Voyager-1 passeerde Titan op 11 november 1980 op zo'n 3500 km. Jupiter en Saturnus hebben woeste atmosferen met stormen die al eeuwenlang razen en groot genoeg zijn om de aarde in te laten verdwijnen. De twee planeten bestaan eigenlijk alleen maar uit atmosfeer met geen aanwijsbaar, althans tot nu toe, oppervlak. Binnen die atmosferen wordt chemisch hitte ontwikkeld waarbij de uitge-

straalde hitte $2^{1/2}$ keer zo groot is als de hitte die ze van de verre zon ontvangen. Omdat de Voyagers zo ver van de zon moesten vliegen, zijn ze uitgerust met kleine nucleaire vermogensgeneratoren. Tot hun instrumentenpakket behoorden ondermeer een infrarood spectrometer en radiometer, een ultraviolet spectrometer, een fotopolarimeter, plasma detectors, een lage-energie-geladen-deeltjes meter, een magnetometer en een radio-astronomische- en plasma golfdetector. Voor de beelden werden twee TV-cameras meegevoerd; een met een 1500 mm f8,5 telelens en een met een 200 mm f3 breedhoeklens.

Zond

Het Russische Zond programma had niet 'n eenduidige doelstelling. Zond ruimtevaartuigen werden gelanceerd in maanomlopen, in interplanetaire banen en in aardse omlopen. Tussen 1964 en 1970 kunnen drie fasen in de lanceringen van Zond ruimtevaartuigen worden onderscheiden: een Venus missie, twee Mars missies en vijf voorbereidingsmissies voor bemande ruimtevaart naar de maan. Zond-1 was een gedeeltelijk geslaagde missie naar Venus en kwam tussen Venera-1 en Venera-2 (zie aldaar). Zond-2 en -3 werden tussen Mars-1 en -2 ingepast. Bij Zond-2 werd de communicatie verbroken (een klacht die veel vroege Russische interplanetaire ruimtevaartuigen vertoonden). Op weg naar Mars passeerde Zond-3 de maan en nam van de achterkant 25 foto's die naar de aarde werden teruggezonden.

Zond-4 was een test ruimtevaartuig. Zond-5 werd rond de maan gezonden en passeerde het hemellichaam op 1950 km. Een paar dagen later werd hij 's nachts in de Indische Oceaan geborgen. De Sowjets behaalden met deze eerste berging van een interplanetair ruimtevaartuig diverse doelstellingen. Zond-5 was de eerste landing van een Sowjet ruimtevaartuig op het water. Het voertuig bracht ook uitstekende foto's van de achterzijde van de maan mee terug, veel beter dan de facsimile foto's die tot nu toe gemaakt waren. Zond-5 was tevens een biologische satelliet die allerlei kleine diertjes, planten en zaden aan boord had. Zond-6 t/m -8 waren vergelijkbare missies die echter steeds een ander landingsprofiel uittestten.