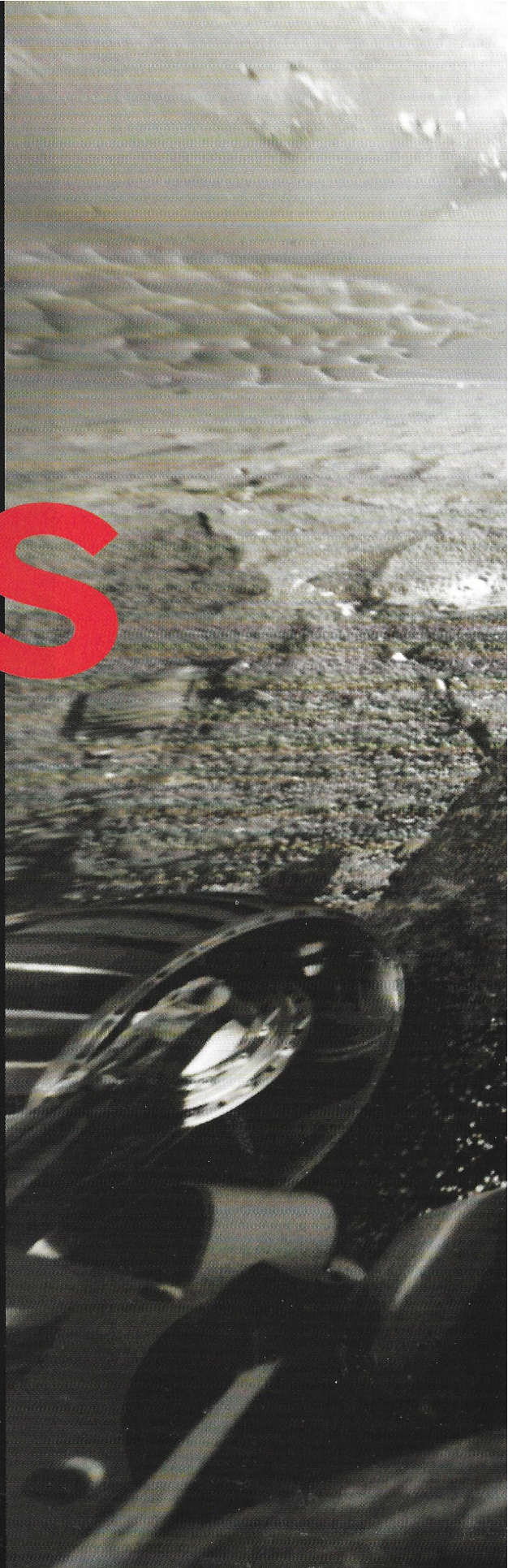
Spetterende landing op MARS

Twee robotwagentjes zoeken al ruim een jaar naar sporen van water in de geschiedenis van Mars. De hamvraag: was er ooit leven op de rode planeet?

Tekst: Charles W. Petit





Zelfportret

Opportunity werpt een schaduw over de krater Endurance. Net als tweelingzusje Spirit aan de andere kant van de planeet had zij volgens de berekeningen al vorig jaar de geest moeten geven. Maar beide Mars-*rovers* blijken onstuitbaar.

NASA/JPL EN CORNELL UNIVERSITY

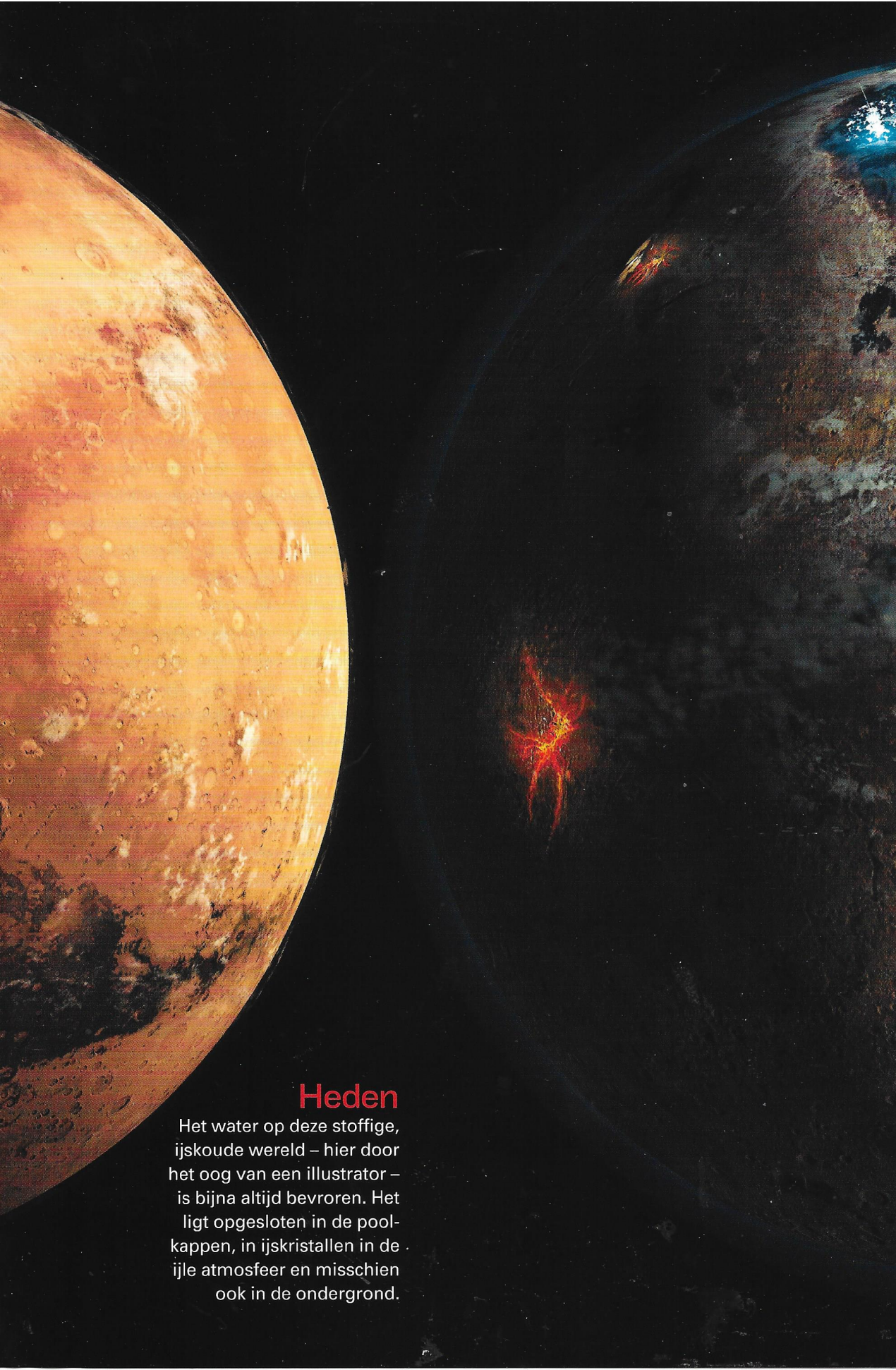
Waarschijnlijk kijkt John Wesley Powell tevreden toe, van ergens daarboven. Toen hij de Grand Canyon in kaart bracht – na in de Amerikaanse Burgeroorlog zijn rechteronderarm te hebben verloren –, waren planeten nog wazige stipjes en durfde niemand van ruimtereizen te dromen. Als pionier van de eenarmige geologie zou Powell als geen ander begrijpen hoe bijzonder de verrichtingen zijn van een nieuwe lichting eenarmige geologen: de twee *rovers* die sinds januari 2004 op Mars naar sporen van water zoeken.

In de tijd van Powell vroegen geologen zich af hoe waterstromen in het roze gesteente van het Colorado Plateau een labyrintachtige kloof hadden uitgesleten. Hun hedendaagse collega's onderzoeken de rol van het water bij de vorming van het Marslandschap. Zoals het zootje ongeregeld dat in 1869 aan Powells expeditie deelnam iedereen wist te verbazen door tijdens een boottocht van bijna honderd dagen de ene na de andere woeste stroomversnelling te overleven, zo bleken de Marswagentjes, waarvan iedereen verwachtte dat ze voor eind vorig jaar de geest zouden geven, het maanden later nog prima te doen. Veldgeoloog Powell hakte stenen stuk en tekende zijn bevindingen op, alles met zijn ene arm. De rovers gaan op dezelfde manier te werk: hun onderzoekswerk verrichten ze met hun ene, drie gewrichten tellende arm, waaraan onder meer een steenboor en een camera zijn bevestigd.

Zowel Powell als de rovers is het te doen om terreinkennis, om wat de bodem te vertellen heeft. Dit is onder geologen geen lichtvaardig gebruikt begrip. Het verwijst naar door noeste arbeid aan de grond

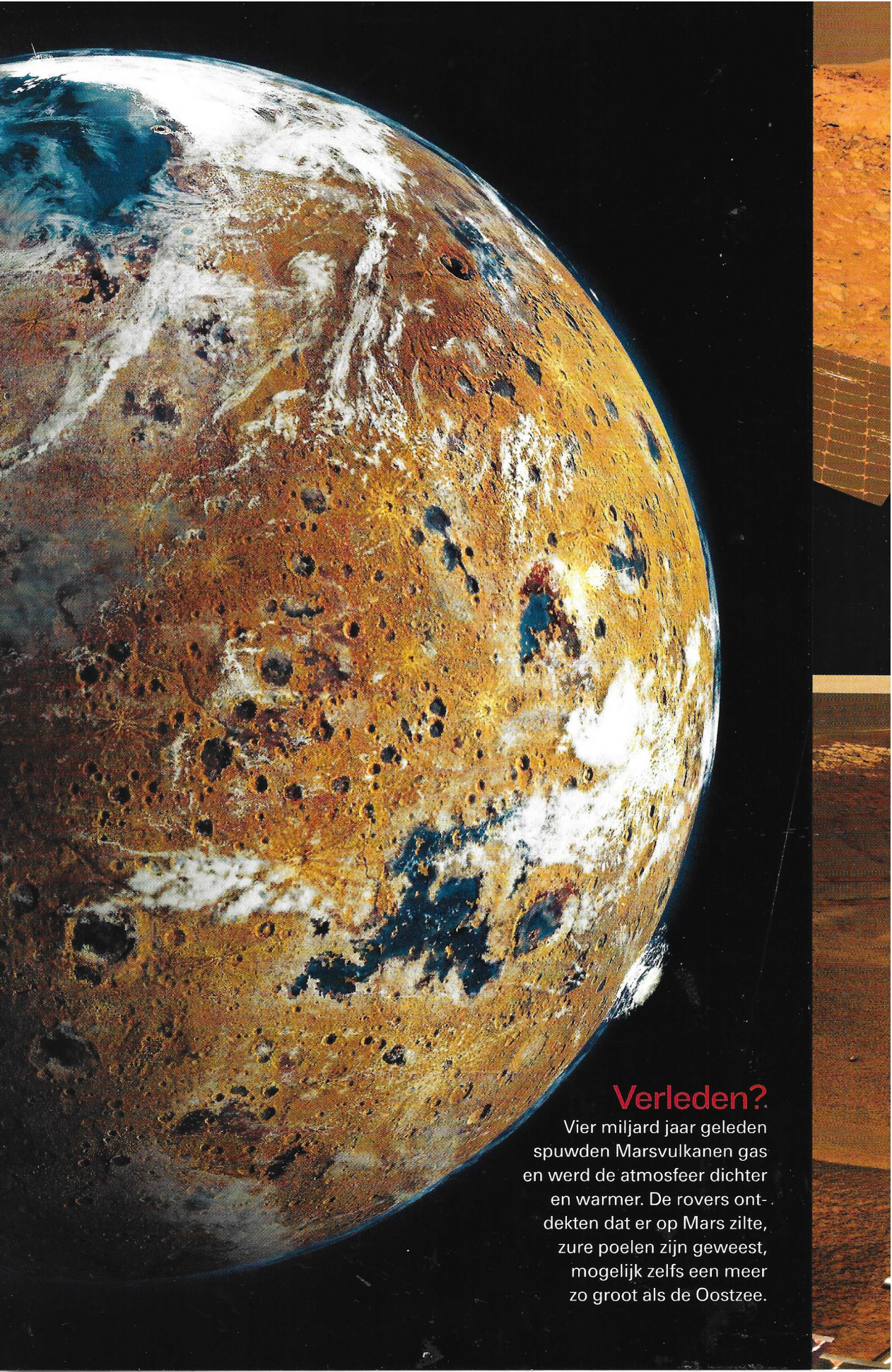
(Vervolg op pagina 45)

ILLUSTRATIES: KEES VEENENBOS. BRONNEN: MARIO ROSSE, SPACE-GRAPHICS (HET HUIDIGE MARS); HET WETENSCHAPPELIJKE TEAM VAN DE MARS ORBITER LASER ALTIMETER (MOLA) (HET VROEGERE MARS); RETO STOCKLI EN HET NASA EARTH OBSERVATORY (WOLKEN)



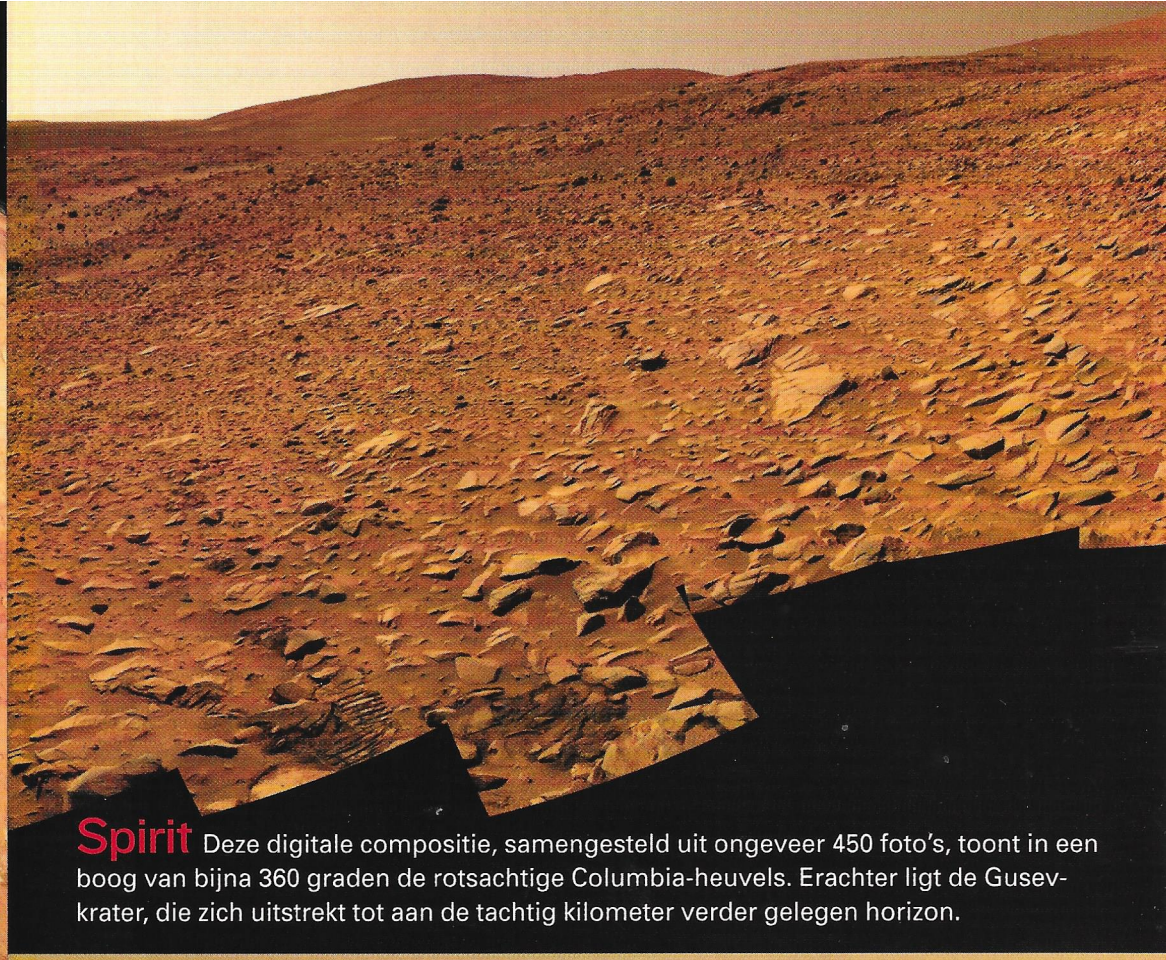
Heden

Het water op deze stoffige, ijskoude wereld – hier door het oog van een illustrator – is bijna altijd bevroren. Het ligt opgesloten in de poolkappen, in ijskristallen in de ijle atmosfeer en misschien ook in de ondergrond.

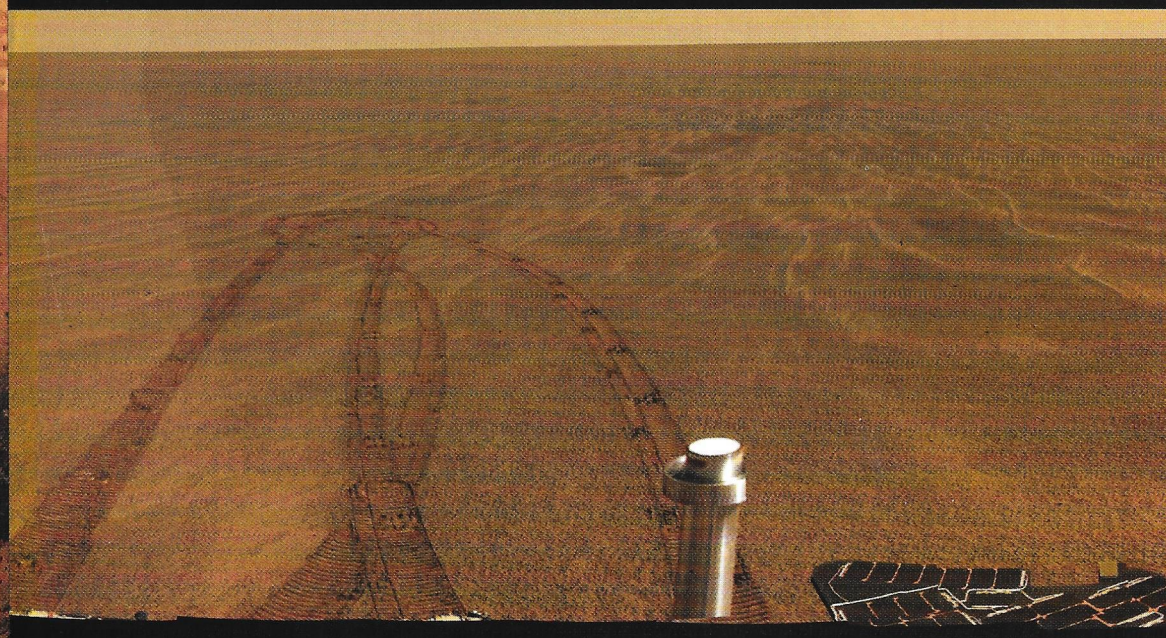


Verleden?

Vier miljard jaar geleden spuwden Marsvulkanen gas en werd de atmosfeer dichter en warmer. De rovers ontdekten dat er op Mars zilte, zure poelen zijn geweest, mogelijk zelfs een meer zo groot als de Oostzee.

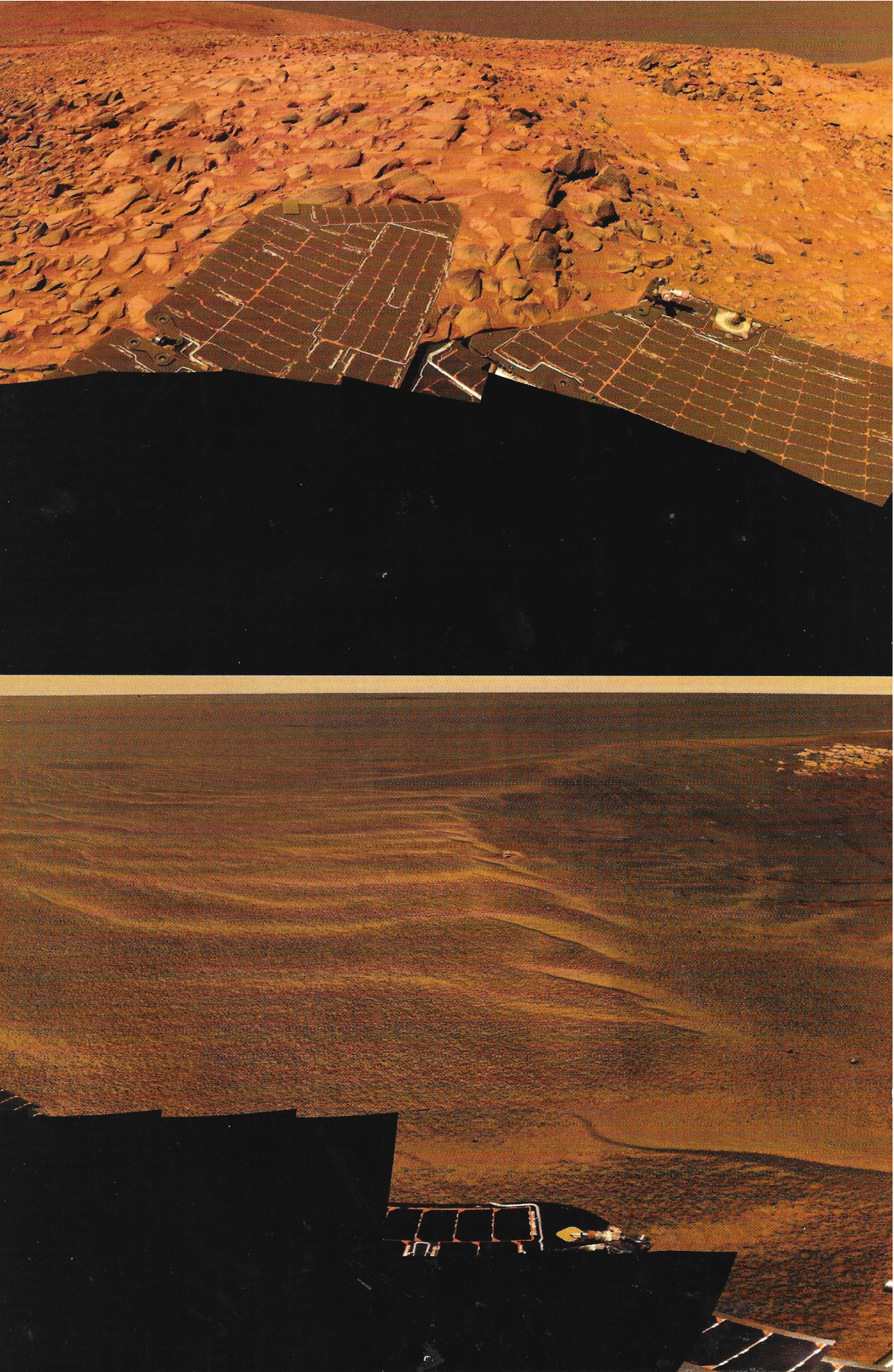


Spirit Deze digitale compositie, samengesteld uit ongeveer 450 foto's, toont in een boog van bijna 360 graden de rotsachtige Columbia-heuvels. Erachter ligt de Gusev-krater, die zich uitstrekt tot aan de tachtig kilometer verder gelegen horizon.

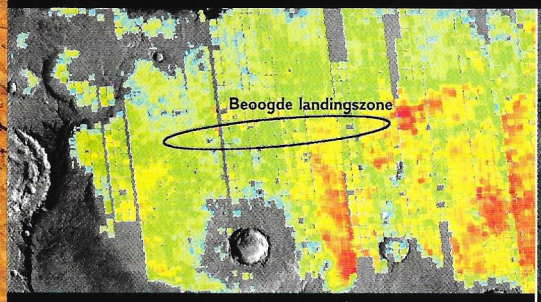


Opportunity Dit uit 550 foto's samengestelde panorama van de Meridiani-vlakte toont de kleine Eagle-krater waarin de rover neerkwam. Behalve de lander zijn ook de lichtgekleurde rotsen zichtbaar die aantoonden dat Mars ooit water kende.

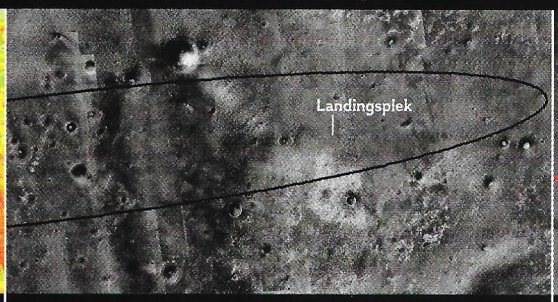
▶ Kijk zelf in het rond op Mars op **nationalgeographic.nl** of **be**.



Vanuit de ruimte...



1 | 270 kilometer



2 | 40 kilometer

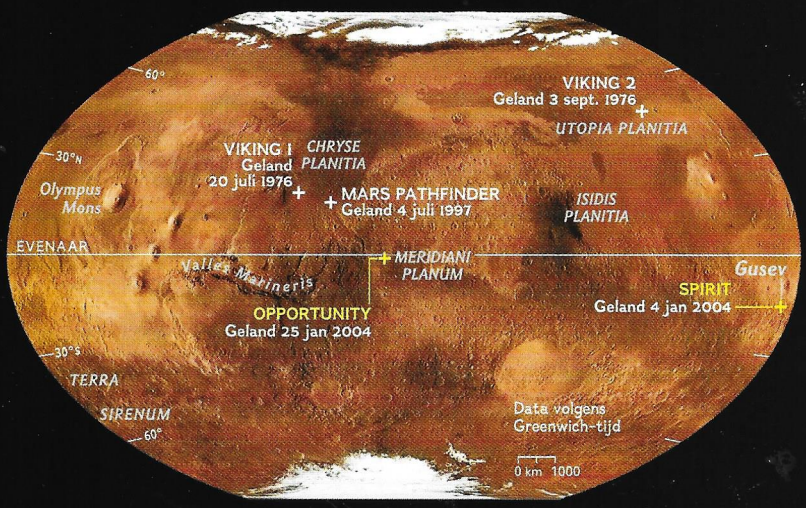
Afstanden geven breedte zichtbaar oppervlak aan

Inzoomen op Mars

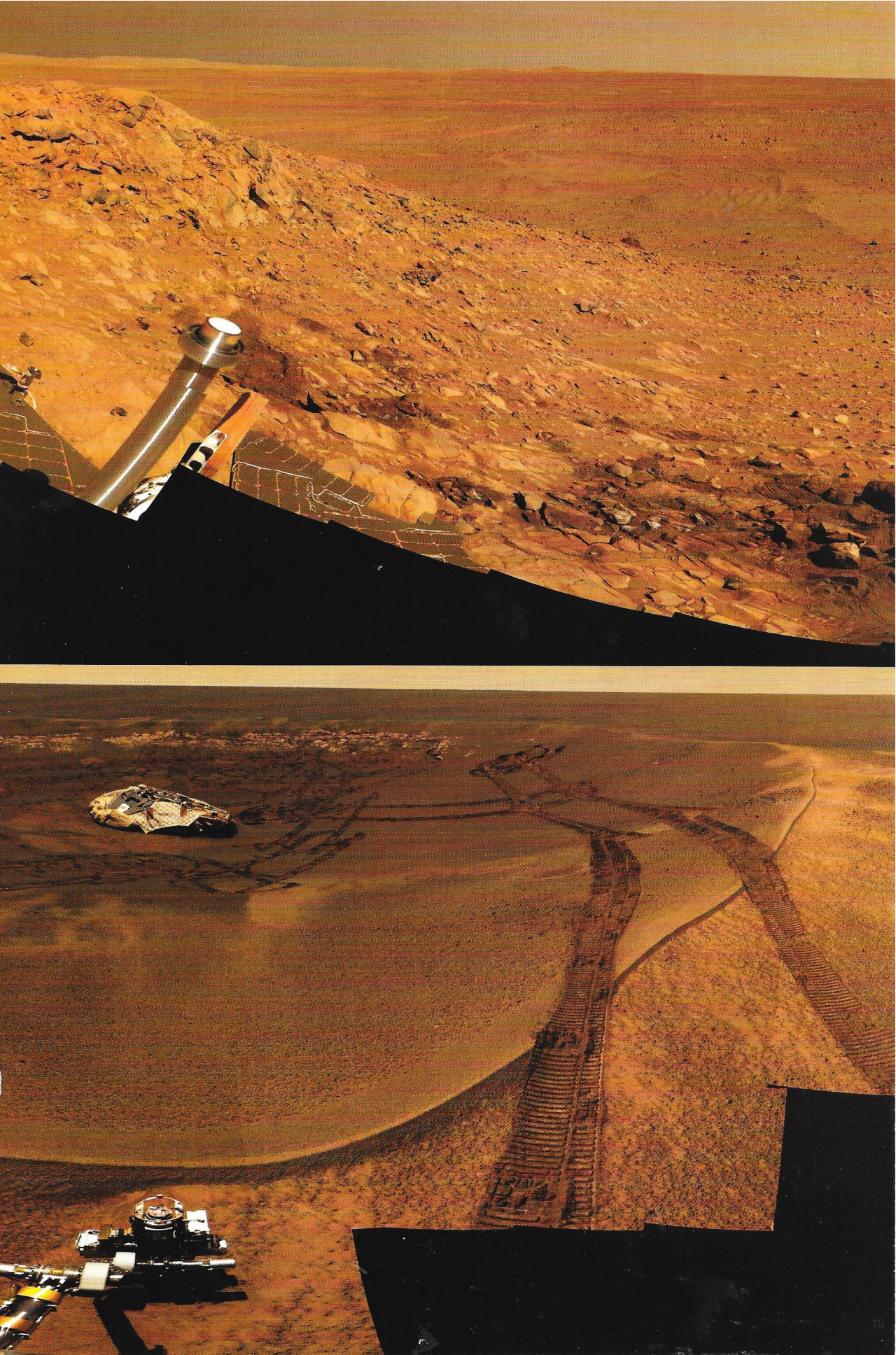
Deze serie foto's – genomen van grote hoogte tot vlak boven het oppervlak – laat zien hoe aanwijzingen voor een nat verleden, zoals te zien vanuit de ruimte, dankzij de Opportunity werden omgezet in harde bewijzen.

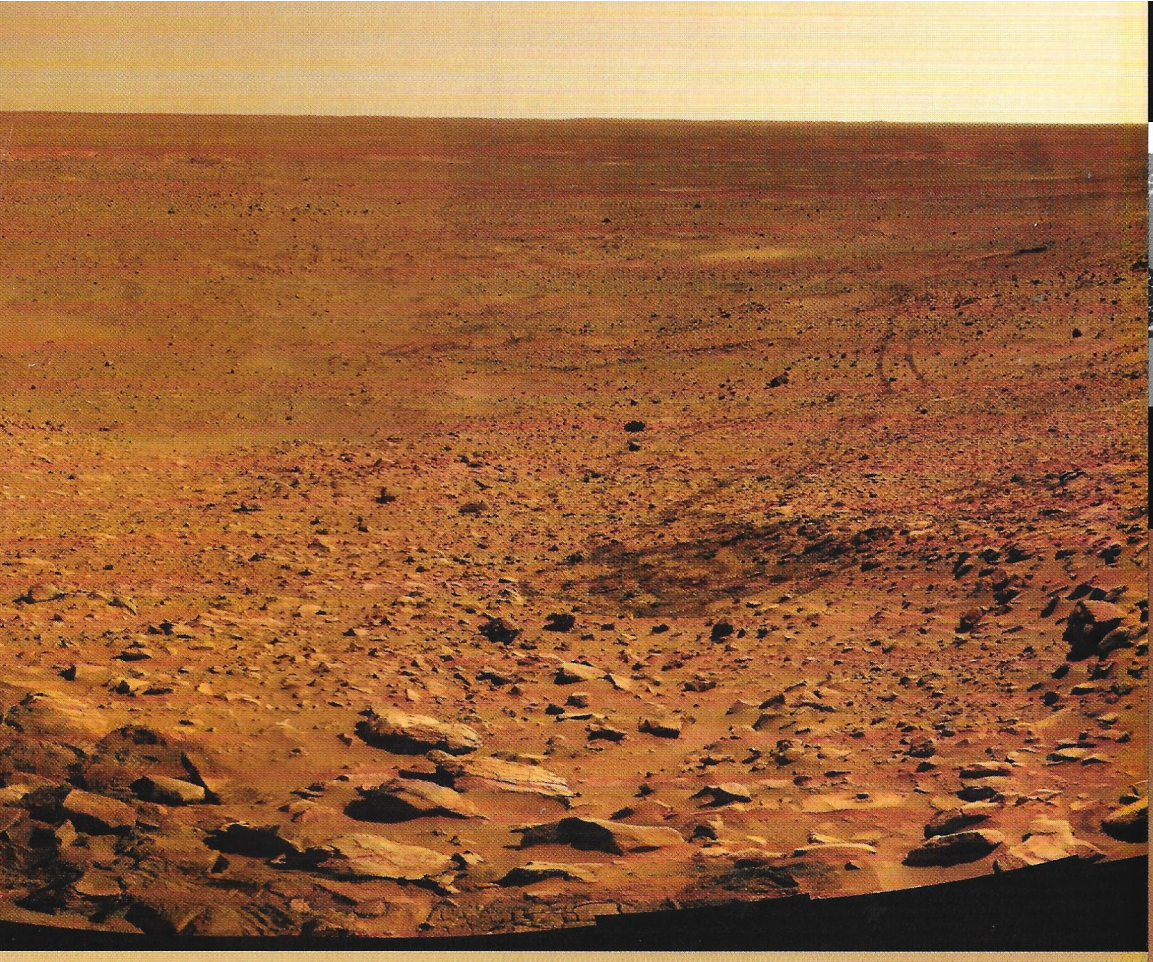
1 Infraroodopnamen vanuit de ruimte laten een gebied zien met grijs kristallijn hematiet, een mineraal dat aangeeft waar op Mars vroeger misschien water is geweest – hoe roder, des te meer hematiet.
2 Van dichterbij is in het circa tachtig kilometer grote landingsgebied een kleine krater te zien, waarin de rover zou neerkomen.
3 Op dit beeld, samengesteld van tijdens de afdaling gemaakte foto's, toont een rode, door de computer gegenereerde lijn hoe de lander de twintig meter brede krater in stuiterde.
4 Twee weken na de landing is op een vanuit de ruimte gemaakte foto te zien dat het wagentje het landingsvaartuig heeft verlaten.
5 Naast de Opportunity komt in de kraterwand het bodemgesteente aan de oppervlakte. De gelaagde structuur komt overeen met sedimentair, in water neergeslagen aardgesteente. Het roestkleurige vierkant is de rots Stone Mountain.
6 Van dichtbij blijkt Stone Mountain hematiet te bevatten. Hematiet is een ijzerhoudend mineraal dat in water kan ontstaan.
7 De microscoopcamera van de Opportunity maakt opnamen van een hematietbolletje. Onder de rots liggen veel van zulke bolletjes, die ooit in water zijn ontstaan.

De nog geen anderhalve meter grote Opportunity (illustratie rechts) en Spirit beschikken over zonnepanelen, camera's, radio's en een mechanische arm vol instrumenten. Ze landden in de buurt van de evenaar, diametraal tegenover elkaar (kaart onder).



1: NOEL GORELICK EN CHRIS EDWARDS, ARIZONA STATE UNIVERSITY; NASA/JPL 2: NASA/JPL EN MALIN SPACE SCIENCE SYSTEMS (MSSS) 3: ANDREW JOHNSON, JPL; NASA 4: NASA/JPL EN MSSS 5: NASA/JPL EN CORNELL 6: NASA/JPL EN CORNELL 7: KEN HERKENHOFF, USGS; NASA/JPL; CORNELL. KAART: FOTO DOOR MSSS; GEGEVENS VAN NASA/JPL EN MARS ORBITER CAMERA (MOC) EN MOLA SCIENCE TEAMS; NATIONAL GEOGRAPHIC MAPS. ILLUSTRATIES (RECHTS): MAAS DIGITAL; CORNELL; NASA/JPL

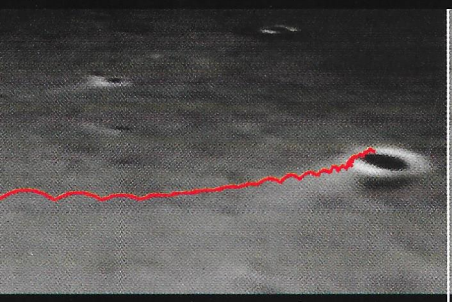




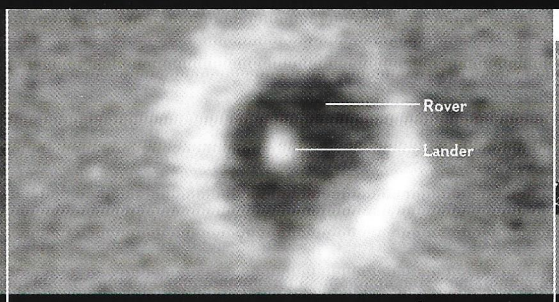


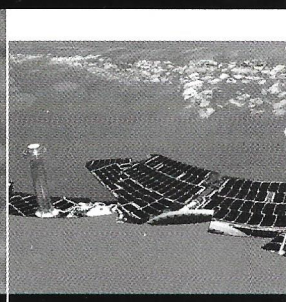


JIM BELL, CORNELL; BOB DEEN, JPL; NASA (BEIDE)

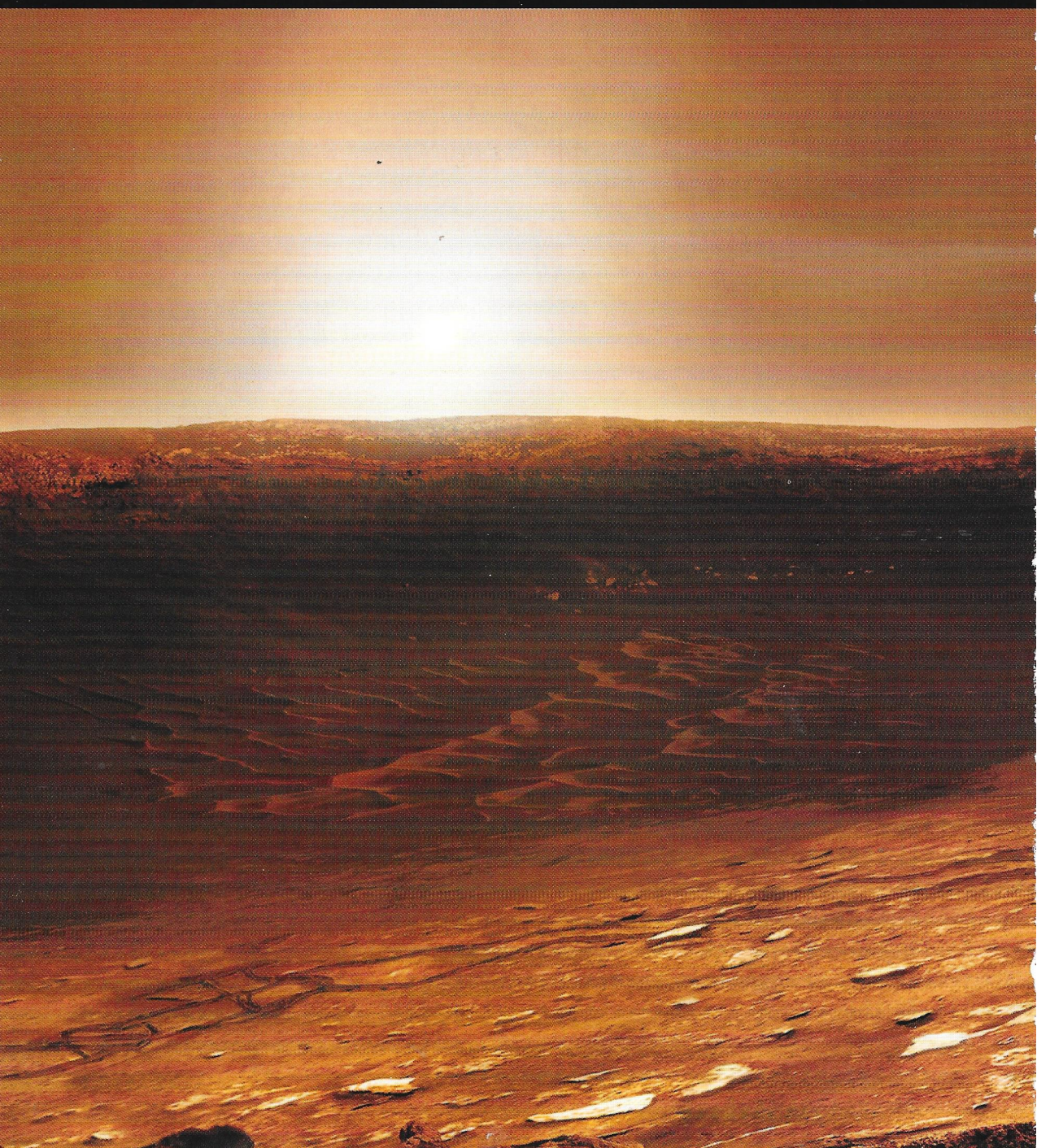


3 | 200 meter

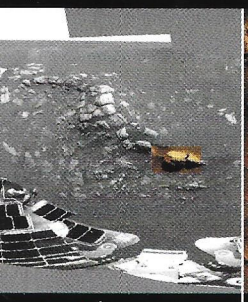




4 | 70 meter



...tot op de bodem



5 | 4,5 meter



6 | 40 centimeter



7 | 3 centimeter

Spirit

Sol 66
Afgelegde afstand:
0,4 km

Bonneville-krater

Sol 107
1 km

Sol 1
Geland 4 jan. 2004
Een Martiaanse zonnedag,
of sol, is 24 uur en 39 minuten.

Sol 118
1,5 km

Missoula-krater

Lahontan-krater

Data volgens Greenwich-tijd

0 m 100

RON LI, OHIO STATE UNIVERSITY (ROVER-ROUTES), MICHAEL CAPLINGER EN MICHAEL MALIN, MSSS/NASA/JPL (BOVEN EN RECHTSONDER), JIM BELL, CORNELL, NASA/JPL (ONDER). ADVIEZEN: LARRY CRUMPLER, NEW MEXICO MUSEUM OF NATURAL HISTORY AND SCIENCE. NATIONAL GEOGRAPHIC MAPS

Opportunity

Sol 38 Last Chance
Sol 15 Stone Mountain
Sol 47
N
Sol 50
Sol 1
Sol 22
Sol 56
0,2 km
Sol 51
Eagle-krater

Schaal varieert in deze perspectief.
Diameter van de Eagle-krater is twintig meter.

EAGLE-KRATER
LINKS UITVERGROOT

Sol 1
Geland 25 jan. 2004

Sol 84
0,7 km

Fram-krater

Endurance-krater

Sol 95
1 km

Sol 315
1,8 km

Sol 287
Burns Cliff

Hitteschild ruimte-vaartuig

Sol 325
2 km

Sol 357
25 jan. 2005
2,1 km

Sol 360
2,4 km

Zelfde schaal als afbeelding boven



Eén jaar, twee tochten

Met horten en stoten legde de Spirit in een jaar vier kilometer af, per dag slechts enkele tientallen meters (boven). De Opportunity bleef aanvankelijk dicht bij haar landingsplek (kaart en uitvergroting, links), maar nu is zij op weg naar het zuiden. Zorgvuldig beheer van de accu's op zonne-energie heeft bijgedragen aan de lange levensduur van de rovers. De panelen zijn voortdurend op de zon gericht. Om energie te besparen worden 's nachts sommige instrumenten uitgeschakeld.

▶ **ONLINE** Ontdek waar de Marsrovers nu zijn op onze website **nationalgeographic.nl** of **be**.

verkregen kennis gebaseerd op lijfelijk contact met rotsmonsters, op wandelingen door rotsige kloven, op het persoonlijk blootleggen van gesteente. Met de informatie over het terrein kunnen onderzoekers betrouwbare uitspraken doen over de uitgestrekte gebieden op Mars die ze van veraf hebben waargenomen. Powell beklom honderden meters hoge rotswanden om kleurrijke lagen kalksteen, zandsteen, marmer, hoornkiezel, vulkanisch gesteente en gneis van dichtbij te kunnen bekijken. Eenmaal boven kon hij kilometersver uitkijken over de kloven, kaartjes schetsen in zijn notitieboekje en lagen in de verte identificeren aan de hand van hun kleur en hun loop. Op een vergelijkbare manier kunnen onderzoekers, dankzij de detailinformatie die de zeswielige rovers verzamelen op twee stukjes van Mars, de beelden interpreteren die satellieten van grote hoogte van de planeet maken.

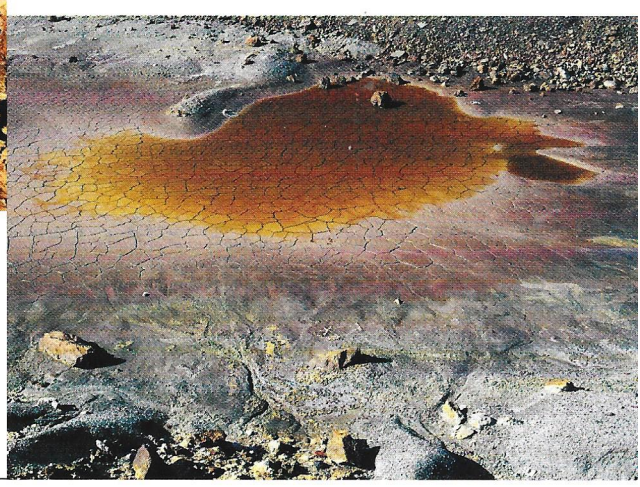
Neem bijvoorbeeld de meanderende kanalen die op het droge Marsoppervlak te zien zijn. Ze lijken zo sterk op drooggevallen rivierbeddingen dat de conclusie voor de hand ligt: ooit was er stromend water op Mars. Maar tot voor kort ontbraken daarvoor de harde bewijzen. Volgens sommige onderzoekers was het ook mogelijk dat de geulen waren uitgesleten door ijskoude stromen vloeibare kooldioxide. Weer anderen waren ervan overtuigd dat het op Mars, op zeer kortstondige momenten na, altijd zo koud was dat er geen vloeibaar water kon stromen. De grote hoeveelheden kalksteen en andere carbonaathoudende mineralen die in een warme atmosfeer met veel kooldioxide zouden zijn ontstaan, ontbraken immers op de planeet.

Dankzij de Spirit en de Opportunity zijn er nu wel directe en overtuigende bewijzen dat er water op Mars heeft gestroomd, zeker in de vroegste geschiedenis van de planeet. Vermoedelijk ontstonden er van tijd tot tijd poelen, rivieren en vloedgolven, afgewisseld door droge perioden. Het lijkt steeds aannemelijker dat vloeibaar water ooit in grote hoeveelheden op Mars voorkwam, al was het slechts even. Zelfs oceanen behoren tot de mogelijkheden. En waar water was, daar was misschien ook leven mogelijk – een gedachte die blijft fascineren.

De door zonne-energie aangedreven robotwagentjes leggen op een dag zelden meer dan honderd meter af. Een geoloog van vlees en bloed zou hooguit een week nodig hebben gehad voor wat de twee rovers meer dan een jaar kostte. Niet-

Modellen voor Mars...





Om de vele gegevens van de rode planeet beter te kunnen interpreten, zoeken wetenschappers op aarde naar plekken die met Mars zijn te vergelijken. Oude sedimenten in gesteente in Kansas (boven) lijken op steenlagen die de Spirit aantrof (foto voorgrond). Het zuurhoudende water van de Spaanse Río Tinto-regio en de

temin zijn de robotkarretjes de best denkbare vervangers van 'echte' geologen. "Van begin af aan wilden we dat de beeldkwaliteit net zo goed was als die van het menselijk oog," zegt Jim Bell. Hij is de man achter de panoramische camera waarmee beide rovers zijn uitgerust. Deze 'Pancam' kijkt in stereo, net als wij mensen, en de lenzen bevinden zich op ooghoogte.

Wie de wetenschappers hoort die de rovers hun dagelijkse marsorders geven, zou denken dat ze zelf op de planeet zijn, er foto's maken, zich over sedimenten buigen en gaten boren. "Wauw, moet je dat zien!" roept Steve Squyres, als zich op een avond weer zo'n Marslandschap voor zijn ogen ontvouwt. Squyres leidt het team dat de Spirit en de Opportunity ontwikkelde. Zijn horloge geeft de Marstijd aan en met zijn medewerkers spreekt hij niet over dagen, maar over 'sols', waarmee de 24 uur en 39 minuten durende etmalen van Mars worden aangeduid.

Deze avond, tien maanden nadat de Marswagentjes aan het werk gingen, is Squyres terug in het gebouw van Cornell Space Sciences in Ithaca, New York. Ongeveer één keer per dag sturen de rovers een rapport naar aarde, met onder meer digitale kiekjes en instrumentgegevens. Squyres kijkt met grote ogen naar een enorm videoscherm aan de wand, waarop de door Opportunity gemaakte opnamen te zien zijn. Op het scherm verschijnt een mooi gekaderde foto van de zuidrand van de krater Endurance, een 130 meter brede meteorietinslag in een uitgestrekte vlakte bij de evenaar. De voorgrond links helt sterk naar beneden. Aan de rechterkant zien we de steile kraterwand van bleek gebarsten gesteente. De teamleden hebben deze wand Burns Cliff genoemd, naar de overleden mineraloog Roger Burns, die als eerste opperde dat sedimenten zoals die op de rand van de krater te zien zijn, door water zouden kunnen zijn achtergelaten.

De aanblik van de foto ontroert Squyres. "We staan hier in een krater die is geslagen in door water gedeponeerde sedimenten. We rijden door stuifzand. We zijn er echt. We rijden over Mars en gaan maar door. Het overtreft onze stoutste verwachtingen."

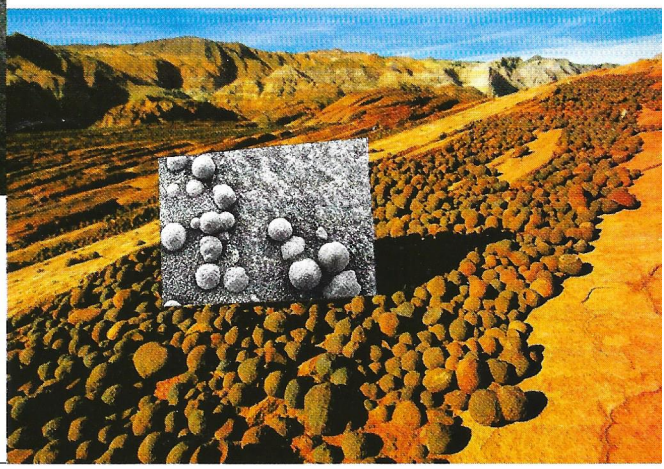
Squyres droomde al zestien jaar van de mogelijkheid mobiele geologische instrumenten op Mars te laten landen. De laatste zes jaar werkte hij samen met Ray Arvidson van de Washington University in St. Louis. Het tweetal bracht talloze uren door met het testen van prototypen in de woestijnen van het zuidwesten van Amerika. Ze slaagden erin NASA en het Congres ervan te overtuigen het geld voor de missie op te hoesten.

Uiteindelijk besloot NASA niet één, maar twee Marsrovers op pad te sturen, om zo de kans op succes te verdubbelen. De totale kosten bedroegen 850 miljoen euro.

Begin 2004 bereikten de wagentjes eindelijk Mars, in het gezelschap van een kleine vloot ruimtesondes die bijna allemaal gebruikmaakten van een zeldzame samenstand van de planeten, waardoor de reis tot zes maanden werd bekort.



... op aarde



regelmatig opdrogende zoutmeren in Western Australia vertonen wellicht overeenkomsten met het water dat vroeger op Mars voorkwam. De ijzeroxidebollen in de zandsteenheuvels van Utah (rechts) ontstonden in doorweekt rotsgesteente, evenals de bolletjes die de Opportunity aantrof (zwartwitfoto).

Sommige sondes werkten niet goed, maar de Europese satelliet Mars Express kwam veilig aan, evenals de Spirit en, enkele weken later, de Opportunity. Nadat beide rovers in de Mars-atmosfeer waren gekomen en hun landingsparachutes zich hadden ontvouwd, bliezen beide apparaten hun airbags op en ontstaken ze hun remraketten. De laatste acht meter van de afdaling legden ze in vrije val af, waarna ze stuiterend en rollend tot stilstand kwamen. De rovers landden elk aan een andere kant van Mars, in gebieden die sterk van elkaar verschillen.

De Spirit landde in de Gusev-krater. Vanuit de ruimte leek de kans groot dat daar sedimenten van een oud meer te vinden zouden zijn. De krater met een doorsnee van 150 kilometer ligt op 15 graden zuiderbreedte, aan de rand van een van de hoogvlakten die het zuidelijk halfrond rijk is. Er komt een enorme kloof in uit. Alles wijst erop dat het gaat om de bodem van wat ooit een meer was. De onderzoekers hoopten dan ook dat de krater bijvoorbeeld veel opgedroogde modder zou bevatten.

Die hoop bleek ijdel. Na de landing van de Spirit op 4 januari bleek het ruimtewagentje zich in een ruige, met stenen bezaaide vlakte te bevinden. "Er was slechts massief, hard, zuiver basalt," zegt Squyres. Als het terrein ooit de bodem van een meer was geweest, dan was het reeds langgeleden door lavastromen bedekt. Spirits eerste observaties van stenen in de buurt leverden slechts enkele sporen van door water achtergelaten mineralen op. Dit wees erop dat de stenen weliswaar soms beslagen waren geweest, maar nooit in water hadden gelegen. De Spirit stuurde verder beelden van een betoverend vergezicht, waarop in het zuidoosten een lage heuvelrug te zien was. De heuvels waren ongeveer negentig meter hoog en dateerden duidelijk van voor de lavastromen, die niet verder dan de voet van de heuvels waren gekomen. De heuvels hadden mogelijk in tegenstelling tot de krater wel een 'natte' geschiedenis, maar tot frustratie van de onderzoekers op aarde lagen ze drie kilometer verderop – ver buiten het bereik van de Spirit, dacht de missieleiding.

Nadat de Spirit de naburige krater Bonneville had onderzocht en ook daar alleen basalt had aangetroffen, stuurde de missieleiding haar – volgens de wetenschappers zijn de rovers vrouwelijk – op een ongewisse tocht recht naar de heuvels, die ter nagedachtenis van de verongelukte spaceshuttle de Columbia-heuvels waren gedoopt. Op sommige Marsdagen legde de Spirit meer dan 120 meter af. "We stormden zo snel als we konden over de vlakten," zegt Doug Ming van het Johnson Space Center.

Op sol 156, half juni op aarde, kwam de rover bij de heuvels aan. "Het was alsof we een ander werelddeel hadden bereikt," zegt teamlid Larry Crumpler.

De Columbia-heuvels bleken te bestaan uit vulkanische as of puin van een meteorietinslag. Maar in tegenstelling tot het harde gesteente van de vulkanische vlakte, waren deze rotsen van

CARY WOLINSKY (KANSAS, AUSTRALIË, UTAH); JUAN M. SANCHEZ EN JOSE L. DE LOPE (SPANJE); KEN HERKENHOFF, USGS; NASA/JPL; CORNELL (MARSBEELDEN)

zacht, bijna kalkachtig materiaal, waarin de boor van de Spirit moeiteloos doordrong. Sommige rotsen leken weg te rotten. De textuur van het gesteente duidde erop dat er ooit water doorheen was gesijpeld. De aangetroffen mineralen bevestigden deze veronderstelling. Eerst ontdekte de Spirit grijs kristallijnen hematiet, een ijzeroxide dat meestal (maar niet altijd) door water ontstaat. Het echte bewijs kwam in december 2004 met de vondst van goethiet, een ijzermineraal dat alleen in water wordt gevormd. Langgeleden, zo toonde het goethiet aan, waren deze heuvels kletsnat geweest.

Een prachtige ontdekking, maar een primeur was het niet. De Opportunity had namelijk al maanden eerder onmiskenbare sporen van water gevonden. Voor de zusterrover van de Spirit had de vluchtleiding een landingsplaats gekozen op de Meridiani Planum, een vlakte zo glad als een biljartlaken waar zich – zo was geconcludeerd op basis van infraroodopnamen van satellieten – sporen van hematiet bevonden. Bij aankomst stuiterde de Opportunity tweehonderd meter over het bijna volkomen vlakke terrein om uiteindelijk, door puur toeval, tot stilstand te komen in een kratertje met een doorsnee van twintig meter.

Zodra de rover zijn camera's inschakelde, werd duidelijk dat met de Opportunity van een afstand van vijfhonderd miljoen kilometer een *hole-in-one* was geslagen. Langs de rand van de kleine krater, die de Eagle werd gedoopt, kwam lichtkleurig gesteente aan de oppervlakte. Met de RAT (Rock Abrasion Tool), een slijper met een diamanten snijvlak, maakte de rover wat van dit gesteente los. Het blootgelegde materiaal werd geanalyseerd om te bepalen uit welke mineralen het bestond en wat de chemische samenstelling was. Vervolgens werd het materiaal nauwgezet bestudeerd met meerdere camera's, waaronder een microscoopcamera. Het leverde een ware schat aan aanwijzingen op dat dit deel van Mars ooit erg nat was.

Het poreuze gesteente bleek veel mineralen te bevatten die door water zijn achtergelaten: magnesiumsulfaten, bromiden, chloriden en ijzerhoudende chemische verbindingen. De bodem was bezaaid met grijze bolletjes, die algauw de bijnaam 'bosbessen' kregen. Deze hematietrijke bosbessen verklaren waarom het gebied vanuit de ruimte grijs oogt. De wetenschappers kwamen tot de conclusie dat al deze mineralen waren gedeponeerd doordat zout grondwater door zand en poreus gesteente sijpelde.

De mooiste vondst was een dertig centimeter lang stuk gesteente met daarop duidelijk afgetekende golvende lagen. De sedimentspecialisten in het team riepen meteen verheugd: "Zandgolfjes!" Deze kunnen ontstaan als stromend water golfjes in een zanderige bodem vormt, waarna deze door sediment worden begraven en geconserveerd. "Als je naar een strand of beek bij jou in de buurt gaat en daar in de bedding begint te graven, zie je dergelijke patronen ook," zegt Dave Rubin van de Amerikaanse geologische dienst.

Niemand weet hoe de waterlichamen in Meridiani er hebben uitgezien. Maar de gedetailleerde terreingegevens die de rovers hebben verzameld, geven de wetenschappers aanwijzingen die ze kunnen combineren met de satellietbeelden van Mars en met wat we weten over onze eigen planeet.

Zo maken de satellietbeelden bijvoorbeeld duidelijk dat het lichtgekleurde gesteente op veel meer plaatsen te vinden is dan alleen in de hematietzone die de planners van de ruimtemissie tot het besluit bracht een van de rovers in Meridiani te laten neerkomen. Als al het bleke gesteente door water is gevormd, dan kan het natte gebied zo groot zijn geweest als de Oostzee op aarde.

De diepe kloven die vanuit de ruimte zichtbaar zijn, wijzen erop dat het sedimentaire gesteente op sommige plekken wel vijfhonderd meter dik is. Was Meridiani ooit de bodem van een echte zee, met open water? "Dat valt niet te zeggen," aldus Hynek. "Maar water vond je niet alleen hier en daar. Er was veel water."

Wetenschapster Marjorie Chan zag een gelijkenis tussen de landingsplaats van de Opportunity en kloven in het zuiden van Utah. Chan is geoloog aan de University of Utah en bestudeert de ronde steentjes die in souvenirwinkeltjes in het westen van de Verenigde Staten als 'moquiknikkers' worden verkocht, vanwege de overtuiging van de Hopi-indianen dat de steentjes speeltjes zijn voor de geesten van hun voorouders, de *moqui*. Haar team ontdekte dat deze knikkers bestaan uit zandsteen dat aan elkaar is geplakt met ijzerhoudende mineralen die als bezinksel uit het grondwater neersloegen, zoals hematiet en goethiet.

Watersporen

Verse en oude sporen van water: de Europese Mars Express fotografeerde ijslagen bij de noordpool (rechts), terwijl de Amerikaanse Mars Global Surveyor een dertien kilometer grote sedimentformatie (rechtsonder) ontdekte. Dit sediment is waarschijnlijk ooit achtergelaten door een rivier die in een meer uitkwam.



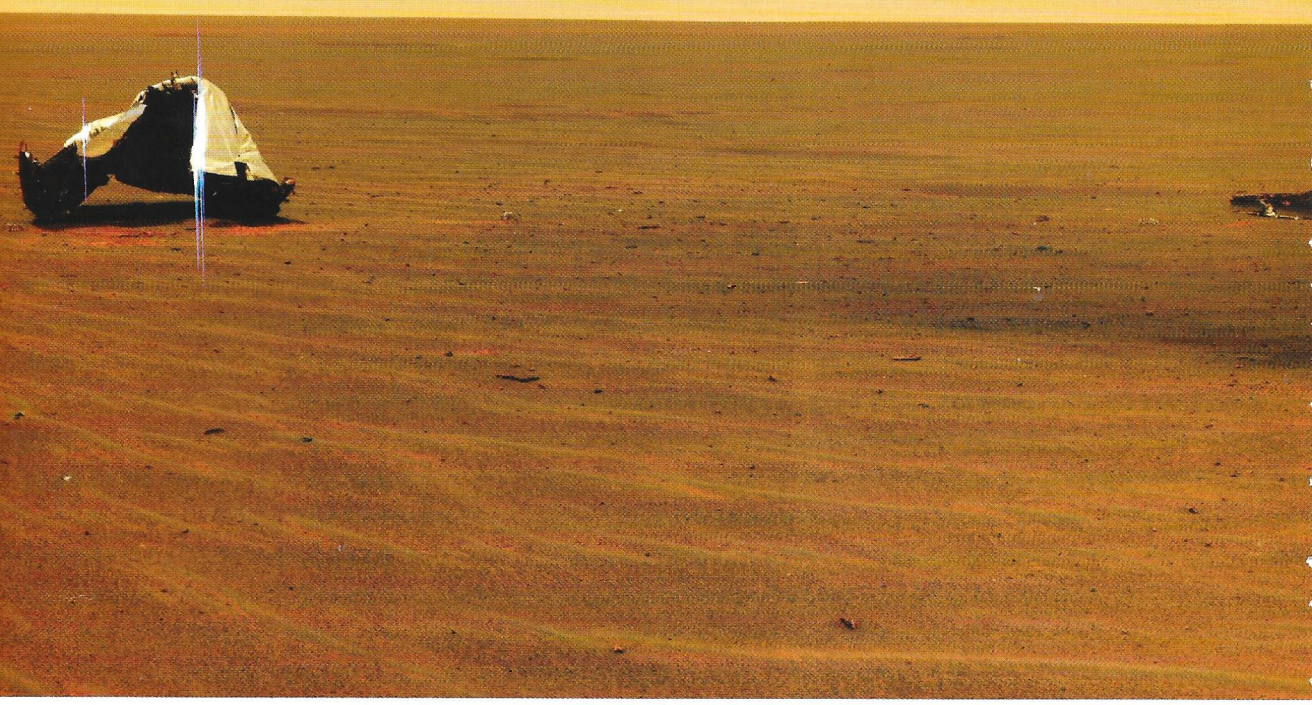


In 2003, toen Chans team hoorde dat een van de Marslanders op weg was naar een hematiethoudende landingsplaats, voorspelde zij in een artikel dat daar ook zulke knikkers te vinden zouden zijn. Het stuk was nog niet verschenen toen – bingo! – de foto's van de bosbessen op Mars werden gepubliceerd. Haastig schreven Chan en haar medeonderzoekers een nieuw artikel, waarin het verband tussen de Martiaanse bosbessen en de knikkers uit Utah verder werd uitgewerkt. Hierin werd ook een aanlokkelijke, maar speculatieve hypothese gepresenteerd: mogelijk spelen ondergronds levende bacteriën een rol bij de vorming van de knikkers in Utah, hetgeen doet vermoeden dat Martiaanse micro-organismen in het verre verleden ook een rol hebben gespeeld bij het cementeren van de bosbessen in Meridiani. Het jarenlange onderzoek van Chans team naar de wijze waarop moqui-knikkers groeien, kan de Marsonderzoekers helpen bij het bepalen hoeveel water er nodig was om de bosbessen in Meridiani te laten ontstaan.

Ook het bericht dat de mineralen in Meridiani de sulfaatverbinding jarosiet bevatten, leverde aha-erlebnissen op. Op aarde wordt jarosiet alleen in een natte omgeving met een hoge zuurgraad gevormd, bijvoorbeeld in het water dat uit mijnen wordt gepompt. De Nederlander Johan Varekamp van de Wesleyan University in Connecticut stelde vast dat de mineralen van Mars sterk lijken op die van een vulkanisch gebied aan de Chileens-Argentijnse grens, waar riviertjes stromen met door vers hematiet knalrood gekleurd water, die uitkomen in een uiterst zuur meer onder de vulkaan. Ondanks hun hoge zuurgraad zitten deze aardse rivieren en meren vol micro-organismen, stelt Varekamp.

Het bestaan van zure rivieren en meren op Mars zou een oud argument tegen de theorie weerleggen dat de planeet een warm en vochtig verleden heeft. Dat argument betreft de afwezigheid van carbonaten die hadden moeten achter-

GERHARD NEUKUM EN STEPHEN VAN GASSELT, FREIE UNIVERSITÄT BERLIN; ESA; GERMAN AEROSPACE CENTER (BOVEN); MSSS EN NASA/JPL (RECHTS).



Hoe nu verder?

In december stuitte de Opportunity op de resten van haar hitteschild (midden en rechts op de foto). De krater rechts ontstond toen het op grote hoogte afgestoten schild neerstortte. Ondertussen beklom de Spirit de Columbiaheuvels. Beide rovers zijn 'behoorlijk kras voor hun leeftijd', zegt Jim Erickson van de NASA.

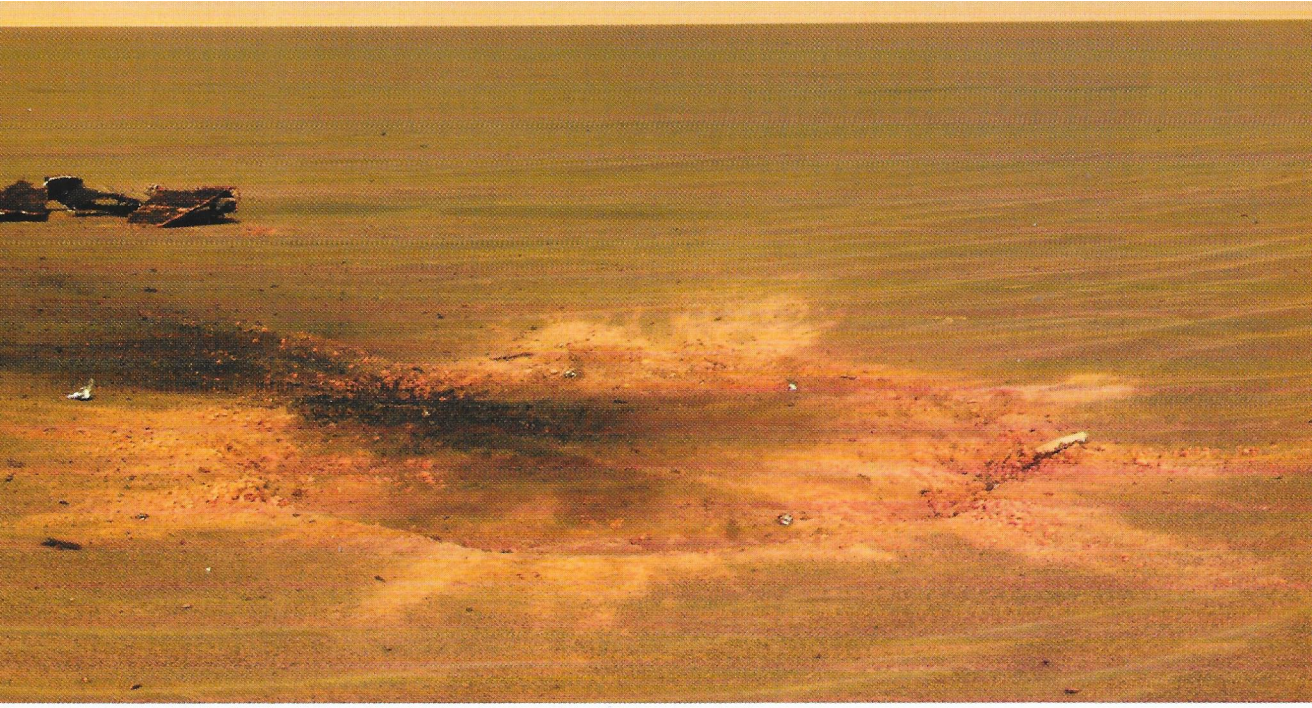
blijven als de planeet ooit in een warme deken van kooldioxide gehuld was geweest. Als het Marswater was verzuurd door de zwavel van de vulkanen die op de vroege planeet actief waren, dan verklaart dat de afwezigheid van die carbonaten. Zuur werkt de vorming van carbonaten namelijk tegen.

De aanwezigheid van jarosiet impliceert tevens dat de natte periode tamelijk plotseling is geëindigd. Als het klimaat lang vochtig was gebleven na het ontstaan van het jarosiet, zou dit mineraal weer zijn afgebroken en niet meer worden aangetroffen. De gelaagde sedimenten in Meridiani mogen dan wel honderden meters dik zijn, als deze lagen zijn gevormd in een cyclus waarin de omgeving nat werd en vervolgens steeds weer opdroogde, kunnen zij in minder dan een half miljoen jaar zijn opgebouwd. Dat is slechts een oogwenk in de 4,5 miljard jaar oude geschiedenis van Mars.

Hoe kan al dat water zo snel zijn verdwenen? Waar is het dan gebleven? Misschien ging een deel ervan voorgoed verloren nadat het was verdampt en zo hoog in de atmosfeer terechtkwam dat het door straling in atomen werd opgesplitst die vervolgens in het heelal verdwenen. Een deel van het water is nog steeds op Mars, in de vorm van ijs op de polen. En een groot deel zou ondergronds verborgen kunnen zijn, mogelijk in gletsjers onder een dikke laag stof. Deze theorie wordt beproefd door de Europese ruimtesonde Mars Express, die in een baan om de planeet draait. De sonde heeft een veertig meter lange antenne die het Marslandschap met radargolven aftast om te zoeken naar water dat zich mogelijk tot op twee kilometer diepte onder de aardkorst bevindt.

Mars Express heeft misschien al indirecte bewijzen opgespoord voor onderaards vocht op Mars: aanwijzingen dat er methaan in de atmosfeer zit. Methaan, op aarde ook wel bekend als moerasgas, kan een teken zijn dat er in vochtige gebieden onder de grond micro-organismen leven.

Ondertussen zwoegen beide rovertjes dapper voort, tot verbazing van hun bestuurders op aarde. Na een jaar traden er wel slijtageproblemen op. De motor in het rechtervoorwiel van de Spirit haperde even en een instrument van de Opportunity gaf na een zeer koude winter, met temperaturen tot 110 graden Celsius onder nul, voorgoed de geest. De voorspelling dat stof op de zonnepanelen tot een fataal energietekort zou leiden, bleek niet te kloppen. De wagentjes kregen onverwacht zelfs weer extra energie toen windhozen het opgehoopte stof van de panelen bliezen.



Terwijl de Spirit verder bleef zoeken naar de geschiedenis van het Marswater in de heuvels en dalen van de Columbia-heuvels, begon de Opportunity aan een reis die haar zover moest brengen als haar slijtende mechanisme toestond. In december verliet ze de krater Endurance en zette koers naar het zuiden. Na 160 meter te hebben afgelegd, stootte ze op de resten van haar eigen hitteschild, dat op de planeet was gestort nadat de ruimtesonde het hoog in de atmosfeer had afgeworpen. Niet ver daarvandaan wachtte een volgende verrassing: een metaalachtige, pokdalige steen ter grootte van een basketbal. Het was een meteoriet, de eerste die ooit op een andere planeet is waargenomen.

Toen het april werd, had de Opportunity al 2,5 kilometer in zuidelijke richting afgelegd, in de richting van een ruig gebied dat het 'getekende terrein' werd genoemd. Men vermoedt dat het bestaat uit lagen sulfaat die door de wind zwaar zijn geërodeerd.

"Stel je toch eens voor, een landschap dat al miljarden jaren door de wind wordt gevormd," zegt Squyres.

Voor de toekomst staan nog ambitieuzere projecten op het programma. De NASA is bijvoorbeeld van plan een nieuwe ruimtesonde naar de planeet te sturen met nog betere apparatuur, die in 2006 zou moeten aankomen. Verder wil NASA een voertuig op de planeet zetten dat in 2008 in de buurt van de noordpool naar dicht onder de grond liggend ijs gaat boren. Ook wil de ruimtevaartdienst in 2009 of de jaren daarna een nieuw wagentje sturen, het Mars Science Laboratory. Dit zou waarschijnlijk door kernenergie worden aangedreven zodat het dag en nacht kan doorwerken, grote afstanden kan afleggen en een bijna continue stroom gegevens naar aarde kan sturen. Dit wagentje wordt voorzien van een laboratorium om naar sporen van leven te zoeken. De Europese ruimtevaartorganisatie ESA is bezig met een eigen rover, de ExoMars, die in 2011 zou moeten aankomen.

Zowel de NASA als de ESA heeft plannen om over een jaar of tien stukken Martiaans gesteente naar aarde terug te brengen. Als de samenleving bereid is er de hoge kosten voor te dragen, dan zullen er uiteindelijk ook mensen rondlopen in het rode stof van Mars, om met eigen ogen en handen te zoeken naar tekenen van leven.

Terug naar John Wesley Powell. Ooit zal zijn verovering van de Grand Canyon, bijna 140 jaar geleden, worden herhaald op de rode planeet. Mars heeft zijn eigen Grand Canyon, de Valles Marineris. Die is maar liefst vierduizend kilometer lang, honderden kilometers breed en zeven kilometer diep. Ooit zullen machines of mensen – de opvolgers van de robotgeologen die nu op Mars rondrijden – in de grote kloof rondwandelen, uit op terreinkennis. □

ONLINE Maak kennis met de rode planeet, zoom in op de grootste en diepste kloof van ons zonnestelsel en discussieer mee over de mogelijkheid dat er op Mars leven bestaat, op onze website **nationalgeographic.nl** of **be.**

JIM BELL, CORNELL; NASA/JPL