

# Onbemand onderzoek van de maan

Marco van der List

In 2006 is het alweer dertig jaren geleden dat de laatste zachte landing op onze naast buur in het heelal plaatsvond. De onbemande Russische Luna-24 kwam terecht in Mare Crisium, schepte 170 gram bodemmateriaal op en keerde vervolgens terug naar de aarde. Met deze vlucht kwam een einde aan een lange periode die al eind jaren vijftig begonnen was en waarin een grote hoeveelheid zowel onbemande als bemande ruimtetoestellen naar de maan werden gezonden. Hoewel er tijdens deze missies veel nuttig wetenschappelijk onderzoek werd verricht, lag de nadruk toch vooral op het ondersteunen van de Amerikaanse en Russische bemande maanprogramma's in de jaren zestig. Pas in de jaren negentig vlogen er weer enkele sondes langs of naar de maan, en meer recentelijk ontwikkelen steeds meer landen zoals India en China hun eigen maanmissies.

## Inleiding

Al kort na het begin van het ruimtevaarttijdperk werd de maan een doel, niet alleen voor wetenschappelijk onderzoek, maar ook als propagandamiddel in de Koude Oorlog tussen de Verenigde Staten (VS) en de Sovjet-Unie (SU). Na verschillende mislukte pogingen aan zowel Amerikaanse als Russische zijde, slaagde Luna-2 er op 13 september 1959 er in om als eerste kunstmatig voorwerp de maan te bereiken. Een maand later vloog Luna-3 achter de maan langs en kon zodoende voor het eerst de zijde van de maan fotograferen die altijd van de aarde afgewend is. Hoewel in deze periode opmerkelijke successen werden behaald, stonden zowel de Amerikaanse als Russische programma's voornamelijk in het teken van de bemande maanvluchten. Tijdens de onbemande missies was het puur

wetenschappelijke onderzoek van ondergeschikt belang. Met het einde van de bemande maanprogramma's kwam in 1976, toen de Russische Luna-24 bodemonsters terug naar de aarde bracht, ook een voorlopig einde aan onbemande vluchten naar de maan.

## Een nieuwe generatie maanverkenners

Lange tijd waren er geen concrete plannen voor een terugkeer naar de maan. Pas in 1990 kwam er verandering in die situatie. Op 24 januari van dat jaar werd door Japan de Muses-A / Hiten gelanceerd. Deze 185 kg zware satelliet was bedoeld om *swing-by* passages langs de maan te demonstreren. Tijdens de passage op 19 maart 1990 werd een subsatelliet, Hagaromo, in een maanbaan geplaatst, maar direct daarna ging het contact met Hagaromo

verloren.

Het echte wetenschappelijke onderzoek van de maan kon worden opgepakt in december 1990 toen de Amerikaanse sonde Galileo, op weg naar Jupiter, de aarde en de maan passeerde. Galileo gebruikte haar instrumenten om op een afstand van 500 000 km de maan te observeren. Tijdens een tweede passage door het aarde-maansysteem, op 8 december 1992, werd de maan tot op 120 000 km benaderd.

Op 25 januari 1994 stuurden de VS de sonde Clementine op weg naar de maan met als hoofddoel lichtgewicht optische sensoren en computerautonomie voor toekomstige militaire satellieten te demonstreren. Op 21 februari werd Clementine in een baan om de maan gebracht en gedurende bijna drie maanden werden meer dan 1,6 miljoen opnames van de maan gemaakt. In mei 1994 werd Clementine op weg naar de planetoïde Geographos gestuurd maar door een verkeerd commando bleef een stuurraaketje werken totdat alle stuwstof opgebruikt was, waarmee een vroegtijdig einde aan de vlucht kwam.

NASA's Lunar Prospector werd op 7 januari 1998 gelanceerd en bereikte vier dagen later een polaire baan om de maan op 100 km hoogte. Gedurende het daaropvolgende jaar voerde de satelliet metingen uit aan magne-



Een gedeelte van een panoramaopname gemaakt door Luna-13 in 1966. [IKI Space Research Institute, Moskou]

tische velden, aan het uitgassen van de maanbodem en aan het vaststellen uit welke elementen de maanbodem is opgebouwd. Lunar Prospector was de derde missie uit het Discovery-programma van NASA, waarmee snellere, goedkopere en betere planetaire missies beoogd werden. Daarom beschikte de sonde maar over vier instrumenten en was er geen optische camera aan boord. Op 31 juli 1999 werd de missie van de Lunar Prospector opzettelijk beëindigd door de sonde te pletter te laten slaan nabij de Zuidpool in een poging om eventueel waterijs op te werpen welke dan door observatoria op aarde en in de ruimte, geobserveerd zou kunnen worden. Men kon echter de aanwezigheid van water niet eenduidig vaststellen. Aan boord van de Lunar Prospector bevond zich ook de as van de Amerikaanse geoloog Gene Shoemaker.

Europa's eerste maanmissie ging van start op 27 september 2003. De SMART-1 werd samen met twee communicatiesatellieten in een geostatio-

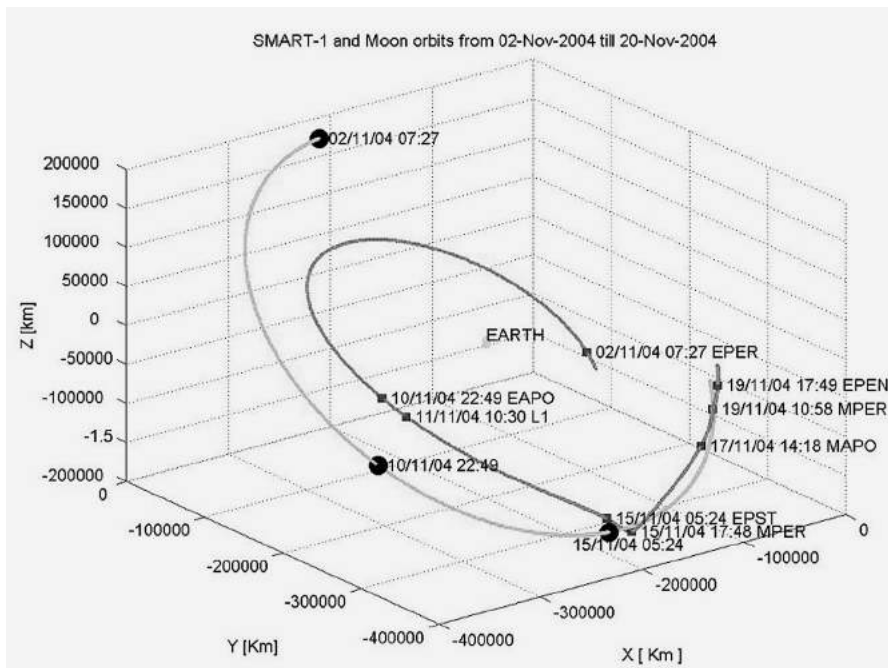
naire baan geplaatst. Doel van SMART-1 is om diverse nieuwe systemen zoals een innovatieve ionenmotor en diverse geminiaturiseerde instrumenten te testen. Om naar de maan te vliegen werd een ionenmotor gebruikt met een zeer geringe stuwkracht. De baan werd geleidelijk in hoogte vergroot totdat SMART-1 op 11 november 2004 het punt passeerde waar de zwaartekracht van de aarde en de maan met elkaar in evenwicht waren. Vanaf dat moment begon de SMART-1 zich in een baan om de maan te bewegen. De ionenmotor werd gebruikt om de hoogte van de baan te verminderen totdat in februari 2005 een perilune van 471 km en een apolune van 2880 km bereikt werd. Sindsdien is de ionenmotor nog enkele malen gebruikt om de baan te verfijnen. Doordat het zwaartekrachtveld rond de maan onregelmatig is, zal begin september 2006 SMART-1 op de maan neerstorten. Kort daarvoor worden nog enkele manoeuvres uitgevoerd omdat anders het inslagpunt aan de achterzijde van de maan zou komen te liggen, buiten het bereik

van telescopen op aarde of in een baan om de aarde. [Op 3 september stortte SMART-1, precies volgens plan, op de maan neer.]

## Concrete Toekomstplannen

### Verenigde Staten

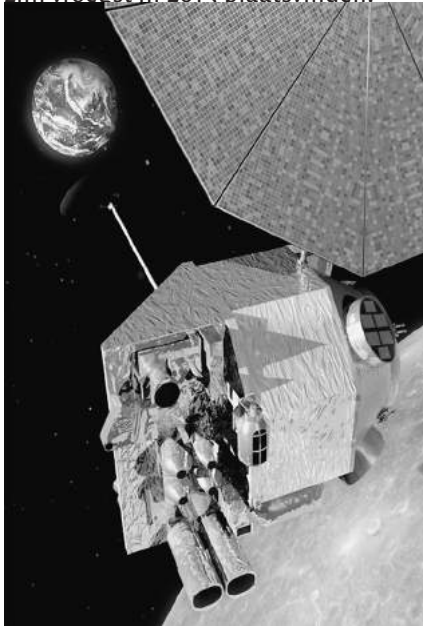
Het land dat zichzelf als doel heeft gesteld om voor 2020 weer mensen op de maan te laten landen, heeft ook enkele onbemande maanvluchten op het programma staan. In oktober 2008 zal de LRO (Lunar Reconnaissance Orbiter) gelanceerd worden. In tegenstelling tot onbemande missies van andere naties en organisaties, ligt bij de LRO de nadruk meer op onderzoek van de maan welke ten goede komt aan toekomstige bemande vluchten. Zo zal de LRO onder meer onderzoeken op het gebied van topografie gaan verrichten, stralingsniveaus en oppervlaktetemperaturen vaststellen, de aanwezigheid van water en waterstof voor eventueel toekomstig gebruik door astronauten of bemande maanbasis in kaart brengen, en potentiële landingplaatsen in kaart brengen. Omdat het gebruik van lokale natuurlijke voorraden, zoals water, voor toekomstige bemande ruimtevluchten van groot belang kan zijn, heeft men begin 2006 besloten om de LRO-missie uit te breiden met de LCROSS (Lunar CRater Observation and Sensing Satellite) die nabij de Zuidpool moet inslaan. Wetenschappers hopen uit de stofpluim die bij de inslag ontstaat, de hoeveelheid water die plaatselijk in het oppervlak voorkomt, vast te kunnen stellen. Om een zo groot mogelijke pluim te kunnen veroorzaken, wordt de bovenste trap van de Delta-2 raket, die samen met de LRO naar de maan zal vliegen, naar het gewenste inslagpunt gedirigeerd. Men verwacht dat de lege rakettrap, met een massa van twee ton, ongeveer 1000 ton aan oppervlaktemateriaal 70 km omhoog zal werpen. Vlak voor de inslag zal een subsatelliet zich van de rakettrap losmaken en die zal



Zo zag de ingewikkelde manoeuvre eruit om SMART-1 in een baan om de maan te krijgen. Op 4 november 2004 passeerde de sonde voor het laatst het perigeum (EPER) van haar baan om de aarde en op 10 november het apogeeum (APO). Een dag later vloog SMART-1 door het Lagrange-1 (L1) punt en kwam ze in het zwaartekrachtveld van de maan terecht. Op 15 november bereikte ze haar perilune tot de maan (MPER). De afkortingen EPST en EPEN geven aan wanneer de ionenmotor gestart respectievelijk gestopt werd. [ESA]

vervolgens door de stofpluim moeten vliegen om lokale analyses te kunnen maken. Daarna zal deze subsatelliet ook op de maan neerstorten.

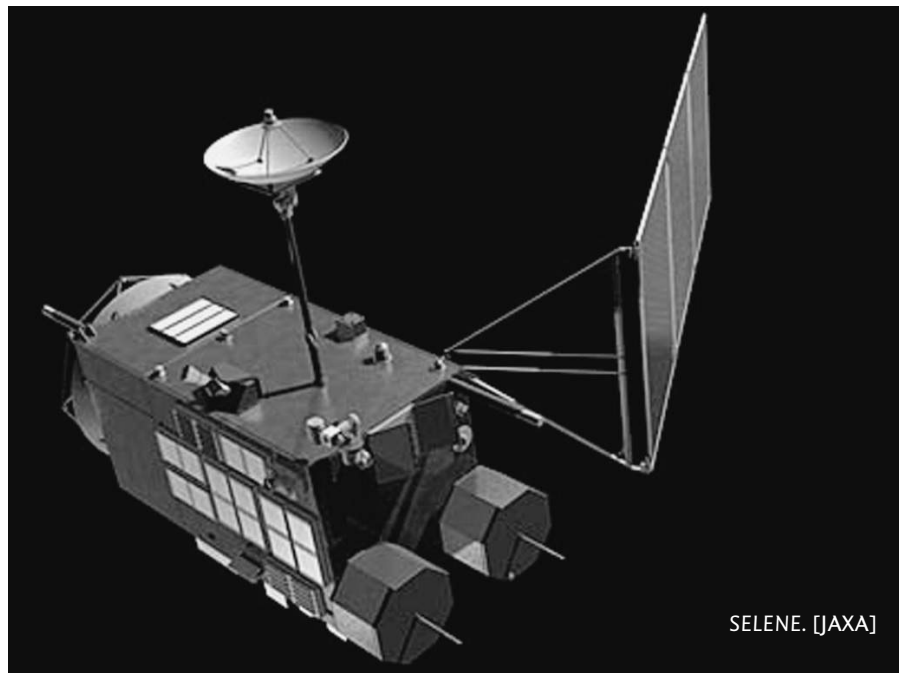
Naast de LRO wordt momenteel een conceptuele studie uitgevoerd voor een onbemande sonde die in totaal 2 kg aan bodemonsters zal verzamelen in het Atkins Basin nabij de Zuidpool en deze vervolgens naar de aarde zal brengen. De lancering hiervan zal op zijn vroegst in 2013 plaatsvinden.



LRO. [NASA]

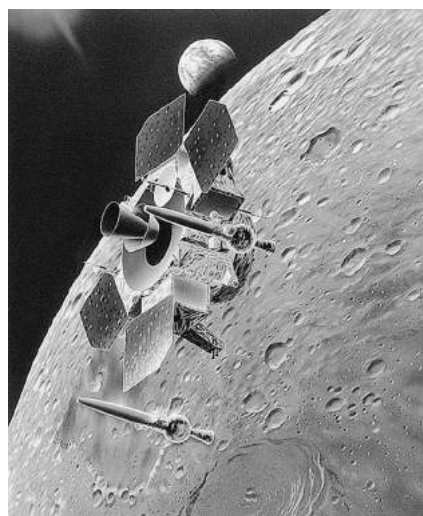
### Japan

Japan heeft twee maanmissies gepland voor de nabije toekomst. De eerste is Lunar-A, welke al in 2004 gelanceerd had moeten worden maar door technische en budgettaire redenen tot op zijn vroegst eind 2007 is uitgesteld. De 560 kg wegende Lunar-A zal met een M-V raket gelanceerd worden en na ongeveer zes maanden een omloopbaan om de maan bereiken. Deze baan helt ongeveer 30° ten opzichte van de maan-evenaar, zodat de observaties tot ongeveer de equatoriale zone beperkt zullen blijven. Lunar-A heeft twee 13 kg zware penetrators aan boord, elk uitgerust met een seismometer en warmtefluxmeter. Elke penetrator zal door middel van een raketmotor op vaste brandstof naar het maanoppervlak gedirigeerd worden.



SELENE. [JAXA]

De inslagplaats van de eerste penetrator is aan de voorzijde van de maan, ongeveer halverwege de landingsplaatsen van Apollo-11 en -12. De tweede penetrator zal aan de achterzijde van de maan terechtkomen. Eens in de 15 dagen, als de Lunar-A over de landingsplaatsen vliegt, zullen de penetrators de verzamelde seismische en thermische gegevens overseinen naar de satelliet, die ze dan relayeert naar de aarde. Lunar-A is uitgerust met een zwart-wit camera met een resolutie van 30 meter waarmee de topografie nabij de terminator (de overgang tussen het verlichte en onverlichte deel van de maan) in detail vastgelegd kan worden.



Lunar-A. [JAXA]

Begin 2008 zal de SELENE (SELenological and ENgineering Explorer), die met een massa van 2885 kg veel groter is dan Lunar-A, richting maan gelanceerd worden. Voor de lancering wordt gebruikt gemaakt van een H-2A raket en SELENE zal na zes dagen in een voorlopige polaire maanbaan tussen 100 en 13 000 km hoogte gebracht worden. Uiteindelijk zal SELENE in een operationele polaire baan op 100 km boven het maanoppervlak terecht komen. Tijdens de periode waarin SELENE van de initiële baan naar de definitieve baan gemanoeuvreed wordt, zullen twee subsatellieten uitgezet worden. Allereerst wordt een 53 kg zware relaisatelliet uitgezet in een baan tussen 100 en 2400 km. De relaisatelliet is bedoeld om het dopplereffect in het signaal van SELENE te meten als deze achter de maan doorvliegt zodat de variaties in het zwaartekrachtveld aan de achterzijde van de maan in kaart gebracht kunnen worden. Een tweede subsatelliet zal in een baan tussen 100 en 800 km uitgezet worden en vormt samen met de eerste subsatelliet een radio-interferometer om het zwaartekrachtveld en de geodesie van de maan te onderzoeken.

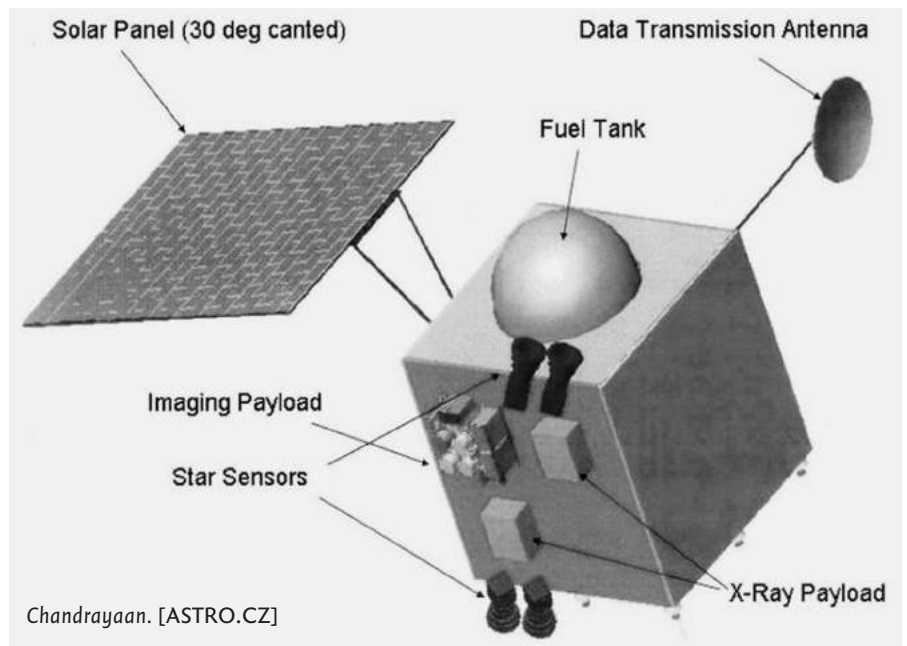
SELENE heeft een set van 13 wetenschappelijke instrumenten aan boord,

waaronder een hoge resolutie camera, diverse spectrometers voor verschillende spectraalbanden, een grond-radar waarmee 'onder het oppervlak' gekeken kan worden, een laser hoogtemeter, detectors voor geladen deeltjes, etc.

### China

Ook China ambieert een onbemand maanprogramma. In grote lijnen heeft het eenzelfde opzet als het Russische programma uit de jaren zestig en zeventig, al zijn er wel minder missies gepland om de doelstellingen te realiseren. Hoewel China op de lange termijn taikonauten (de Chinese benaming voor ruimtevaarders) naar de maan wil sturen, lijkt het huidige voorgestelde onderzoekprogramma meer door wetenschappelijke doelstellingen ingegeven te zijn. Het Chang'e programma omvat de volgende fases:

- Een of meerdere zware maansatellieten, te lanceren in 2007 of 2008. De Chang'e-1 zal meer dan twee ton wegen en een wetenschappelijke lading van 130 kg aan boord hebben, waaronder een hoogtemeter, een spectrometer, een radiometer en een systeem voor waarneming van de zonnwind.



- Zachte landing van een maanwagentje, waarschijnlijk op zijn vroegst in 2012. In verband met het grote gewicht van de missie zou hiervoor de nieuwe CZ-5 raket gebruikt moeten worden.
- Verzamelen van bodemonsters door middel van een robot en deze naar de aarde brengen, ergens in de periode 2012-2017. Het combineren van deze missie met de maanwagentjes uit de voorgaande fase ligt voor de hand omdat men dan een

grotere verscheidenheid krijgt bij het verzamelen van bodemonsters dan bij de onbemande Russische vluchten uit de jaren zeventig die afhankelijk waren van waar het boormechanisme toevallig op het oppervlak terecht kwam.

### India

Chandrayaan-1 is India's eerste maan-sonde en de lancering is voorzien voor maart 2008. De PSLV draagraket zal de 1050 kg wegende sonde in een geostationaire overgangsbaan om de aarde plaatsen, waarna het voortstuwingssysteem Chandrayaan-1 uiteindelijk in een polaire maanbaan op 100 km boven het oppervlak zal plaatsen. Het instrumentarium omvat diverse spectrometers, een laser hoogtemeter en een stereo camera. Ook de Amerikaanse ruimtevaartorganisatie NASA zal een instrument voor Chandrayaan leveren; een spectrometer om de minerale eigenschappen van het oppervlak vast te stellen. Net als voor China is Chandrayaan-1 de eerste missie voor India voorbij de aardbaan.

### Rusland

Ook Rusland plant na een periode van meer dan dertig jaren weer een terugkeer naar de maan. Deze nieuwe Luna-Glob missie is nu een officieel onderdeel van het Russische ruimte-



vaartprogramma en de lancering met behulp van een Soyuz raket is voorzien voor 2012. Luna-Glob bestaat uit een satelliet en diverse elementen die op de maan moeten landen en het doel van de missie is het verrichten van diverse seismische experimenten om zo meer over het interne deel van de maan en haar ontstaan te weten te komen. Zo zal nog voordat Luna-Glob in een baan om de maan gebracht wordt, een ringvormige cassette met tien *penetrators* (zogenaamde *High-Speed Penetrators*, HSP) worden afgestoten. Op een hoogte van 700 km boven het oppervlak wordt de cassette tot 20 toeren per minuut aan het draaien gebracht, waarna de eerste vijf HSP's worden losgelaten. Op een hoogte van 350 km wordt het tweede vijftal HSP's afgeworpen. De eerste vijf HSP's bereiken de maanbodem ongeveer 250 s na het afwerpen in een cirkelvormig patroon met een diameter van 10 tot 12 km. Het tweede vijftal komt binnen deze cirkel terecht en maakt ook een cirkelvormig inslagpatroon, nu met een diameter van 5 tot 6 km. Elke HSP is uitgerust met een simpele seismometer en een communicatieantenne die in staat moeten zijn om de inslag met 2,4 km/s te overleven. Hierbij wordt elke HSP ongeveer een tot twee meter het opper-

vlak in gedreven en wordt kortstondig een vertraging van maximaal 10 000 g ondervonden. Het landingspunt voor de HSP's is in de Zee der Vruchtbaarheid. Door de configuratie van in totaal tien seismometers in een cirkelvormig patroon ontstaat een detector waarmee specifieke karakteristieken van maanbevingen waargenomen kunnen worden, zoals deze worden veroorzaakt op grote diepte door de wisselende aantrekkingskracht van de aarde.

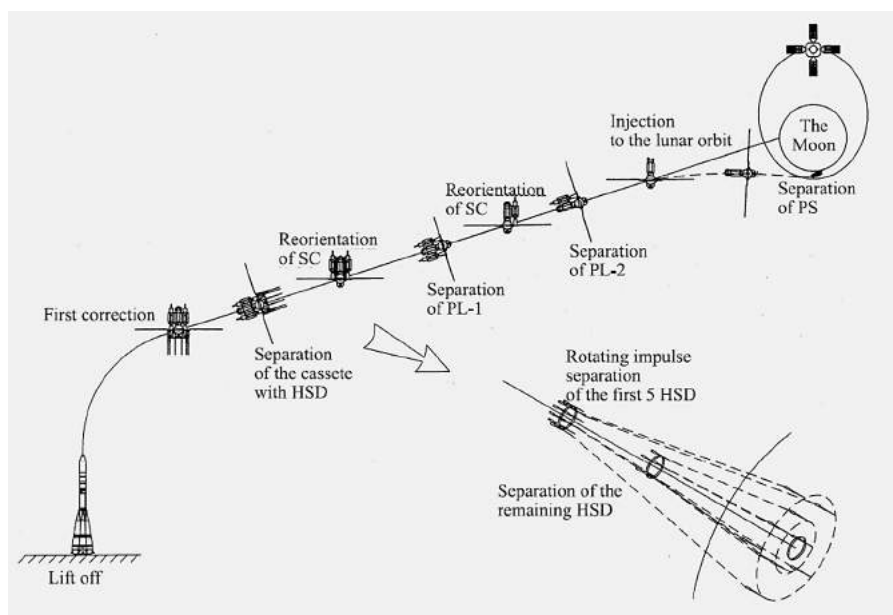
Nadat de HSP's zijn afgeworpen, zal de Luna-Glob satelliet haar weg vervolgen en twee grotere *Penetrators/Landers* (PL) afstoten. Elke PL is in staat om zichzelf grotendeels af te remmen door middel van remraketten op vaste brandstof, zodat ze op een hoogte van 2 km boven het oppervlak een snelheid van ongeveer nul bereiken. Daarna vallen ze in een vrije val naar het oppervlak waar ze met 60 tot 200 m/s inslaan. Omdat ze met een veel lagere snelheid inslaan, worden ze blootgesteld aan maar 500 g en kunnen ze een meer geavanceerde en verfijnde seismometer gebruiken die in meerdere frequentiebanden tegelijk kan meten. Als landingsdoel voor de twee PL's zijn de Apollo-11 en -12 landingsplaatsen uitgekozen zodat de seismologische waarnemingen aan

de Amerikaanse metingen uit de jaren zestig en zeventig gecorreleerd kunnen worden.

Na het afwerpen van de HSP's en de PL's zal de Luna-Glob satelliet in een polaire baan om de maan gebracht worden. Een speciaal Polar Station (PS) zal daarna een zachte landing in een 56 km grote krater nabij de Zuidpool maken. Net als bij de Luna-9 in 1966, zullen remraketten de snelheid grotendeels wegnemen, waarna een luchtkussensysteem de klap van de landing opvangt. Het Polar Station beschikt over instrumenten om de aanwezigheid van water en andere vluchtige bestanddelen die in de schaduwrijke krater zouden kunnen voorkomen vast te stellen. Daartoe is het Polar Station uitgerust met een massaspectrometer, neutronspectrometer en een seismometer. Dit laatste om de metingen van de HSP's en PL's aan te vullen. De Luna-Glob satelliet zal als relaisstation blijven fungeren voor de communicatie tussen de verschillende oppervlakte-elementen en de aarde.

## Conclusie

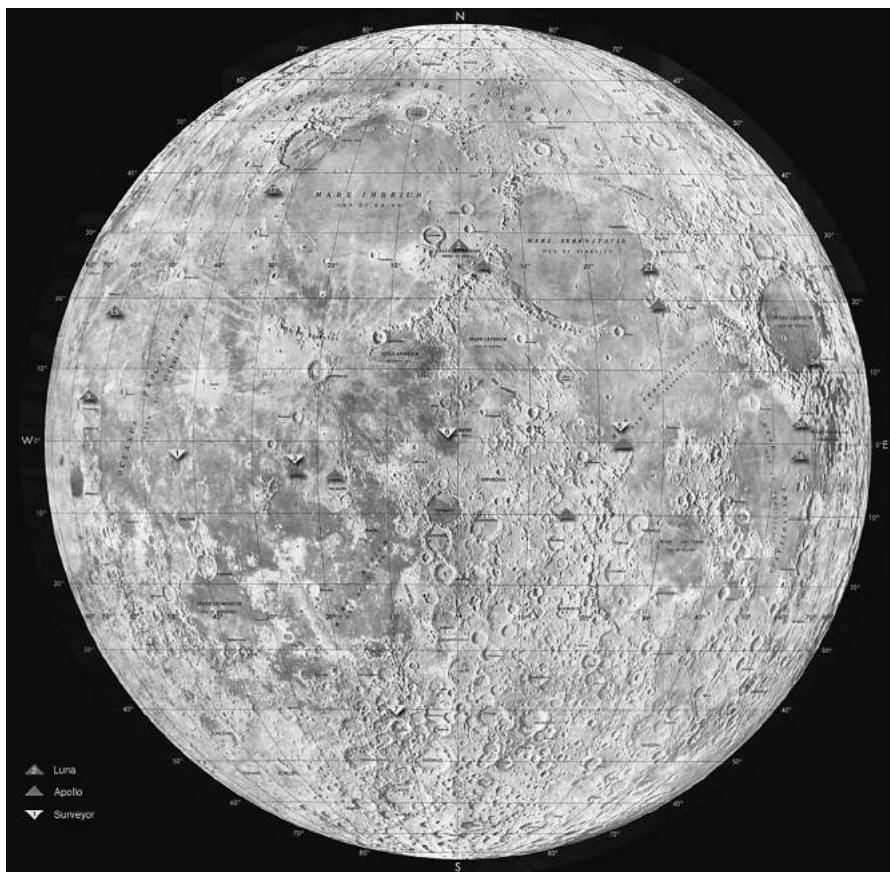
De gelijkenis tussen de geplande missies van de verschillende landen is opvallend. De nadruk ligt in bijna alle gevallen op observaties vanuit de maanbaan en eventueel seismologisch oppervlakteonderzoek door middel van *penetrators* die een harde landing maken. Er zal sprake zijn van een zekere overlap tussen de instrumenten die op de verschillende maansatellieten zullen worden ondergebracht. Vooral bij India en China lijken de voorgestelde missies niet alleen door wetenschappelijke motieven maar ook door politiek of propaganda te zijn ingegeven. Toch stelt de veelheid aan maanmissies die in de nabije toekomst zullen plaatsvinden, wetenschappers in staat om op hetzelfde moment op verschillende plaatsen op of nabij de maan metingen te verrichten en deze met elkaar te vergelijken. Voor de



Schematische voorstelling van de Russische Luna-Glob missie (gebruikte afkortingen: SC = spacecraft/toestel, HSD = High-Speed Penetrator, PL = Penetrator/Lander, PS = Polar Station). [Russische Academie voor Wetenschappen, E.M. Galimov]

maan ontstaat dan eindelijk eenzelfde situatie zoals die men nu bij de planeet Mars aantreft, welke momenteel door drie Amerikaanse en een Europese satelliet en twee Amerikaanse robotwagentjes onderzocht wordt. In het geval van de maan is het te hopen dat de onderlinge politieke verhoudingen tussen de deelnemende naties dusdanig zal blijven, dat de verkregen wetenschappelijke gegevens vrijelijk uitgewisseld kunnen worden.

Alleen op de langere termijn plannen de VS en China zachte landingen van robotwagentjes en retourvluchten voor het verzamelen van bodemonsters. De oorzaak ligt gedeeltelijk in het feit dat het maanoppervlak relatief moeilijk te bereiken is. De maan beschikt namelijk niet over een atmosfeer die gebruikt kan worden om een toestel af te remmen of het gebruik van parachutes mogelijk maakt. Dat betekent dat een maanlander in het meest gunstige geval nog steeds zelf 2 km/s moet afremmen alvorens vaste voet op de maanbodem te kunnen zetten. Juist dit maakt de maan meer ontoegankelijk dan bijvoorbeeld de planeet Mars.



Deze maankaart geeft de landingsplaatsen weer van de Surveyor, Luna en Apollo missies naar de maan. [NASA]

## Missies naar de maan

Naam	Lancering	Land	Resultaten
Pioneer-1	11-10-1958	VS	Poging om de maan te bereiken. Draagraket ontwikkelde onvoldoende snelheid. Hoogte van 115 000 km bereikt waarna de sonde terug naar de aarde viel.
Pioneer-2	08-11-1958	VS	Poging om de maan te bereiken. Draagraket ontwikkelde onvoldoende snelheid. Hoogte van 1550 km bereikt waarna de sonde terug naar de aarde viel.
Pioneer-3	06-12-1958	VS	Poging om de maan te bereiken. Draagraket ontwikkelde onvoldoende snelheid. Hoogte van 101 000 km bereikt waarna de sonde terug naar de aarde viel.
Luna-1	02-01-1959	SU	Poging om de maan te bereiken. Passeerde op 6000 km afstand en kwam als eerste object in een baan om de zon.
Pioneer-4	03-03-1959	VS	Poging om de maan te bereiken. Miste de maan op 60 200 km en kwam in een baan om de zon.
Luna-2	12-09-1959	SU	Eerste harde landing op de maan.
Luna-3	04-10-1959	SU	Eerste foto's van de achterzijde van de maan.
Ranger-3	26-01-1962	VS	Poging tot harde landing seismometer. Miste de maan op 3673 km.
Ranger-4	23-04-1962	VS	Poging tot harde landing seismometer. Sloeg te pletter op de achterzijde van de maan.
Ranger-5	18-10-1962	VS	Poging tot harde landing seismometer. Miste de maan op 724 km.
Luna-4	02-04-1963	SU	Poging tot zachte landing. Miste de maan op 8500 km.
Ranger-6	30-01-1964	VS	Sloeg op geplande plaats te pletter, maar camera's weigerden.
Ranger-7	29-07-1964	VS	Harde landing op geplande plaats. Close-up foto's.
Ranger-8	17-02-1965	VS	Harde landing op geplande plaats. Close-up foto's.
Ranger-9	21-03-1965	VS	Harde landing op geplande plaats. Close-up foto's.
Luna-5	09-05-1965	SU	Poging tot zachte landing. Te pletter geslagen.
Luna-6	08-06-1965	SU	Poging tot zachte landing. Miste de maan op 161 000 km.
Zond-3	18-07-1965	SU	Fotografeerde de achterzijde van de maan.

Luna-7	04-10-1965	SU	Poging tot zachte landing. Te pletter geslagen.
Luna-8	03-12-1965	SU	Poging tot zachte landing. Te pletter geslagen.
Luna-9	31-01-1966	SU	Eerste zachte landing. Televisieopnames.
Luna-10	31-03-1966	SU	Eerste maansatelliet. Onderzoek naar gammastraling, magnetische beelden en zwaartekrachtveld.
Surveyor-1	30-05-1966	VS	Eerste Amerikaanse zachte landing. Televisieopnames en grondsterktemetingen.
Lunar Orbiter-1	10-08-1966	VS	Maansatelliet in equatoriale baan. Televisieopnames.
Luna-11	24-08-1966	SU	Maansatelliet. Onderzoek naar zwaartekrachtveld en micrometeorieten.
Surveyor-2	20-09-1966	VS	Poging tot zachte landing. Te pletter geslagen na mislukte koerscorrectie halfweg aarde-maan.
Luna-12	22-10-1966	SU	Maansatelliet. Televisieopnames.
Lunar Orbiter-2	06-11-1966	VS	Maansatelliet in equatoriale baan. Televisieopnames.
Luna-13	21-12-1966	SU	Zachte maanlanding. Televisieopnames en grondsterktemetingen.
Lunar Orbiter-3	05-02-1967	VS	Maansatelliet in equatoriale baan. Televisieopnames.
Surveyor-3	17-04-1967	VS	Zachte landing. Televisieopnames en grondsterktemetingen.
Lunar Orbiter-4	04-05-1967	VS	Maansatelliet in polaire baan. Televisieopnames.
Surveyor-4	14-07-1967	VS	Poging tot zachte landing. Te pletter geslagen.
Explorer-35	19-07-1967	VS	Maansatelliet. Onderzoek naar magnetische velden en micrometeorieten.
Lunar Orbiter-5	01-08-1967	VS	Maansatelliet in polaire baan. Televisieopnames.
Surveyor-5	08-09-1967	VS	Zachte landing. Televisieopnames en eerste chemische analyse maanbodern.
Surveyor-6	07-11-1967	VS	Zachte landing. Televisieopnames en chemische analyse maanbodern.
Surveyor-7	07-01-1968	VS	Zachte landing. Televisieopnames en chemische analyse maanbodern.
Luna-14	07-04-1968	SU	Maansatelliet. Onderzoek naar gammastraling, magnetische beelden en zwaartekrachtveld.
Zond-5	14-09-1968	SU	Eerste passage achter de maan en terugkeer naar de aarde.
Zond-6	10-11-1968	SU	Passage achter de maan en terugkeer naar de aarde.
Apollo-8	21-12-1968	VS	Eerste bemande vlucht in een maanbaan. Drie ruimtevaarders.
Apollo-10	18-05-1969	VS	Bemane vlucht in maanbaan. Drie ruimtevaarders. Eerste koppeling in maanbaan tussen Apollo en maanlander.
Luna-15	13-07-1969	SU	Poging om bodemmonsters naar de aarde te brengen. Sloeg op 21-07-1969 te pletter.
Apollo-11	16-07-1969	VS	Eerste bemande maanlanding.
Zond-7	08-08-1969	SU	Passage achter de maan en terugkeer naar de aarde.
Apollo-12	14-11-1969	VS	Tweede bemande maanlanding. Op 200 meter van Surveyor-3 geland.
Apollo-13	11-04-1970	VS	Passage achter de maan langs na explosie in dienstcompartiment Apollo. Bemanning succesvol teruggekeerd naar de aarde.
Luna-16	12-09-1970	SU	Eerste succesvolle onbemande missie die bodemmonsters naar de aarde teruggebracht.
Zond-8	20-10-1970	SU	Passage achter de maan en terugkeer naar de aarde.
Luna-17	10-11-1970	SU	Leverde eerste maanwagen, Lunokhod-1, af.
Apollo-14	31-01-1971	VS	Derde bemande maanlanding.
Apollo-15	26-07-1971	VS	Vierde bemande maanlanding + maanwagen.
Luna-18	02-09-1971	SU	Poging om bodemmonsters naar de aarde te brengen. Te pletter geslagen.
Luna-19	28-09-1971	SU	Maansatelliet. Televisieopnames, onderzoek naar zwaartekrachtveld en micrometeorieten.
Luna-20	14-02-1972	SU	Bodemmonsters naar de aarde gebracht.
Apollo-16	16-04-1972	VS	Vijfde bemande maanlanding + maanwagen.
Apollo-17	07-12-1972	VS	Zesde en laatste bemande maanlanding + maanwagen. Eerste geoloog op de maan.
Luna-21	08-01-1973	SU	Leverde tweede maanwagen, Lunokhod-2, af.
Luna-22	29-05-1974	SU	Maansatelliet. Televisieopnames, onderzoek naar zwaartekrachtveld en micrometeorieten.
Luna-23	28-10-1974	SU	Poging om bodemmonsters naar de aarde te brengen. Boormechanisme beschadigd tijdens verder succesvolle zachte landing.
Luna-24	09-08-1976	SU	Bodemmonsters naar de aarde gebracht. Landde op enkele honderden meters van Luna-23.
Galileo	18-10-1989	VS	Jupiter-verkenner. Passeerde op 08-12-1990 en 08-12-1992 de maan.
Hiten	24-01-1990	Japan	Technologische missie om maanpassage te demonstreren. Zette op 19-03-1990 een subsatelliet, Hagoromo uit. Contact verloren.
Clementine	25-01-1994	VS	Technologische missie om autonomie te demonstreren. Tot begin mei 1994 in maanbaan.
Cassini	15-10-1997	VS	Saturnus-verkenner. Passeerde op 18-08-1999 de maan.
Lunar Prospector	07-01-1998	VS	Maansatelliet. Onderzoek naar magnetische velden, uitgassing van de maanbodern, bodemanalyse.
SMART-1	27-09-2003	Europa	Maansatelliet. Demonstratie van ionenaandrijving.

Opm. Mislukte lanceringen of sondes die gestrand zijn in een parkeerbaan om de aarde zijn niet in deze tabel opgenomen. Wel vermeld worden de missers en de harde landingen, omdat dit een weergave is van de problemen die men in de begintijd van de ruimtevaart ondervond. [M. van der List]