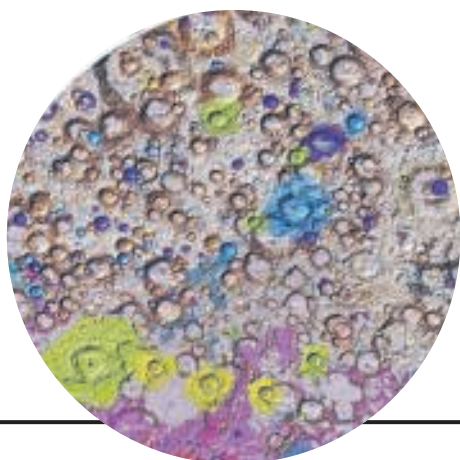




Ruimtevaart

Het wordt druk op de maan. Meerdere landen hebben nieuwe missies op stapel staan. Dit keer niet alleen voor prestige en wetenschap, maar ook om grondstoffen te winnen.

Goudkoorts op de maan: een nieuwe race om grondstoffen



De Noordpool op een eerste complete geologische kaart van de maan. De kleuren vertegenwoordigen 43 geologische categorieën van oppervlak (bergmassief, krater, laagvlakte etc) en ouderdom.

FOTO NASA

tekst Maarten Muns

We zullen hier ooit terugkeren, met vrede en hoop voor de hele mensheid. Goede terugreis, crew van Apollo 17!" Met deze gevleugelde woorden nam astronaut Eugene Cernan op 14 december 1972 afscheid van de maan. Nog altijd is Cernan, die in 2017 overleed, de laatste mens die op het maanoppervlak liep. Apollo 17 was de laatste van een hele reeks Apollo-missies naar de maan, waarvan er zes bemand waren. Na nummer 17 trok Nasa definitief de stekker uit het legendarische maanprogramma. In de ruimte race was de Sovjet-Unie definitief afgetroefd en de Amerikaanse regering moest haar aandacht richten op de oorlog in Vietnam.

Het werd stil op de maan. Tussen 1976 en 2013 vond er geen enkele 'zachte landing' meer plaats. De stilte werd enkel doorbroken door een sporadische wetenschappelijke sonde die, aan het eind van zijn leven of als onderdeel van een experiment, opzettelijk op de maan neerstortte. Het was uitgerokend China dat deze stilte doorbrak. In 2013 daalde de Chinese lander Chang'e 3, genoemd naar een Taoïstische maangodin, veilig af naar het maanoppervlak. Deze wetenschappelijke missie, onder meer gericht op bodemonderzoek, mislukte echter grotendeels door technische problemen. In 2019 overtrof China zichzelf door met Chang'e 4 voor het eerst op de onontdekte achterkant van de maan te landen.

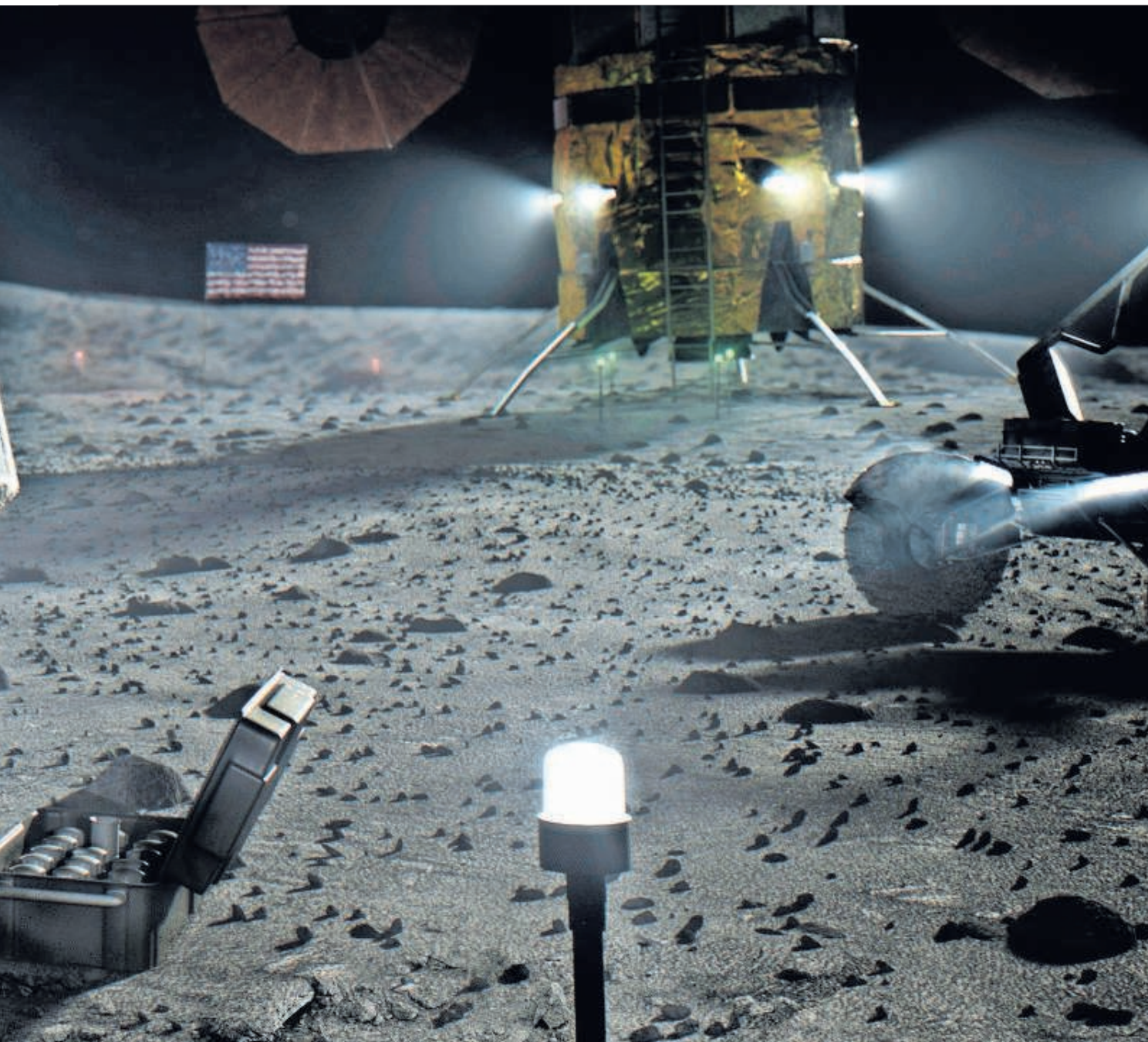
Intussen zaten de Amerikanen niet stil. Onder de presidenten Bush en Obama was er nog discussie over wat Nasa's primaire doel met ruimtevaart moest zijn: terugkeer naar de maan of een bemande reis naar Mars? Uiteindelijk werd onder president

Trump het credo *Moon to Mars*: de maan als springplank naar Mars en – uiteindelijk – ook verder het zonnestelsel in. Maar eerst terug naar de maan. In 2019 bracht Nasa diverse ruimtevaartprogramma's samen en doopte het nieuwe maanprogramma Artemis, naar de mythologische tweelingzuster van Apollo. Artemis heeft als expliciete doelstelling om de eerste vrouw naar de maan te brengen.

De race naar de maan is terug van weggevoerd. En dit keer gaat het niet alleen om prestige en om kleinschalige wetenschappelijke experimenten. Ruimtevaart is kostbaar en moet iets concreets opleveren om op lange termijn economisch houdbaar te zijn, is de gedachte. Ook nieuw is dat er veel meer landen betrokken zijn dan eerder. Natuurlijk zijn dat de VS en China. Maar ook Rusland, Zuid-Korea, de Verenigde Arabische Emiraten, India, Israël en Japan laten in deze nieuwe ruimte race van zich horen.

Aan de oppervlakte van de maan zijn flinke hoeveelheden silicium, rhodium en platinum te vinden

Het Amerikaanse Artemis-programma is het meest ambitieus. De lancering van de eerste missie van dit programma, Artemis I, staat gepland voor dit voorjaar. Artemis I bestaat uit de allereerste lancering van het Space Launch System (SLS) en een proefronde om de maan met de ruimtecapsule Orion. SLS is Nasa's nieuwe superzware draagraket, ontworpen om zowel astronauten als tonnen aan vracht de ruimte in te brengen. SLS brengt de nu nog onbemande Orion in een scherpe elliptische baan om de maan, verder weg dan een ruimtecapsule ooit van de aarde is weggeweest. Daarna



Een artistieke impressie van het programma Artemis, waarmee Nasa weer mensen op de maan wil zetten.

moet zijn, dat staten geen soevereiniteit mogen claimen in de ruimte en dat niemand zich een hemellichaam mag toe-eigenen. Maar daarin is destijds niets opgenomen over wat er nu allemaal mogelijk blijkt met het ontginnen van grondstoffen.”

“Enkele staten, bijvoorbeeld de VS, Japan, de VAE en Luxemburg (waar bedrijven zijn gevestigd die zich bezighouden met ruimte-exploratie, red.) hebben al nationale wetten aangenomen die bepalen dat bedrijven die zich hiermee bezighouden de grondstoffen in eigendom mogen hebben. Dat is logisch, want anders gaan die bedrijven er niet in investeren. Maar dat is geen goede oplossing, want staten hebben daar formeel geen zeggenschap over, en het voorkomt niet dat bedrijven elkaar op de maan gaan dwarsbomen. Er is inmiddels een VN-werkgroep opgericht die gaat werken aan internationale afspraken. Maar dat is een uiterst diplomatiek – en dus langzaam – proces.”

Internationale wetgeving

Parallel ontstaan er ook andere initiatieven, ziet Masson-Zwaan. “Landen die samenwerken binnen het Artemis-programma worden nu al gevraagd om de Artemis Accords te onderschrijven. Dit is een serie beginselen over hoe er samengewerkt wordt op en rond de maan. Tegelijk wordt er binnen de Chinees-Russische samenwerking aan een soortgelijke set van beginselen gewerkt. De afspraken binnen beide blokken lijken op elkaar, en kunnen uiteindelijk ook tot internationale wetgeving leiden.”

Toch baart het Masson-Zwaan zorgen dat er op het gebied van ruimte-exploratie steeds duidelijker twee blokken ontstaan. Eén geleid door de VS en één geleid door China, dat voortbouwt op de kennis en ervaring van Rusland. “Wettelijk mag Amerika niet met China samenwerken aan toepassingen die zowel civiele als militaire doelen kunnen hebben. Ruimtevaart valt daar ook onder. Dus ontstaat er een soort afgedwongen wedloop, terwijl ze veel meer kunnen bereiken door samen te werken. Dat maakt goede internationale afspraken nog belangrijker, want uiteindelijk staan ze wel samen op de maan.”

Internationale wetgeving is dus nodig en ook onderweg, maar dit is iets van de lange adem. En zo is het ook met de projecten die nu ontwikkeld worden. Voorlopig is het ontginnen van water en andere grondstoffen op de maan of op bijvoorbeeld planetoiden nog een toekomstdroom. Dat denkt ook ruimtevaartdeskundige Erik Laan, die bedrijven adviseert over ruimtevaart en industrie. “Het ontginnen van grondstoffen op de maan en die terugbrengen naar de aarde is economisch nog lang niet rendabel. Een uitzondering is wellicht rhodium, een zeer zeldzaam hittebestendig metaal dat onder meer van belang is in de vliegtuig-industrie. Helium-3 voor kernfusie is zeker een interessant idee op papier, maar voordat we daadwerkelijk een kernfusiereactor hebben die op helium-3 draait zijn er nog heel wat hordes te nemen.” Dat is namelijk weer een technologische stap verder dan een ‘gewone’ kernfusiereactor, en die is er ook nog lang niet.”

En de ruimte-tankstations van bedrijven als Shackleton Energy of Orbit Fab dan? Volgens Laan ligt hun business case nog veel te ver in de toekomst om nu iets zinnigs te kunnen zeggen over hoe realistisch dit uiteindelijk zal zijn. “Er is geen enkele twijfel aan dat de nieuwe ruimtevaart voor een belangrijk deel gedreven is door de mogelijkheden die de aanwezigheid van grondstoffen bieden. En dit geeft zeker allerlei mogelijkheden die er eerder nog niet waren. Maar het is belangrijk om gezond sceptisch te blijven. Want er zit in de plannen en beloftes rond ruimtevaart vaak een hoop lucht en opportunisme, zeker waar het commercialisatie betreft.”

moet Orion weer veilig terugkeren op aarde. Artemis 2 moet later hetzelfde gaan doen, maar dan met vier astronauten aan boord. Artemis 3 resulteert uiteindelijk in een bemeste maanlanding.

De exploratie van de maan en van het verdere zonnestelsel krijgt verder vorm met Gateway, ook onderdeel van Artemis. Gateway wordt een permanent ruimtestation in een baan rond de maan. Het is een nauwe samenwerking tussen Nasa, Esa en de Canadese en Japanse ruimtevaartorganisaties. Gateway wordt letterlijk een toegangspoort tot de maan en later ook tot de diepe ruimte. Gateway bestaat, net zoals ruimtestation ISS, uit verschillende componenten die een voor een gebouwd worden. Centraal onderdeel is de leef- en werkmodule Halo (Habitat and Logistics Outpost). In Halo zullen astronauten zich voorbereiden op missies naar de maan of op vertrek naar bijvoorbeeld Mars.

Waterijs

Gateway draait, in de plannen van de ruimtevaartorganisaties, in een bijzondere, zeer scherpe elliptische baan rond de maan. Daarbij varieert de afstand tot het maanoppervlak in 7 dagen tussen 1000 km en maar liefst 42.000 km. Alleen als Gateway dicht bij de maan is kunnen astronauten afdalen naar het maanoppervlak, of vanaf de maan terugkeren naar het ruimtestation. Deze baan is, althans in theorie, zeer stabiel en energie-efficiënt. Het gebruik van een dergelijke baan is voor Nasa onontgonnen terrein. Daarom lanceert het bedrijf Rocket Lab vanaf een basis in Nieuw-Zeeland in maart eerst de Capstone-missie. Capstone is een kleine satelliet, niet groter dan een magnetron, die de eigenschappen en mogelijkheden van deze baan gaat onderzoeken. Bijvoorbeeld op het gebied van navigatie en communicatie met de aarde.

Dit jaar gaan ook minimaal drie missies van andere landen richting de maan. Rusland lanceert naar verwachting de Luna-25, een maanlander die bodemonsters terug naar aarde gaat brengen. India wil met de Chandrayaan-3 een lander en maanwagentje lanceren, en Japan brengt in het najaar

de vierwielige verkenners ‘Rashid’ naar de maan, welke gebouwd is door de Verenigde Arabische Emiraten. China gaat ondertussen door met haar steeds ambitieuzere Chang’e-missies. Chang’e 6 gaat volgens planning in 2024 opnieuw atmosfeer- en bodemonderzoek verrichten. Op langere termijn willen China en Rusland samen een permanente maanbasis realiseren, het International Lunar Research Station (ILRS). Het Chinese Nationale Ruimteagentschap meldde onlangs dat de bouw hiervan al in 2027 zal beginnen, acht jaar eerder dan oorspronkelijk gepland.

Parallellen met de gold rush en bijbehorende wildwest-taferelen dienen zich al aan

China wil dus haast maken, nieuwe spelers laten van zich horen, en het Artemis-programma is in relatief korte tijd vol op stoom gebracht. Dat de maan opnieuw zo in de belangstelling staat heeft te maken met een reeks ontdekkingen van water en andere winbare grondstoffen op de maan. Heen- en-weer tripjes tussen de aarde en de maan zijn kostbaar en leveren, behalve prestige, niet veel op. Dat had het Apollo-programma al duidelijk gemaakt. Maar met het potentieel van lokale grondstoffen komt duurzame langetermijn-exploratie, evenals het idee van Moon to Mars, een stap dichterbij.

De aanwezigheid van water werd in 2008 voor het eerst aangetoond door de Indiase Chandrayaan-1 missie. Deze constateerde substantiële hoeveelheden waterijs diep in de Shackleton-krater op de zuidpool van de maan. Later werd door Nasa de aanwezigheid van water ook op makkelijker bereikbare plaatsen aan zowel de noord- als de

zuidpool vastgesteld. “Een gamechanger”, noemt Tanja Masson-Zwaan, universitair docent lucht- en ruimterecht aan de Universiteit Leiden, het idee dat het mogelijk is om water en andere grondstoffen van de maan te benutten. “Elke kilo brandstof en ander materiaal dat vanaf de aarde omhoog wordt gebracht kost duizenden dollars. Lokale grondstoffen leveren enorme kostenreducties op.”

Lokale drinkwatervoorziening is een eerste voorwaarde voor permanente bewoning van de maan. Maar maanwater is ook op een andere manier interessant. Water kan opgesplitst worden in zuurstof en waterstof. In vloeibare vorm is dat een krachtige brandstof voor raketten. En met een zwaarte-kracht die zes keer zwakker is dan op aarde zal het een stuk makkelijker – en dus goedkoper – zijn om al die brandstof vervolgens de ruimte in te brengen. Commerciële bedrijven als Shackleton Energy en Orbit Fab hebben al ronkende plannen gepresenteerd voor brandstofstations rondom de maan, waar ruimteschepen even kunnen bijtanken op hun weg naar de diepere ruimte.

Aan het maanoppervlak, of vlak daaronder, liggen ook flinke hoeveelheden aan bijvoorbeeld silicium en aluminium. Dit zijn materialen die industriële toepassingen hebben of bruikbaar zijn bij de bouw van nederzettingen. Ook liggen daar zeldzame aardmaterialen die schaars en dus kostbaar zijn maar wel belangrijke technologische toepassingen hebben, zoals rhodium, platina en titanium. En de zonnewind heeft vermoedelijk aan het maanoppervlak massaal de isotoop helium-3 afgezet, die op aarde nauwelijks voorkomt maar in de toekomst gebruikt zou kunnen worden in een veilige en schone kernfusiereactor.

Kortom, er is op de maan genoeg waarde te halen of lokaal te benutten. En het is een onontgonnen terrein, dat aan niemand toebehoort. Parallellen met de gold rush en bijbehorende wildwest-taferelen dienen zich al aan. Masson-Zwaan: “Er bestaat een serie VN-verdragen, die dateren uit de jaren zestig, waarin algemene afspraken over de maan en de ruimte zijn gemaakt. Bijvoorbeeld dat ruimte-exploratie vreedzaam