BACK TO THE MOON: DE NIEUWE RUIMTERACE

SHOOT FOR THE MOON. EVEN IF YOU MISS, YOU'LL LAND AMONG THE STARS

HET VERSCHIL TUSSEN LEVEN EN DOOD

HET RUIMTEPAK

DOOR MICK VAN LOON

Een goed ruimtepak is als een persoonlijk ruimteschip:

A7-L:RUIMTEPAK VAN ARMSTRONG TIJDENS DE APOLLO 11-MISSIE

het moet je in leven houden, maar moet je ook helpen leven ›

Ruimtepakken zijn even belangrijk als stuwraketten en raketbrandstof – misschien zelfs nog belangrijker – voor het uiteindelijke succes van een Marsmissie. Tenslotte zullen de kwaliteiten en beperkingen van het pak bepalen welk soort werk we kunnen verrichten. Maar we hebben al erg veel geleerd sinds de eerste stappen naar zo'n pak gezet werden. Het is een verhaal dat begint bij Japanse piloten in de Tweede Wereldoorlog en, nota bene, iets te maken heeft met vrouwenlingerie.

Spacedokter Sheyna Gifford verbleef twaalf maanden in de Marssimulatie HI-SEAS IV, boven op de Mauna Kea-vulkaan in Hawaï. Ze testte er verschillende types ruimtepakken.
'Een goed ruimtepak is als een persoonlijk ruimteschip: het moet je in leven houden, maar moet je ook helpen leven', is het motto van Gifford.

'Kun je knopen leggen, aan hendels draaien die waterleidingen openen en afsluiten? Kan het pak voorkomen dat je valt terwijl je water, monteerbare lampen of een camera draagt? Het moet onderdelen bevatten die niet alleen robuust maar ook verwisselbaar zijn, en die een upgrade kunnen krijgen … Dit is nog maar het begin van wat zo'n pak allemaal moet kunnen', zegt Gifford.

Duikbommenwerpers

De nieuwe pakken zijn niet zoals de vliegenierspakken van vroeger, maar een beetje begrip van de geschiedenis van het ruimtepak laat zien hoe we op het huidige punt aanbeland zijn en wat de toekomst nog allemaal in petto heeft.

De Japanse piloten van duikbommenwerpers werden tijdens WO II in heel strakke, elastische outfits gestoken om hen te beschermen tegen de G-krachten. Die stuurden het bloed naar hun lichaamsuiteinden, waardoor ze flauwvielen. Dankzij de druk op het lichaam bleef het bloed in de hersenen, wat cruciaal was tijdens hypersnelle manoeuvres.

SMITHSONIAN

HET EERSTE PRESSUREPAK.

NASA

HET 'FULL PRESSURE'-PAK XMC-2 (1955-59) VERHOOGDE DE MOBILITEIT ENORM EN LAG AAN DE BASIS VAN DE LATERE APOLLO-RUIMTEPAKKEN.

MARSPAKKEN MOETEN ZICH VOORAL BEVEILIGEN TEGEN FIJN STOF.

In een latere fase werden drukpakken ontwikkeld. Bij zo'n 'mensvormige luchtband' bleef de interne druk op een comfortabel niveau voor de mens die erin zat. De eerste ruimtepakken voor de Mercury- en Geminimissies waren aangepaste versies van die pilotenoutfits voor op grote hoogte.

Ze functioneren perfect – tenminste, tot de persoon in de luchtbubbel moet bewegen. Elke keer als hij of zij een arm opheft of een stap zet, duwt het levensreddende pak terug. Beeld je in dat je in een lichaamsvormige basketbal rondwandelt, en je weet ongeveer hoe zo'n drukpak aanvoelt. Voor een relatief stationaire piloot is de beperkte mobiliteit niet van belang, maar voor een beweeglijke astronaut wel. De extra inspanning bij de minste beweging van een gewricht kan op lange termijn heel vermoeiend zijn.

UIT DE FILM 'THE MARTIAN'

Buzz Lightyear

Toen de astronauten zich voorbereidden op de maanlanding in de jaren zestig, had de technologie van het drukpak haar nut al bewezen. Dus werd ze verfijnd. Maar aan het basisidee werd niet getornd. Het ging nog steeds om een mens in een pak onder druk met externe bescherming. Maar het maanpak moest ook hard genoeg zijn om te kunnen wandelen op het oppervlak. Het was niet alleen bestemd om te zweven in de ruimte. Harde pakken, nog steeds onder druk vanbinnen, boden daarom een mogelijke oplossing. Zoals het middeleeuwse harnas raakten de pakken de astronauten binnenin niet aan, behalve bij de handen en voeten. Daardoor waren ze comfortabeler.

Wie het pak uittestte, zei dat het veeleer aanvoelde alsof het om je heen zat. Het voelde dus niet aan als het dragen van een kledingstuk. Het harde pak en de verschillende versies ervan gaven de potige astronaut een stoere look. Denk maar aan Buzz Lightyear van *Toy Story*.

Maar ondanks het mannelijke uitzicht werd het harde pak uiteindelijk afgedaan als onveilig: het kleinste gaatje door een scherpe maanrots of een ongelukje met gereedschap zou desastreuze gevolgen hebben. 'Als het fout loopt met een hard omhulsel, gaat het spectaculair mis', zegt Nicholas de Monchaux, professor architectuur en stedenbouw aan de universiteit van Californië in Berkeley, en auteur van het boek *Spacesuit: Fashioning Apollo*. Zachtheid en laagjes – veiligheid door overbodigheid – maken de persoon in het pak veel minder kwetsbaar dan onder een hard schild.

Lessen uit de lingerie

Het was het zachte ontwerp van lingeriemerk Playtex, zo verschillend van het pantserachtige harde pak, dat op de maan belandde. Door de decennialange ervaring met het vervaardigen van vrouwelijke onderkleding was het bedrijf al heel vaardig in het omgaan met druk, beweging en de eigenaardigheden van het menselijk lichaam.

'De expertise die van pas kwam bij deze ondoorboorbare, complexe latexsamenstelling, was afkomstig van de flexibele manier van aanpakken bij het vervaardigen van het bestverkochte korset ter wereld', zegt De Monchaux. Door de ingenieuze met de hand genaaide lagen latex, neopreen en gebreide nylon was het Apollopak veel moeilijker te scheuren dan het harde pak. Het was in elk geval veilig genoeg om de beroemde vlag te planten. Op 21 juli 1969 lagen er slechts 21 laagjes ragfijne stof tussen de huid van Neil Armstrong en Buzz Aldrin en de dodelijke verlatenheid van het lunaire vacuüm.

Mars brengt nieuwe problemen

De pakken die de astronauten op Mars zullen dragen, zullen ook zacht zijn, hoewel er veel discussie is over het type zachtheid. Moeten de drukpakken behouden blijven of moeten we het in een totaal andere richting zoeken?

Grotere bewegingsvrijheid en duurzaamheid zullen van enorm belang zijn voor onze medemensen tijdens een zes tot acht maanden durende reis weg van de aarde. En die Marsreizigers zullen moeten werken: koepels bouwen, de planeet verkennen, staaltjes verzamelen en aan wetenschap doen. Daarvoor hebben ze pakken nodig die duurzamer en flexibeler zijn dan alle voorgaande modellen.

Het goede nieuws is dat Mars minder vijandelijk is ten opzichte van mensen dan de maan of de ruimte. De rode planeet heeft een zekere zwaartekracht (ongeveer 38% van die op aarde) en de temperatuurveranderingen zijn een beetje gematigder. Een pak speciaal voor Mars ontwerpen in plaats van voor de ruimte in het algemeen vereenvoudigt de zaken aanzienlijk volgens De Monchaux.

Maar de rode planeet brengt andere uitdagingen met zich mee, zoals de wervelende winden van fijn stof die hun weg zullen zoeken in de spleten en scheuren van de woonplaatsen, de rovers en natuurlijk ook de Marspakken. En dan hebben we het nog niet over wandelen gehad. Omdat je in de ruimte niet rondslentert, waren beenbewegingen geen prioriteit bij de pakken die gebruikt worden in het internationale ruimtestation (ISS), waar de meeste progressie gemaakt werd op het gebied van ruimtepakken. Als mobiliteit over het planeetoppervlak

›

› vereist is, wordt het verminderen van het gewicht in de onderste helft van het pak belangrijk, net als knie- en enkelflexibiliteit. Bovendien moeten de voeten het oppervlak waar ze op wandelen kunnen voelen om valpartijen en blessures te voorkomen.

Wassen op 30 graden

Sleet door het harde oppervlak van Mars en menselijke bewegingen in de pakken (van al dat werk) moet in rekening gebracht worden. En over de binnenkant gesproken … Daar wordt viezigheid verwacht. De vroege verkenners zullen de pakken uren aan één stuk, dag na dag en week na week dragen. 'Ze moeten reinigbaar, afneembaar en vervangbaar zijn', zegt Gifford. Dat betekent dat de Marspakken duurzaam moeten zijn, maar ook behoefte hebben aan vervangbare, herstelbare stukken die afgespoeld kunnen worden. Het vraagt om een modulair ontwerp.

Het nieuwe Marspak van een team aan de Rhode Island School of Design (RISD) heeft afneembare, verwijderbare onderdelen. Het is geïnspireerd op wat Gifford oppikte van haar tijd bij HI-SEAS, de Marssimulatie, en het pak dat ze daar testte. Onder leiding van professor Michael Lye, sinds lang de NASA-coördinator bij de RISD, creëerden studenten Erica Kim en Kasia Matlak het pak dat geschikt is voor een grote verscheidenheid aan lichaamsvormen en -maten – van 1,58 meter tot 1,90 meter. De schouders kunnen verbreed of vernauwd worden, de broekspijpen kunnen verlengd worden en de taille kan vastgesnoerd worden. Dat betekent dat de pakken verwisselbaar zullen zijn op Mars – iedereen kan een pak nemen van de kapstok en naar buiten gaan. Wanneer astronauten terugkeren naar hun Martiaanse woonplaats aan het eind van een werkdag, kunnen kapotte of versleten onderdelen van hun pak verwisseld worden en kan het schoongemaakt worden.

MIT

DE 'BIOSUIT' ZIT ALS EEN TWEEDE HUID EN LAAT NOG VEEL MEER BEWEGING TOE.

›

HET RUIMTEPAK VAN SPACEX VAN ELON MUSK.

Hollywood. Not.

'Ze hebben hard nagedacht over functie, comfort en ergonomie', zei Matlak in een RISD-verklaring. Lye vermoedt dat het hun ervaring met het ontwerpen van protheses voor ledematen was die hen het project vanuit een andere invalshoek deed bekijken. 'Veel mensen ontwerpen Marspakken vooral voor Hollywood', zegt hij. 'Dus doen ze het er geloofwaardig uitzien. En ingenieurs maken pakken die sterk en veilig zijn en voldoen aan de technologische vereisten. Maar ergens onderweg is men de mens in het pak uit het oog verloren.'

Het doel van het RISD-team was om echte menselijke noden in het ontwerpproces te incorporeren. Dus is hun pak niet alleen geschikter voor meer mensen, het kan ook aangepast worden aan het type werk of aan het materiaal dat versleept moet worden. Het is gemakkelijk om het aan en uit te doen en het zou comfortabeler moeten zijn om in te bewegen. Hun pak werd in 2018 aan de eerste stresstests onderworpen in de Mojavewoestijn. Daarna werden mogelijk wijzigingen aangebracht en werd het aan completere tests onderworpen in de volgende HI-SEAS-missie in 2018.

Skinsuits

Hoewel drukpakken een gevestigde waarde zijn, zeggen criticasters dat ze niet de flexibiliteit bieden die nodig zal zijn om een nieuwe basis op Mars te bouwen. De BioSuit van het Massachusetts Institute of Technology (MIT) en andere ontwerpen van de zogenaamde skinsuits pakken het drukprobleem op de ouderwetse manier aan door de pakken net heel strak aan te spannen – dezelfde basistechniek als bij de Japanse kamikazepiloten. Daarbij doet mechanische tegendruk hetzelfde werk als de drukpakken, maar met minder volumineuze pakken tot gevolg. Er is nog steeds een helm nodig waar een ademapparaat op kan aansluiten, maar de rest van het lichaam is veel vrijer en beweeglijker in iets wat erg lijkt op een verband voor het volledige lichaam.

SPACEX

Als je zo'n pak wilt dragen, moet je er wel eerst in zien te raken. De eerste versie van een skinsuit vereiste 45 minuten en drie mensen om het aan te trekken, centimeter per centimeter. Zo strak moet het dus zitten. De oplossing is dus een pak dat ontspant als het ongedragen is, maar krimpt als het rond het lichaam zit. Daarvoor ontwikkelde Brad Holschuh speciale spoelen gemaakt van een legering met vormgeheugen. Holschuh was een postdoctorale onderzoeker aan het MIT en is nu assistent-professor aan de universiteit van Minnesota en codirecteur van het Wearable Technology Lab.

De legering van zijn ontwerp kan teruggaan naar een eerder ingenomen vorm als het verhit wordt onder stroom. Bij koele temperaturen is de stof waar de spoelen in zitten ontspannen, maar als er een schakelaar geactiveerd wordt, neemt het opnieuw de strakke vorm aan. Strak genoeg om de benodigde druk te leveren om het lichaam heel nauw in te pakken.

'Skinsuits bieden betere bescherming in geval van falen', zegt Holschuh. Hij wijst op het bestaan van robuuste materialen, zelfs als ze scheuren, zoals ripstopweefsel. Een scheur in het pak zou leiden tot een lokaal ongemak aan de huid, maar niet tot levensbedreigende decompressie.

'Wat het repareren betreft,' zegt Guillermo Trotti, co-ontwerper van de MIT-BioSuit (samen met Dava Newman), 'is onderhoud cruciaal. Je zult onderdelen moeten maken, verwisselen of 3D-printen.' Ook bij dit pak is aanpasbaarheid het codewoord. Als je onderdelen kunt herstellen of vervangen, wordt de afstand met de aarde een minder heikel onderwerp. Bovendien maken het kleinere formaat en het lichtere gewicht van het pak het eenvoudiger om vervangmateriaal te transporteren.

Voor de eerste mensen op Mars zal de keuze misschien geen kwestie van of het ene of het andere zijn, maar een combinatie van beide: een hybride Marspak. 'Je zou het druksysteem kunnen gebruiken voor de helm en het torso, en het mechanische tegendruksysteem voor de benen en armen', zegt Trotti. 'Op die manier zijn de ledematen flexibel en is het bovenlichaam betrouwbaar, en biedt het pak een structuur om er het levensonderhoudsysteem en de helm aan te monteren en om gereedschap te dragen.'

Het beste van wat pakontwerpers geleerd hebben over de noden van het lichaam, kan in een hybride pak samengebracht worden, zonder de beweeglijkheid op het Marsoppervlak te beperken. 'Het is tenslotte niet zomaar een kledingstuk: zo ver weg van de aarde is het ruimtepak de kleinste versie van je huis, en dat moet helemaal goed zitten', zegt Gifford. 'Als we het juist aanpakken, sterft niemand.' N

Strak in het pak

Een röntgenfoto van het ruimtepak dat Alan B. Shepard droeg op de maan tijdens de missie van Apollo 14 in 1971.

Antischuringstof
Een stuk stof geweven uit roestvrij staal moest de rug van de astronaut beschermen tegen de 45 kilo wegende – op aarde althans – rugzak.

Hoofdrits
Een speciale luchtdichte rits die begon aan de nek en eindigde onder het kruis. Bij latere missies werd de rits aangepast, zodat de astronauten konden zitten in de maanrover.

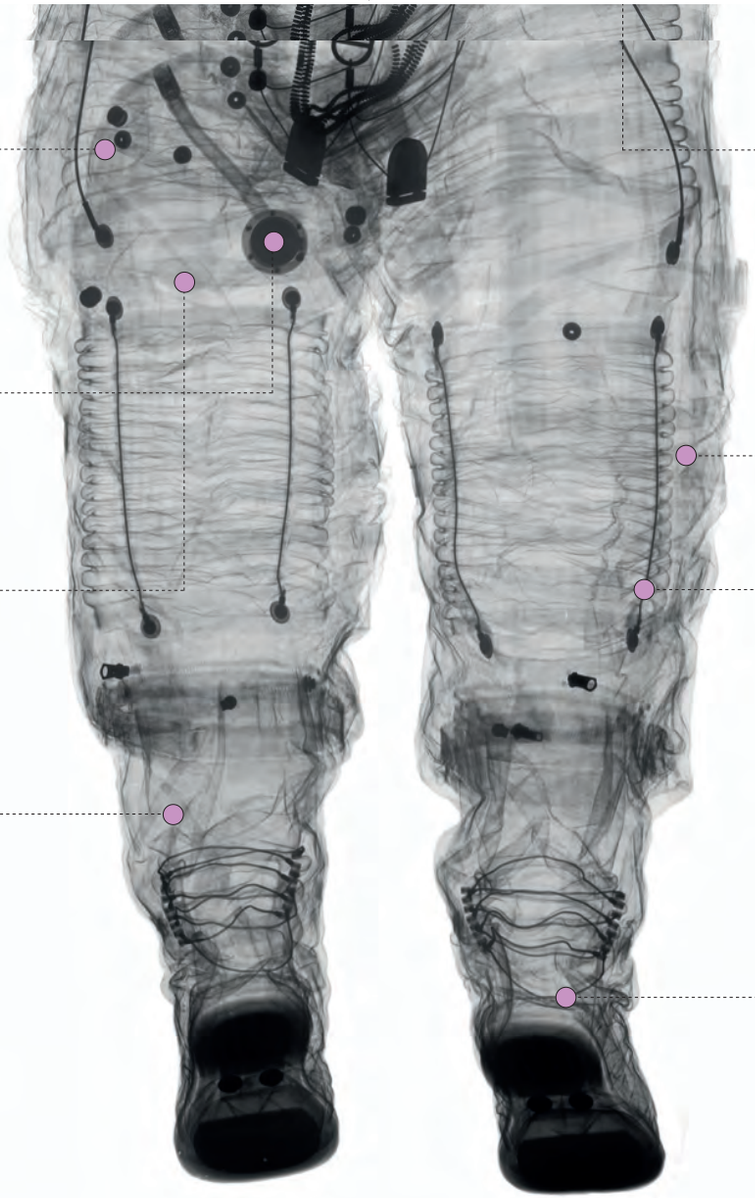
Armsteun
Waardoor de arm vrij kon draaien.

Schouderring
Deze ring zorgde ervoor dat de schouders het niet begaven onder het gewicht van de rugzak.

Drukmeter

Koppelingen
De poort links bovenaan diende voor communicatie en de poort rechtsboven liet water toe tot de watergekoelde onderkleding van het ruimtepak. De vier andere poorten zorgden voor de inname van verse zuurstof en het uitstoten van de uitgeademde lucht.

Drukventiel



Snapsluitingen
Werden samen met velcro gebruikt om flappen en zakken aan de buitenkant vast te maken.

Urinetransport
Een kleine poort om de opgevangen urine te lozen.

Plaats voor medische injectie
Een klein doekje op de rechterdij dat ontworpen was om noodinjecties toe te dienen.

Verschillende lagen
Het pak dat op aarde zo'n 32 kilo woog, was gemaakt uit 21 lagen stof, aan elkaar genaaid met Singer-naaimachines door ervaren naaisters. De binnenste druklaag was gemaakt uit een combinatie van natuurlijk en synthetisch rubber en de buitenste lagen bestonden uit materialen zoals Dacron, Mylar, Kapton en Teflon.

Touw
Het aanhechtpunt voor de touwen die de astronauten op hun plaats hielden terwijl ze in de maanmodule vlogen naar en van het maanoppervlak.

Plooien
Accordeonplooien maakten het mogelijk om de flexibele gewrichten zoals de knieën en ellebogen te bewegen onder druk. De plooien werden met de hand in latex gedompeld en bevatten nylon tricot en flexibele ringen die hun vorm behielden als ze opgeblazen werden.

Gevlochten kabels
Kabels gemaakt van gevlochten roestvrij staal zorgden ervoor dat de flexibele gewrichten onder druk niet konden overstrekken.

Geïntegreerde laarzen
Net zoals de rest van het ruimtepak werden de laarzen handgemaakt voor iedere astronaut. Om een ruimtepak op maat te maken moesten er bij elke astronaut minstens honderd verschillende dimensies gemeten worden.

SMITHSONIAN

ZO REDT DE MAAN ONZE AARDE

DOOR MICK VAN LOON / INFOGRAPHIC OH SNAP GRFX

Zeldzame aardmetalen, we hebben er steeds meer nodig om onze hoogtechnologische honger te stillen. De maan – een ogenschijnlijk kale rots – blijkt nu een schatkamer van die zeldzame grondstoffen te zijn die van vitaal belang zijn voor de toekomst van de aarde. We staan dus voor een nieuwe goldrush.

Smartphones, computers, medisch materiaal, windturbines, batterijen, glasvezel ... ze hebben allemaal zeldzame aardmaterialen nodig.

WAAROM DE MAAN ONTGINNEN?

Water
Vitaal voor elke vorm van leven in een toekomstige maankolonie of bij een mijnoperatie, maar ook nodig om voedsel te maken ter plaatse. Plus: water kan bewerkt worden tot raketbrandstof.

Helium-3
Een op aarde bijzonder schaarse isotoop dat de wonderbrandstof voor kernfusie in centrales zou moeten worden.

Zeldzame aardmetalen
De zeldzame aarden zijn scandium, yttrium en de vijftien lanthaniden. Op aarde zijn ze moeilijk te ontginnen, op de maan nog moeilijker. En ze worden met de dag belangrijker, want nodig voor steeds meer nieuwe technologieën.

HELIUM-3 TO THE RESCUE

Op de maan zijn tal van grondstoffen te vinden, maar helium-3 behoort tot de meest interessante. Het is een zeldzame isotoop die gezien wordt als een tweedegeneratiebrandstof voor kernfusie in hypothetische centrales. Veel wetenschappers zijn ervan overtuigd dat deze isotoop ons op een veilige en minder vervuilende manier aan nucleaire energie kan helpen. Helium-3 is namelijk niet radioactief en produceert ook geen gevaarlijke afvalproducten.

Op onze aarde is helium-3 bijzonder zeldzaam, en ontsnapt de grondstof bovendien via de aardatmosfeer naar de ruimte. Op de maan kan helium-3 niet ontsnappen. Het zit er ingesloten in de bovenste laag regoliet, aangevoerd door miljarden jaren zonnewind. Er zou zo'n 1.100.000 kubieke ton aan helium-3 op of vlak onder het maanoppervlak te vinden zijn. Ter vergelijking: een goede 200 ton helium-3 zou al genoeg zijn om de wereld een jaar lang van elektriciteit te voorzien.

HOE ZOU DAT KUNNEN WERKEN?

Los van de hoge kosten om ruimtetuigen naar de maan te sturen, een kost die door de herbruikbare raketten van SpaceX van Elon Musk en Blue Origin van Jeff Bezos al flink gedaald is, zou een hypothetische mijnkolonie op de maan werken met deze dingen:

3D-printers
Met die 3D-printers zou het materiaal voor de infrastructuur op de maan gemaakt kunnen worden.

Helium-3-opslagplaatsen
Ontginning zal op de maan moeten gebeuren en helium-3 zal in gasvorm opgeslagen moeten worden in grote tanks.

Robots
Het ontmijnen zal moeten gebeuren door autonome robots, die geen last hebben van het gebrek aan atmosfeer en bovendien qua kosten een pak voordeliger uitvallen.

Een maanbasis
De aanwezigheid van water op de maan, en als we erin slagen om het te gebruiken, opent de poort naar een permanente menselijke kolonie.

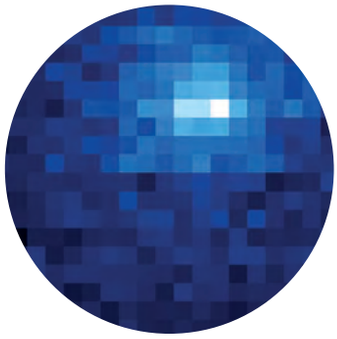
90%
van de productie van die zeldzame aardmetalen is momenteel in handen van de Chinezen.

15 - 20 jaar
Maar hun reserves zouden over 15 à 20 jaar al uitgeput kunnen zijn.

Helium-3 is ook een mooie case om aan te tonen waarom grondstoffen delven op de maan bijzonder lucratief kan zijn voor bedrijven, en waarom er zo geknokt zal worden om als eerste het spul te ontginnen op de maan.

China heeft er nooit een geheim van gemaakt wel interesse te hebben in die helium-3 op de maan. Chinese wetenschappers zijn nu al bezig met methodes uit te dokteren om het te ontmijnen. Ouyang Ziyuan, kosmo- en geochemicus en ook de hoofdwetenschapper van China's Lunar Exploration Program (CLEP), heeft al laten vallen dat de maan 'zo rijk aan helium-3 is dat het in de energiebehoeften van de mensheid kan voorzien voor minstens 10.000 jaar'.

WATER



Het goud van de maan

Er blijkt veel meer water op de maan te vinden dan we dachten. En dat is goed nieuws voor iedereen die naar de maan wil om er meer te doen dan een vlag te planten. Want van water kun je raketbrandstof maken.

In 2017 liet de NASA een satelliet neerstorten in de Cabeuskrater op de zuidpool van de maan, om de impact ervan te onderzoeken. De knal op de bodem van de krater leverde niet alleen een enorme stofwolk op, maar ook veel spectaculaire data. De inslag toonde aan dat er ijs in de krater lag: de onderzoekers berekenden dat er daar genoeg water was om 1500 olympische zwembaden mee te vullen.

Inslag van kosmische sneeuwbal

De NASA had speciaal op de Cabeuskrater gemikt omdat de zon daar nooit schijnt. Het is er zo koud dat het ijs er miljarden jaren onveranderd kan blijven. Toen wetenschappers de resultaten van de inslag onderzochten, stond hen nog een prettige verrassing te wachten: in de Cabeuskrater is de concentratie van het ijs zó groot dat het om de restanten zou kunnen gaan van een komeet, een kosmische sneeuwbal die miljarden jaren geleden precies daar op de maan inbeukte.

Kometen en asteroïden zijn verantwoordelijk voor alle inslagkraters op de maan. Die van kometen zijn bijzonder interessant omdat geweten is dat ze voornamelijk uit ijs bestaan. Kometen zouden zo ook verantwoordelijk zijn voor een groot deel van het water op aarde. Op de maan gebeurde bij het ontstaan van het zonnestelsel net hetzelfde kosmische bombardement als op aarde, zodat in de begindagen van de maan het water over het maanoppervlak verspreid raakte. Het grootste deel ervan verdween weer, maar een stuk bleef als diepvriesijs bewaard in de kraters waar de zon nooit schijnt.

Exploratie van ons zonnestelsel

De ontdekking van grote hoeveelheden water op de maan zet de deur wijd open voor de exploitatie van de maan én voor verdere stappen in het verkennen van ons zonnestelsel, met de maan als basis.

‘De vondst van redelijk goed bereikbaar water op de maan kun je vergelijken met de vondst van een petroleumbron of een olieraffinaderij op aarde. Het zorgt namelijk voor een brandstofstation op de maan’, zegt ruimtevaartspecialist Dave Brody van Space.com. ‘Je kunt het water splitsen om er raketbrandstof van te maken, energie op te wekken, er zuurstof van te maken om te ademen … Het kan de kosten voor de exploratie van de maan en de ruimte dramatisch doen dalen. Een halve liter water naar de maan brengen, kost zowat 20.000 dollar. Nu je water op de maan zelf vindt, hoef je het niet mee te nemen. Dat zet de deur wijd open om met de waterstof raketbrandstof te maken en maankolonies op te zetten om van daaruit de rest van ons zonnestelsel te verkennen voor heel wat minder kosten. Voor de commerciële exploitatie van de maan en de rest van de ruimte biedt het perspectieven.’

Water ook gevonden in maangesteente

Het allerlaatste onderzoek naar water in de maanbodem geeft de zaak nog een bijkomende boost: nieuwe analyses wijzen uit dat het water op de maan zich niet alleen nabij de polen bevindt maar overal in het maangesteente aanwezig is. Wetenschappers kwamen daarachter door te kijken naar het zonlicht dat vanaf de maan weerkaatst wordt.

Dit jongste onderzoek bevestigt de sterke aanwijzingen voor de aanwezigheid van water in maanstenen die met het Apolloprogramma mee naar de aarde genomen zijn.

Dat ontdekten wetenschappers al eerder, maar het probleem was dat niet met honderd procent zekerheid vastgesteld kon worden of de astronauten het water niet per ongeluk aan de maanstenen toegevoegd hadden.

Sinds een tijdje is die onzekerheid definitief van de baan.

Conclusie: het water in de stenen is buitenaards. Het gaat daarbij overigens niet om kleine hoeveelheden. De onderzoekers denken dat er op die manier wel 600 miljoen ton water (!) verborgen kan liggen onder het maanoppervlak. N (MARC HELSEN)

BEDANKT

Om een mens op de maan te zetten, moesten enorm veel nieuwe technieken uitgevonden worden. En die hebben hun weg in ons

De CAT-scanner: Deze kankerdetecterende technologie werd voor het eerst gebruikt om onvolkomenheden in ruimtecomponenten te vinden.

De microchip: Moderne microchips stammen af van geïntegreerde schakelingen die gebruikt worden in de Apollo Guidance Computer.

De computermuis: De muis werd al begin jaren zestig uitgevonden, specifiek om de computers voor het Apolloprogramma beter te kunnen bedienen. Bob Taylor, één van de twee mannen die dat apparaat ontworpen hadden, zou in 1970 naar de firma Xerox verhuizen en er een nieuw ontwerp van maken. Dat werd uiteindelijk de muis die we nu allemaal gebruiken om computers mee te besturen.

De kruimeldief: Black+Decker had al in 1961 de allereerste gereedschappen die werkten op batterijen uitgevonden, maar het was NASA-gerelateerd onderzoek dat leidde tot de lichte draagbare stofzuiger. De astronauten gebruikten een soort kruimeldief op de maan.

De oorthermometer: Een oorthermometer meet de infrarode warmtestraling van het trommelvlies. Die ligt diep in het lichaam, zodat zo'n meting de centrale lichaamstemperatuur heel dicht benadert. NASA heeft de technologie ervan ontworpen om warmtestraling in het heelal op te meten.

Gevriesdroogd eten: Gevriesdroogde maaltijden zijn erg lang houdbaar, behouden hun smaak en voedingstoffen en zijn zeer gemakkelijk te bereiden. Je hoeft er alleen maar water aan toe te voegen.

Isolatie: Een aantal van de manieren om je huis te isoleren stamt af van technologieën die voor het Apolloprogramma ontwikkeld werden.

De joystick: De videogame-industrie al ingebeeld zonder? Hij werd uitgevonden voor en voor het eerst gebruikt op de Apollo Lunar Rover.

Traagschuim: Dit visco-elastische schuim, ook wel geheugenschuim of nasaschuim genoemd, is een materiaal dat langzaam in zijn oorspronkelijke vorm terugkeert wanneer je het indrukt. Daarnaast

APOLLO!

alledaagse leven gevonden. Hier zijn slechts enkele voorbeelden van hoe NASA het leven op aarde verbeterd heeft.

Rookdetectoren: Voor Apollo werd de eerste instelbare rookdetector met gevoeligheidsniveaus uitgevonden om vals rookalarm te voorkomen.

Waterfiltering: De techniek die gebruikt wordt om water te zuiveren van schadelijke bacteriën hebben we ook te danken aan het ruimtevaartprogramma.

Krasbestendige brillenglazen: NASA had een speciale coating nodig om de helmvizieren van astronauten te beschermen tegen onder meer het superscherpe maanstof.

wordt traagschuim zachter door lichaamswarmte. Het werd ontworpen voor de zitjes van de Apollo-astronauten, voor een zachtere landing. Nu vindt het vooral toepassing in matrassen, omdat het minder druk geeft op uitstekende lichaamsdelen.

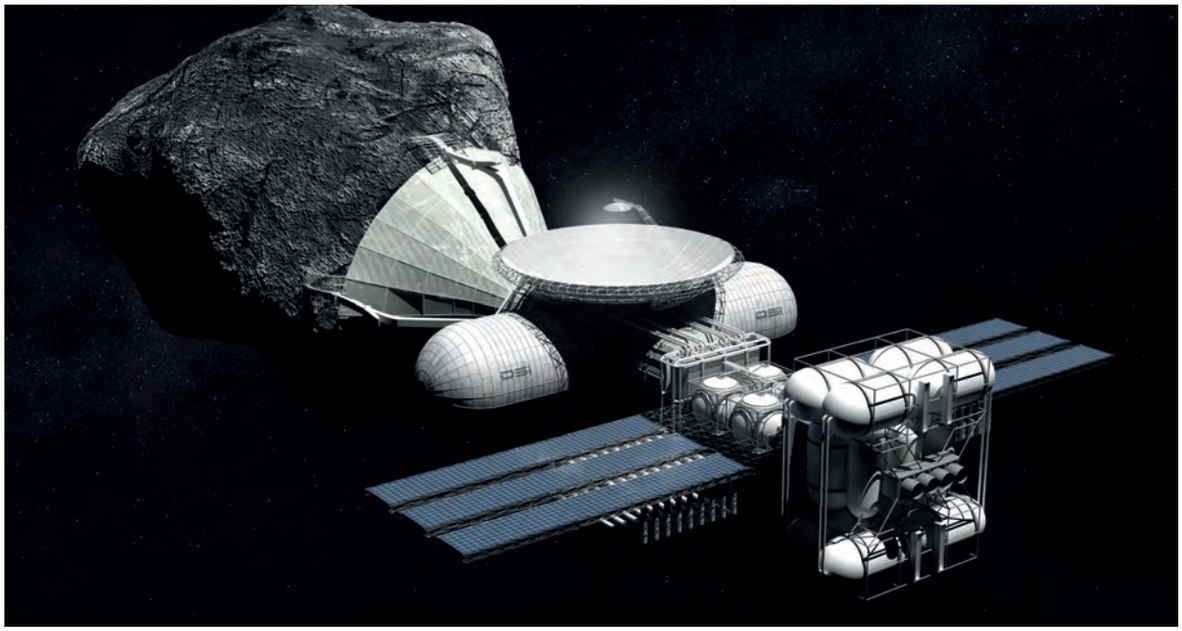
Satelliet-tv: De technologie die ontwikkeld werd om fouten in de signalen van het ruimtevaartuig te verhelpen, maakte satelliet-tv mogelijk. Ze helpt gecodeerde afbeeldingen en geluid in satelliettelevisiesignalen te verminderen.

Sneakers en loopschoenen: De techniek die sportschoenfabrikanten gebruiken om de impact te verminderen door veerkracht en ventilatie toe te voegen, werd uitgevonden voor de moonboots van de Apolloastronauten.

Fitnesstoestellen: Veel van de fitnesstoestellen die je nu in je fitnesscenter vindt, werden ontworpen om de astronauten te trainen, of in elk geval een stuk beter en bruikbaarder gemaakt. De loopband bijvoorbeeld.

Betere autobanden: De technologie die NASA uitvond om de parachutes sterker te maken die de capsules veilig moesten doen landen (*long-chain molecular structures*), werd eind jaren zeventig door Goodyear geadopteerd om veel sterkere autobanden te maken.

Mooiere tanden: Nitinol, een legering die orthodontisten gebruiken om beugels op de tanden aan te brengen, werd getest in satellieten die moesten opengaan nadat ze tot een raket samengevouwen waren. Nitinol is duurzaam en veert na buigen weer in vorm. N



BRYAN VERSTEEG/DSI

VERGEET GERMAANSE OF RECHTEN

Master in Space Mining gaat van start

De middelbare school achter de rug en je vraagt je af welk soort carrière in de toekomst niet zal worden opgeslokt door robotten? Schrijf je dan in voor het academiejaar aan de Colorado School of Mines en haal je diploma 'Space Mining'.

Toegegeven, het idee om mijningenieur op de maan te worden, of te gaan uitknobbelen hoe je in de ruimte best water, mineralen of edele metalen uit een asteroïde haalt, klinkt een beetje als science fiction, maar met de opleiding Space Resources van de Colorado School of Mines is het wel degelijk ernst. Daar een diploma halen, betekent dat je mee bent met het ontginnen van de ruimte. En wees maar zeker dat zoiets eraan staat te komen, menen specialisten.

'Space Resources dien je ruim op te vatten. Het behelst het hele gebied, van vinden van interessante materialen in de ruimte tot uitvogelen hoe ze op te sporen, ze uit de bodem halen en ze te gebruiken', zegt dr. Angel Abbud-Madrid, directeur van het Center for Space Resources en professor in Mechanical Engineering bij de Colorado School of Mines.

Studenten kunnen er mastergraden behalen en doctoreren in het aanbod van de school. De cursussen gaan over het exploreren en het opgraven van interessante materialen op de maan, Mars, de asteroïden en zelfs plaatsen verderop ons zonnestelsel.

Aan plaatsen om een mijnactiveit op te zetten geen gebrek: ons zonnestelsel telt alleen al 781.454 asteroïden, zo schat de NASA. Tienduizenden van die rotsklompen draaien rond de zon in een baan die tussen Mars en Jupiter ligt en bekend is als de 'asteroïdengordel'.

Asteroïden zitten vaak vol met zeer gegeerde ruwe metalen, gaande van goud en zilver tot kobalt en titanium. Een voorbeeld: een asteroïde die al in 1852 werd ontdekt bevat naar schatting voor 10.000 biljard dollar aan ijzer. In cijfers geschreven: 10.000.000.000.000.000.000 dollar.

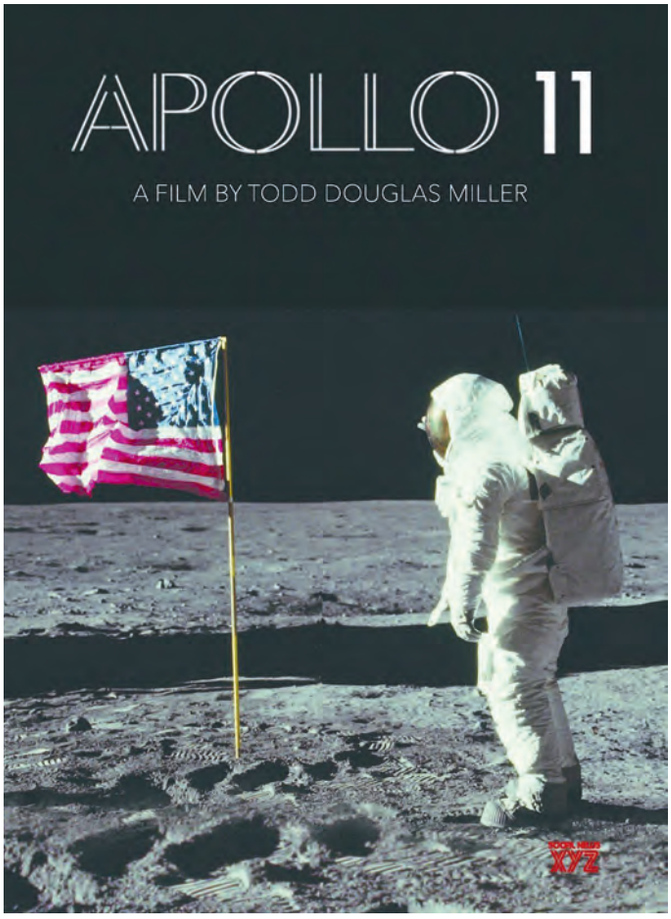
'Hoognodig dat die opleiding er dus komt', zegt Abbud-Madrid. 'Vergelijk het met het begin van de luchtvaart. De eerste academische programma's startten al een paar jaar nadat de gebroeders Wright voor het eerst een vliegtuig in de lucht brachten. Hetzelfde gebeurde kort nadat de Spoetnik was gelanceerd. Naar de maan gaan, was toen nog heel ver weg, maar academici realiseerden zich dat het ooit zou gebeuren. Universiteiten moeten hun tijd vooruit zijn en ze moeten dus ook starten met het vormen van mensen voor deze nieuwe mogelijkheden.' N

(MARC HELSEN)

De maan als creatieve inspiratiebron

MICK VAN LOON

De maan is het hemellichaam dat het meest tot de verbeelding spreekt. Het speelt dan ook de hoofdrol in heel wat bekende films en muziek.



Film

Apollo 11
Als je echt wilt zien, horen en voelen hoe het er op die magische 21 juli 1969 aan toe ging, is de documentaire 'Apollo 11' een aanrader. Regisseur Todd Douglas Miller maakt dan ook gebruik van nieuw - haarscherp - beeldmateriaal.
Wat tijdens de film vooral opvalt, is het beklijvende geluid van het opstijgen van de Saturn V-raket tijdens de lancering. Volgens de regisseur kroop daar ook het meeste werk in, want hij liet zijn team eindeloos sleutelen aan elk minuscuul detail. Ze ploegden door niet minder dan 11.000 uur aan geluidsopnames. Pas toen de familieleden van Neil Armstrong bevestigden dat het perfect klonk zoals zij zelf de lancering hadden meegemaakt, was hij tevreden.
Deze documentaire katapulteert de kijkers terug naar de zomer van 1969. Er zitten shots in van Neil Armstrong, Buzz Aldrin en Michael Collins vlak voor ze opstegen, maar ook van de bijna één miljoen dagjesmensen die zich op 16 juli rond het Kennedy Space Center hadden verzameld en daar vanachter de barbecue de lancering afwachtten. Dit alles wordt gepresenteerd zonder voice-over of hedendaags commentaar. Dat er geschiedenis werd geschreven, hoef je de kijkers niet meer expliciet uit te leggen, aldus Miller.

Moon is een Britse onafhankelijke film uit 2009 van regisseur Duncan Jones. De hoofdrol wordt vertolkt door Sam Rockwell. De film won een BAFTA. Sam Bell is een astronaut die zich alleen op de maan bevindt. Voor een periode van bijna drie jaar heeft hij het ruimtestation bemand. Hij kon daarbij rekenen op de hulp van de pratende computer GERTY. Binnen enkele weken mag Sam eindelijk terug naar huis. Maar wanneer hij op inspectie gaat, gebeurt er een ongeluk ...

Apollo 13 is een Amerikaanse film uit 1995, geregisseerd door Ron Howard. De film gaat over de mislukte vlucht van het ruimtevaartuig Apollo 13 in april 1970, en is gebaseerd op het boek Lost Moon van Jim Lovell (de gezagvoerder van de Apollo 13) en Jeffrey Kluger. Belangrijke rollen in de film worden gespeeld door onder anderen Tom Hanks, Bill Paxton, Kevin Bacon, Gary Sinise, Ed Harris en Kathleen Quinlan. De film bracht 355 miljoen dollar op in bioscopen wereldwijd en 93 miljoen dollar in de Amerikaanse bioscopen en was daar een van de best bezochte films van 1995.

First Man is een Amerikaanse biografische avonturenfilm uit 2018 die geregisseerd werd door Damien Chazelle. De film is gebaseerd op het leven van astronaut Neil Armstrong, die als eerste mens voet op de maan zette. De hoofdrol wordt vertolkt door Ryan Gosling.

Iron Sky is een satirische sciencefictionfilm geregisseerd door de Finse filmmaker Timo Vuorensola. Het einde van de Tweede Wereldoorlog nadert en het Derde Rijk is bijna helemaal verwoest en verslagen door de geallieerde tegenstanders. Vanaf een geheime nazibasis op Antarctica, Nieuw-Schwabenland, wordt vroeg in de ochtend het laatste topgeheime project van nazi-Duitsland uitgevoerd: de overlevende nazi's vluchten in door antizwaartekracht aangedreven schotelvormige toestellen naar de donkere zijde van de maan. Na hun landing op de maan bouwen ze de militaire basis Schwarze Sonne ('zwarte zon') om weer op krachten te komen om de strijd later te kunnen hervatten.

Le voyage dans la lune is een stomme film van Georges Méliès uit 1902. De film is losjes gebaseerd op twee romans, De la Terre à la Lune van Jules Verne en The First Men in the Moon van H.G. Wells. De film is geschreven en geregisseerd door Georges Méliès. Afhankelijk van de snelheid waarmee de film wordt afgespeeld heeft de film een speelduur van 14 of 8 minuten. Het is voor zover bekend de eerste sciencefictionfilm ooit, alsmede een van de eerste films die gebruikmaakt van animatie en speciale effecten. Het gaat over een groep mannen die naar de maan wordt afgeschoten in een capsule vanuit een groot kanon. Op de maan worden ze gevangengenomen door insectachtige maanmensen, de Selenieten.

A Grand Day Out of voluit **A Grand Day Out with Wallace and Gromit** is een Britse klei-animatiefilm uit 1989. Het is de eerst verschenen productie waarin de door regisseur en schrijver Nick Park gecreëerde personages Wallace & Gromit de hoofdrol spelen. In de film spenderen Wallace en Gromit een verlengd weekend door met een zelfgemaakte raket naar de maan te gaan om kaas te proeven.

First Men in the Moon is een Britse science fiction-film uit 1964, geproduceerd door Charles H. Schneer, geregisseerd door Nathan Juran, met Edward Judd, Martha Hyer en Lionel Jeffries. Het is een bewerking door sciencefiction-scenarist Nigel Kneale van de roman The First Men in the Moon uit 1901 van H.G. Wells.

Apollo 18 is een Amerikaanse sciencefiction-horrorfilm uit 2011. De film suggereert dat de officieel afgelaste Apollo 18-ruimtevlucht in 1974 wel degelijk geland is op de maan en daar onvoorziene, voor de wereld geheim gehouden ontdekkingen deed.

Countdown is een sciencefictionfilm uit 1968 geregisseerd door Robert Altman, gebaseerd op de roman The Pilgrim Project van Hank Searls. Het sterren James Caan en Robert Duvall als astronauten strijden om de eerste Amerikaan te zijn die op de maan loopt als onderdeel van een crashprogramma om de Sovjet-Unie te verslaan.

Muziek

The Dark Side of the Moon van **Pink Floyd** is tot op heden het op een na best verkochte studio-album aller tijden. De verkoopcijfers van het album liggen tussen 50 en 70 miljoen verkochte exemplaren. Het album, dat oorspronkelijk 'Eclipse: A Piece for Assorted Lunatics' zou gaan heten, is een conceptalbum. De nummers lopen in elkaar over, en horen bij elkaar. De onderwerpen van de teksten zijn de meer moeilijke (donkere) kanten van het leven: tijd, geld, oorlog, dood, etc. Met de maan an sich heeft het eigenlijk niks te maken.
De dark side of the moon is overigens helemaal niet dark. Vaak zit die kant vol in de zon, net zoals het op aarde gaat. Toch wordt de term donkere kant nog vaak gebruikt om aan de achterkant te refereren.

Fly Me to the Moon werd geschreven in 1954. **Frank Sinatra** nam het nummer op in 1964 en zijn hit werd gespeeld door de astronauten van Apollo 10, tijdens hun maanorbit-missie en opnieuw op de maan zelf door de astronaut Buzz Aldrin tijdens Apollo 11.

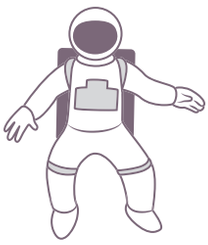
Walking on the Moon van **The Police** schopte het tot nummer één in 1979. De video werd opgenomen in het NASA Museum in Florida. Volgens Sting gaat het lied over het gevoel van verliefd te zijn.

Space Oddity van **David Bowie** werd uitgebracht om samen te vallen met de maanlanding van Apollo 11. Het riep de eenzaamheid van de ruimte op via Major Tom, een fictieve astronaut. De BBC speelde het nummer in zijn televisieuitzending van de maanlanding. Bowie zou later zijn Major Tom-personage opnieuw bekijken in de nummers Ashes to Ashes en Hello Spaceboy.

Een andere kunstenaar uit de jaren 70 die geïnspireerd werd door de korrelige beelden van Apollo-landingen was **Elton John**. Rocket Man is losjes gebaseerd op het korte verhaal in Ray Bradbury's boek The Illustrated Man, en weerkaatst het thema van David Bowies nummer Space Oddity uit 1969.

Een dans in plaats van een lied, **Michael Jacksons** Moonwalk, zo genoemd vanwege het verbluffende effect ervan dat zwaartekracht lijkt te trotseren.

Bad Moon Rising is een in 1969 door John Fogerty geschreven nummer. Het was de eerste single van het album Green River van **Creedence Clearwater Revival.** Het nummer is te horen in meerdere films en Bad Moon Rising is door minstens 20 artiesten gecoverd, onder wie Jerry Lee Lewis (1973), Emmylou Harris (1981), the Reels (1986) en The Blue Aeroplanes (1995).

Man on the Moon is een nummer van de Amerikaanse rockband **R.E.M.** uit 1992. Het is de tweede single van hun achtste studio-album Automatic for the People. De tekst van het nummer is een hommage aan Andy Kaufman. De titel en het refrein van het lied verwijzen naar de complottheorieën rond de maanlanding, en dienen als een toespeling op geruchten dat de dood van Kaufman in 1984 vervalst was. Het lied gaf zijn naam aan Man on the Moon (1999), Miloš Formans film gebaseerd op het leven van Kaufman.

De akkoorden van The Killing Moon van **Echo & the Bunnymen** zijn gebaseerd op David Bowies "Space Oddity", achterstevoren gespeeld. Zanger Ian McCulloch schreef het gebruik van astronomische beelden in het lied toe aan een kinderinteresse in de ruimtevaart. N