Blog Entry**LEVEN IN HET ZONNESTELSEL**

**Het ontstaan van het leven op aarde in al zijn diversiteit is niet los te zien van de ontstaansgeschiedenis van die aarde en de mogelijkheden, die daarmee geboden werden.**

**Deze zijn op hun beurt weer bepaald door de processen tijdens het ontstaan van de gehele kosmos.**

**Zonder botsende sterrenstelsels, zonder materie opzuigende zwarte gaten, zonder exploderende sterren, zonder de vele duizenden miljoenen jaren, die al verlopen waren toen ons zonnestelsel werd geboren, zonder kernenergie, en zonder inslaande kometen en meteorieten, waren wij er niet geweest.**

(**Richard Dawkins** **)**

**Hoe komt het dat wij ons bevinden temidden van eindeloos veelvormige levensvormen**?

Het had niet anders gekund gegeven het feit dat we überhaupt in staat zijn dit soort vragen te stellen. Het is geen toeval, leggen kosmologen ons uit, dat we sterren aan de hemel zien. Er kunnen universums bestaan zonder sterren, waarin waterstof gelijkelijk verdeeld is over de ruimte. Maar niemand neemt die universums waar, omdat wezens die sterren kunnen waarnemen, niet ontstaan kunnen zijn in universums zonder sterren.

Hetzelfde geldt voor de biologie. Het is geen toeval dat we overal waar we kijken groen zien. Het is geen toeval dat wij mensen onszelf aantreffen op een heel klein twijgje van een zeer uitbundig vertakkende boom van het leven (’tree of life’); het is geen toeval dat we omringd zijn door miljoenen andere soorten, etend, groeiend, rottend, zwemmend, lopend, vliegend, gravend, jagend, vluchtend, overmeesterend en overwinnend. Zonder de eeuwig escalerende wapenwedloop tussen prooi en predator, parasieten en gastheren, zonder honger en dood, zou er geen zenuwstelsel zijn om überhaupt iets te zien, laat staan om iets te begrijpen. Wij zijn omringd door eindeloos veel levensvormen, de één nog mooier en wonderlijker dan de ander. En dat is geen toeval, maar het directe resultaat van evolutie door niet willekeurige natuurlijke selectie. The only game in town, the greatest show on Earth.” (p.426).

De vergelijking van het complexe en immense heelal en de enorme biodiversiteit is een inzicht dat zeker onmogelijk was in Darwin's tijd  . Pas de laatste tientallen jaren is het mogelijk geworden om dat te zien. Maar Dawkins is een van de de eersten  die de link legt tussen de twee. Hij laat zien dat het hier om hetzelfde principe gaat. Het is absoluut méér dan een didactische hulpmiddel. Het is **een fundamenteel inzicht in de relatie tussen processen die het heelal en het leven hebben gevormd en de resulterende complexiteit van de kosmos en het leven.**

Leven in het zonnestelsel Dr. Alex de Koter  
Sterrenkundig Instituut `Anton Pannekoek'  
Universiteit van Amsterdam

[**http://www.phys.uu.nl/~natunws/starttekst**](http://www.phys.uu.nl/~natunws/starttekst)

**1 Inleiding**

Zijn we alleen, of is elders in het heelal ook leven? Hoe ziet dit leven eruit? Zijn dit enkel primitieve bacteri챘n of zijn er ook hoogontwikkelde planten en dieren? Of iets heel anders? Is er intelligent leven en zijn er beschavingen die ook op zoek zijn naar tekenen van leven? Is er buitenaards leven dat van ster naar ster kan reizen en hebben die ooit ons zonnestelsel aangedaan en onze aarde bezocht? Het zou wat zijn als we het antwoord wisten op al deze vragen. Wat die antwoorden ook zullen blijken te zijn, het zal de visie die we op het heelal 챕n op onszelf hebben fundamenteel veranderen. Stel we zijn alleen... waarom? Stel het heelal krioelt van het leven... waar ligt dan de oorsprong van het leven op aarde?  
Hoe zoekt de wetenschap eigenlijk naar antwoorden op al deze vragen? Omdat we tot nu toe geen buitenaards leven ontdekt hebben is alles wat we weten over leven gebaseerd op slechts 챕챕n voorbeeld: het leven op aarde. Mogelijk is er elders in het heelal leven dat volstrekt anders is dan waar wij bekend mee zijn. Als dit zo is, dan is de manier waarop wij nu over leven denken beperkt. Echter, het zou ook kunnen dat leven er op een elementair niveau altijd hetzelfde uitziet, of het nou hier is ontstaan of ergens anders. Mocht dit laatste het geval zijn, dan biedt de kennis die we hebben vergaard over aards leven ons houvast op onze zoektocht naar buitenaards leven.  
De zoektocht naar buitenaards leven, ook wel exo-leven genoemd, is al begonnen. Ze richt, zich op het vinden van planeten en manen; in en buiten ons zonnestelsel; waar de omstandigheden op dit moment, of ooit in het verleden, in enige mate hebben geleken op die op aarde. Als onder vergelijkbare condities op aarde leven is ontstaan, waarom dan ook niet daar! In de komende decennia zullen nieuwe telescopen en ruimtevaartuigen zoeken naar tekenen van huidig of fossiel leven op andere hemellichamen. De planeet Mars en de Jupiter maan Europa zijn de twee belangrijkste doelen. Maar ons oog richt zich ook al verder dan de rand van ons zonnestelsel. In 1995 werd namelijk ontdekt dat ook de ster 51 Pegasi een planeet. heeft. Inmiddels zijn er al rond tientallen sterren planeten ontdekt, en zijn er zelfs al sterren gevonden met planetenstelsels (d.w.z. met meer dan 챕챕n planeet). Op sommige van deze exo-planeten zouden de omstandigheden kunnen lijken op die op onze aarde, en mogelijk zou dan daar ook leven kunnen voorkomen.  
De zoektocht naar leven is de komende decennia 챕챕n van de speerpunten in de sterrenkunde en de ruimtevaart, en maakt gebruik van cie meest geavanceerde telescopen en speciaal ontworpen ruimtevaartuigen. Het is dan ook zeker mogelijk dat wij de ontdekking van exo-leven zullen meemaken.

**2  Hoe zoeken we naar leven?**

Er zijn verschillende manieren om naar buitenaards leven te zoeken. De meest logische en direkte manier is om de planeten en manen in ons zonnestelsel te bestuderen. Dit kunnen we doen vanaf de aarde of door er een ruimtesonde naar toe te sturen. Zo'n ruimtevaartuig kan vanuit een baan rond de te onderzoeken wereld metingen doen of zelfs op het oppervlak landen en in situ experimenten verrichten. Zoeken naar buitenaards leven kan ook door te kijken naar buitenaards materiaal - met name meteorieten - dat op natuurlijke wijze op aarde terecht is gekomen, of dat is verzameld tijdens onbemande dan wel bemande ruimtemissies en dat naar de aarde is toegebracht. Een totaal andere aanpak is te `luisteren' naar tekenen van intelligent leven uit de ruimte. Deze methode gaat uit van het idee dat wat op aarde gebeurt is heel gewoon is in het heelal en dat er dan ook op vele plaatsen in het Melkwegstelsel leven is ontstaan dat een hoge mate van intelligentie en technologische ontwikkeling heeft bereikt. Door op het juiste moment, in de juiste richting en op de juiste golflengte te luisteren zouden we, in principe, signalen van buitenaardse beschavingen op moet te kunnen vangen. Het bekendste project dat deze aanpak volgt is SETI, search ƒor extraterrestrial intelligente.  
Er zijn ook indirecte, maar desalniettemin zeer waardevolle manieren om inzicht te krijgen in buitenaards leven, bijvoorbeeld door bestudering van aards leven. De studie naar de oorsprong en diversiteit van het leven op onze planeet, en naar de grenzen waarbinnen het kan bestaan kan ons veel leren over de voorwaarden voor het ontstaan van leven elders; en daarmee over de kans dat het er is. Belangrijke vragen hierbij zijn: hoe zag het eerste levende organisme eruit en in wat voor een milieu is het ontstaan? Binnen welke natuurlijke grenzen (temperatuur, druk, zuurgraad, stalingsniveau, etc. ) kan het ons bekende leven eigenlijk bestaan? Als we de antwoorden hebben gevonden op deze vragen zullen we veel beter weten waar we moeten zoeken.  
Een tweede indirecte methode is te proberen in een laboratorium de omstandigheden op aarde ten tijde van het ontstaan van leven na te bootsten. Dit leert ons welke chemische reacties er toen belangrijk waren en in wat voor complexe organische moleculen die resulteerden.

**3  Over leven en overleven**

**3.1 Wat is leven?**

Dit lijkt wellicht een rare vraag. Het antwoord is niet minder merkwaardig: tot nu toe heeft niemand een sluitende definitie kunnen geven van wat leven nu eigenlijk is. En dat is jammer, want als we precies zouden kunnen zeggen wat w챕l en wat niet levend is dan zou ons dat enorm helpen in het ontrafelen van de oorsprong van het leven op aarde. Wat we wel kunnen is defini챘ren wat leven doet.  
Leven doet twee belangrijke dingen: het reproduceert zichzelf en het kan evolueren door mutaties en door natuurlijke selectie. Je zou je hier het volgende bij voor kunnen stellen: Stel je hebt een robot die in staat is een exacte kopie van zichzelf te maken uit moertjes, schroefjes, tandwieltjes en al wat verder nodig is. De nieuwe robot kan alles wat de oude robot ook kon, dus ook zichzelf opnieuw reproduceren. Soms is er een robot die tijdens het bouwen een klein foutje maakt waardoor zijn opvolger er iets anders uitziet en iets anders functioneert. Doet deze nieuwe robot het slechter dan is dit een ongunstige mutatie. Een opeenvolgende reeks van dit soort foutjes kan tot het uitsterven van de robotsoort leiden. Soms echter is de mutatie gunstig en zal de nieuwe robot het beter doen, bijvoorbeeld omdat hij beter kan zien of met een krachtigere motor is uitgerust. De mutatie kan ook gunstig zijn omdat ze de robot beter geschikt maakt voor zijn leefomgeving. Denk aan de eerste robot die van roestvrij staal is in een milieu waar het veel regent. Deze robot is in het voordeel ten opzichte van de anderen, die wegroesten als het weer eens plenst, en wordt zo als het ware door de natuur geselecteerd om zijn onaangepaste familie te verdringen. Door al dit soort gunstige `foutjes' in de reproductie zal de robotsoort langzaam evolueren tot een hogere levensvorm - mogelijk zelfs tot een hoog intelligente R2-D2 of C-3P0.

**(2010)**

**Wat is leven?**Een vraag die moeilijker te beantwoorden is dan het lijkt.   
Je zou iets dat**voortplant** leven kunnen noemen.

Als iets voortplant leeft het, en als het dat niet doet, leeft het niet.  
\*Dan zou één konijn niet leven, twee konijnen, een vrouwtje en een mannetje, wél en als je ze apart zet, leven ze weer niet.

Als we gaan zoeken naar buitenaards leven is het wel goed te weten waar we naar zoeken.

Daarom hebben wetenschappers verschillende criteria opgesteld waar iets dat leeft aan moet voldoen. De meest gangbare criteria op dit moment zijn **de zeven ‘pilaren van leven’ van Daniel Koshland Jr.** van het wetenschappelijk tijdschrift Science waarop leven zoals wij dat kennen is gebaseerd.

**1.Programma**Achter elke vorm van leven zit een plan dat beschrijft waaruit het leven is opgebouwd en hoe de verschillende bouwstenen worden gecombineerd tot een levend wezen. Op onze aarde zit dit programma bij alle levende wezens in het DNA, het bouwplan van het leven.

**2.Improvisatie**De aarde verandert en iets dat leeft moet een mechanisme hebben om zich aan te passen aan nieuwe omgevingen, als er bijvoorbeeld een ijstijd aanbreekt. Op aarde gebeurt dit door het DNA, het programma, te veranderen. Met een nieuw programma is een organisme wel opgewassen tegen een veranderde omgeving.

**3.Compartimentalisatie**Levende wezens moeten zich kunnen afsluiten van de buitenwereld om schadelijke stoffen buiten te houden en essentiële voedingsstoffen binnen te houden. Alleen met de juiste concentraties van voedingstoffen kan het programma van leven tot uitvoer worden gebracht.

**4.Energie**Om het leven draaiende te houden gebruiken organismen energiebronnen van buitenaf. Zo neemt een plant koolstofdioxide uit de lucht op, zet deze om in suikers en bouwt daarmee nieuwe onderdelen. Andere wezens eten deze plant weer en gebruiken de bouwstoffen van die plant om zichzelf op te bouwen. Waar is die energie voor nodig? Levende wezens zijn constant bezig met het opbouwen en afbreken van verschillende onderdelen van zichzelf. Hiervoor is energie nodig.

**5.Regeneratie**Leven is constant in beweging waardoor onderdelen slijten of afbreken. Levende wezens compenseren hiervoor door nieuwe onderdelen te bouwen. Neem bijvoorbeeld de hartklep. Het hart slaat 60 keer per minuut, 3600 keer per uur en dus 91.980.000 keer tijdens je leven. Hiervoor wordt gecompenseerd door de hartklep constant te herstellen. Helaas werkt dit niet perfect en stapelt slijtage zich op de lange termijn toch op, je veroudert. Daarom heeft leven nog een ander regenerend vermogen: reproductie. De nieuwe generatie heeft volledig nieuwe onderdelen.

**6.Aanpassingsvermogen**Deze lijkt op de pilaar **improvisatie,** maar waar bij improvisatie het programma van het levende wezen wordt aangepast, gaat het bij aanpassingsvermogen over gedrag. Tijdens een ijstijd is het niet alleen van belang om het programma aan te passen op kou (improvisatie) maar moet ook direct iets tegen de kou gedaan worden. Je kunt bijvoorbeeld een jas aan trekken, een warmere plek opzoeken of meer gaan verbranden, leven moet zich direct aanpassen.

**7.Afzondering**Dit slaat op de afzondering van verschillende chemische reacties. Stel je hebt reactie A+B=C en de reactie D+E=F. Bij de eerste reactie zijn andere stoffen effectief dan bij de tweede reactie. Je wilt niet dat de stoffen van de eerste reactie invloed hebben op de tweede reactie en andersom. Deze twee reacties moeten afzonderlijk plaats kunnen vinden. Het zou niet goed zijn als onze spijsvertering invloed zou hebben op het suiker in onze spieren.

**Een sluitende definitie?**

En is leven zo perfect gedefinieerd?

Nee, dat niet. Wat leven precies is, kunnen wij als mensen moeilijk bevatten. Stel je voor dat er een wezen bestaat dat is gebaseerd op zuivere informatie, alleen maar eentjes en nulletjes, als een binair systeem. Lukt dat? Is dit levend of niet?

Met deze zeven pilaren komen we dichtbij een definitie van leven op aarde, maar volledig is het nog niet.

**3.2  De bouwstenen van leven**

Als we naar het leven op aarde kijken lijkt het zich te kenmerken door een enorme diversiteit: van bacteri챘n tot beren, van paddestoelen tot palmbomen, van meikevers tot mensen. Deze verscheidenheid blijkt enkel aanwezig op een macroscopisch niveau. Op een microscopisch niveau blijkt de opbouw van al dit leven aan elkaar gelijk te zijn. Een van de grootste prestaties van de biologie is namelijk dat ze heeft laten zien dat al het leven op aarde gebruik maakt van dezelfde bouwstenen.  
Alle levende wezens zijn opgebouwd uit cellen. Een cel kun je zien als een op zichzelf staand `fabriekje' waarin de chemische reacties plaatsvinden die typerend zijn voor leven. Sommige organismen bestaan slechts uit 챕챕n cel, andere uit miljarden. Hoewel er wel degelijk verschillen zijn tussen cellen van verschillende levensvormen - zo hebben de eukaryoten cellen met een kern terwijl prokaryoten cellen zonder kern hebben - kennen alle cellen min of meer dezelfde structuur en bevatten ze dezelfde soort moleculen.  
De gelijkheid van al het leven is n처g beter te zien op een moleculair niveau. Al het leven op aarde is gebaseerd op slechts twee soorten zeer complexe moleculen: nucle챦nezuren en proteinen. In de nucle챦nezuren is alle informatie over het organisme opgeslagen: hoe het er precies uitziet, hoe het moet functioneren, en hoe het zich moet voortplanten. Er zijn twee typen nucle챦nezuren waarin deze genetische code is opgeslagen: DNA (desoxyribonucle챦nezuur) en RNA (ribonucle챦nezuur). Samen beheren ze de `blauwdrukken' van het leven. De tweede soort complexe moleculen zijn de prote챦nen, bv. eiwitten en enzymen. Prote챦nen spelen een cruciale rol in vrijwel alle zogenaamde metabolische functies die een organisme moet vervullen om 'te leven'. Zo is bijvoorbeeld het enzym hemoglobine verantwoordelijk voor het transport van zuurstof in bloed.  
De nucle챦nezuren zijn opgebouwd uit nucleotiden, die bestaan uit een suiker (ribose in RNA en desoxy짭ribose in DNA), een fosfaatbrug en een nucleotide base. En nu komt het! Al het leven op aarde gebruikt in totaal slechts vijf verschillende nucleotide basen. In DNA zijn dit adenine (A), thymine (T), cytosine (C) en guanine (G). Dezelfde basen worden gebruikt in RNA, enkel thymine is vervangen door uracil (U).  
Ook de prote챦nen zijn opgebouwd uit slechts een klein aantal bouwstenen, de aminozuren. Deze zijn aanzienlijk eenvoudiger van structuur clan de nucleotiden. Hoewel er meer dan honderd verschillende aminozuren in de natuur voorkomen, worden er slechts 20 door prote챦nen gebruikt. Alle aminozuren (op het eenvoudigste aminozuur glycine na) zijn er in twee symmetrievormen: rechtsdraaiend en linksdraaiend. Het leven op aarde is exclusief opgebouwd uit linksdraaiende aminozuren. Waarom dit zo is weten we nog niet.

**3.3  Het alfabet van het leven**

Het alfabet van het leven kent dus slechts 25 letters: 5 nucleotide basen en 20 aminozuren. De grote overeenkomst in de biochemie van al het leven op aarde suggereert dat het 챕챕n gemeenschappelijke oorsprong heeft. We komen hier later op terug. Willen we de oorsprong van het leven doorgronden dan zullen we de oorsprong van de nucle챦nezuren en de prote챦nen moeten begrijpen, als ook waarom het leven enkel gebruik maakt van linksdraaiende aminozuren.  
In 1953 voerden twee geleerden van de Universiteit van Chicago, Stanley Miller en Harold Urey, een experiment uit met als doel meer te leren over de vorming van organische moleculen in een omgeving die representatief gedacht werd voor het aardse milieu ten tijde van de vorming van leven. In een afgesloten bol werd methaan (CH4), ammonia (NH3), moleculair waterstof (H2) en water blootgesteld aan elektrische ontladingen. Deze laatste moesten bliksemstormen nabootsen die mogelijk veelvuldig voorkwamen op de jonge aarde. Na zo een week lang deze `oersoep' gekookt te hebben bleek dat zich een aanzienlijke hoeveelheid organisch materiaal gevormd had; waaronder verschillende van de aminozuren die in prote챦nen voorkomen! Dit lijkt er op te duiden dat althans een paar van de bouwstenen van leven vrij eenvoudig in de natuur te maken zijn. Wel bleken de in het Miller-Urey experiment gevormde aminozuren in gelijke mate rechts- en linksdraaiend.  
Aminozuren zijn ook gevonden in meteorieten. Meteorieten zijn brokken steen of ijzer, of een combinatie van die twee, die op aarde gevonden worden, maar - na onderzoek - van buitenaardse afkomst blijken te zijn. Elke dag veegt de aarde op z'n weg door de ruimte wel zo'n 200 ton van dit materiaal op. In 1969 werd nabij het plaatsje Murchison in Australi챘 een meteoriet gevonden met daarin meer dan 70 verschillende aminozuren, waaronder acht die door het leven op aarde gebruikt worden. Het blijkt dat deze acht in gelijke mate links- en rechtsdraaiend zijn. Echter, sommige van de andere aminozuren blijken een klein beetje (ongeveer 9 procent) meer links- dan rechtsdraaiend te zijn. Dat processen in de ruimte er blijkbaar voor kunnen zorgen dat meer van de ene dan van de andere symmetrievorm ontstaat zou implicaties kunnen hebben voor de oorsprong van het aardse leven. Wellicht zijn in de vroege geschiedenis van de zonnestelsel de eerste aminozuren via meteorieten naar de aarde gebracht... Mocht dit zo zijn - maar op dit moment is dit zeer speculatief - dan ligt, in zekere zin, de oorsprong van het leven op aarde ... elders.

**3.4  Voorwaarden voor het ontstaan van leven?**

Om gericht te kunnen zoeken naar buitenaards leven is het zinvol om op een rijtje te zetten wat de minimale voorwaarden zijn waaraan een wereld moet voldoen om leven te laten ontstaan en voortbestaan. Immers. met deze voorwaarden in de hand kunnen we veel gerichter zoeken. Op dit moment denken we dat er vier rudimentaire voorwaarden zijn:

**Voorwaarde 1:**een planeet of maan met een vast oppervlak

Het leven heeft waarschijnlijk een planeet (of maan) nodig met een vast oppervlak. We zullen later bekijken welke van de negen planeten en 63 manen in ons zonnestelsel aan deze eis voldoen.  
Het oppervlak van de zon, met een temperatuur van 6000 graden Celsius, kan geen leven herbergen. De temperatuur is zo hoog dat complexe moleculen (bv. aminozuren) zouden opbreken (dissoci챘ren) in atomen en eenvoudige moleculen (zoals bv. CO en H2).

**Voorwaarde 2: energie**

De zon is wel de belangrijkste bron van energie voor het leven op aarde. Met behulp van zonlicht kunnen planten, via fotosynthese, koolzuurgas (C02; officie챘l: koolstofdioxide) en water (H20) omzetten in zuurstof (O2) en koolhydraten (C6H12O6). Vrijwel alle andere levensvormen gebruiken de producten van fotosynthese voor hun energievoorziening, en produceren daarbij op hun beurt weer C02. De lichtintensiteit die nodig is voor fotosynthese is ongeveer 1/10000 van de hoeveelheid zonlicht die invalt op aarde. Dit is zo weinig dat in principe op het oppervlak van alle planeten en manen in ons zonnestelsel fotosynthese kan plaatsvinden.

**Voorwaarde 3: organisch materiaal**

Wij mensen bestaan voor het grootste gedeelte uit zuurstof (64%), koolstof (19%), waterstof (9%), stikstof (5%) en calcium (1.5%). Vele andere elementen, waaronder P, S, K. Na en Ca, zijn verantwoordelijk voor de resterende 1.5%. Al deze elementen zijn voldoende voorradig op alle planeten en manen in ons zonnestelsel om leven mogelijk te maken. In vergelijking met de aarde hebben de reuzenplaneten zelfs zo'n 1000 a 10000 keer meer koolstof. Kortom, de elementen waaruit leven is opgebouwd zijn overal in ons zonnestelsel voorradig. Hoe zit het met de moleculen die in levende organismen een rol spelen en die we aanduiden met de term organisch materiaal? Eenvoudige organische moleculen, zoals methaan (CH4), zijn gevonden in de atmosfeer van alle werelden in ons zonnestelsel met een enigszins substanti챘le dampkring. Bovendien blijkt de meest voorkomende soort meteoriet voor ongeveer vijf procent uit organisch materiaal te bestaan. Ook kometen blijken relatief complexe organische moleculen te bevatten.  
Kortom, de bouwstenen voor het materiaal waaruit levende organismen zijn opgebouwd zijn overal in ons zonnestelsel voorradig.

**Voorwaarde 4: vloeibaar water**  
Zonder vloeibaar water zou het leven op aarde niet kunnen bestaan. Water is essentie챘l omdat het fungeert als het oplosmiddel waarin biochemische reacties plaatsvinden. Bo짭vendien reageert het met veel biochemisch materiaal op een zodanige manier dat het de eigenschappen van dit materiaal beinvloed.  
Zoals bekend, bestaat water ook in gasvormige toestand (waterdamp) en als vaste stof (waterijs). Zijn er organismen die kunnen leven van H2O in 챕챕n van deze fasetoestanden? Bepaalde organismen; m.n. korstmossen en sommige algen, zijn in staat waterdamp op te nemen als de luchtvochtigheid voldoende hoog is (minstens 60 procent). Veel organismen functioneren nog bij temperaturen die enigszins beneden het vriespunt van water liggen (0 graden Celsius) omdat hun celvloeistof zout of een ander oplosmiddel bevat dat het vriespunt verlaagt. Echter, geen micro-organisme is bekend dat zelf water uit ijs kan maken.  
Vloeibaar water is dus onmisbaar voor het leven op aarde. Meer zelfs dan dat, water is het milieu waarin leven voor het eerst is ontstaan. We zullen zien dat vloeibaar water zeldzaam is in ons zonnestelsel. De zoektocht naar leven is dan ook in veel opzichten een zoektocht naar vloeibaar water.

**4  Leven op aarde**

Er zijn verschillende bronnen van informatie die gebruikt kunnen worden olm de geschiedenis van leven op aarde te reconstrueren. Zo zijn er fossiele en sedimentaire gegevens, en is er metabolische en genetische informatie.  
Uit de fossiele of versteende resten van micro-organismen, planten en dieren die in sedimentlagen -짭ontstaan door neerslag van slib en bezinksel - van uiteenlopende leeftijd worden gevonden kunnen we zien welke soorten wanneer leefden en onder wat voor omstandigheden. De (tot nu toe) oudste fossielen zijn ongeveer 3.5 miljard jaar oud. Door fossielen te dateren en met elkaar te vergelijken kunnen we zien hoe het leven op aarde zich sinds die tijd heeft ontwikkeld.  
Ook de stofwisseling of metabolisme van vroeger en nu levende organismen kan ons veel leren over de eisen die door het leefmilieu gesteld werden/worden en over de manier waarop levende wezens zich daaraan aanpassen. De stofwisseling beschrijft het complex van chemische reacties dat er voor zorgt dat een organisme functioneert. De meest belangrijke hiervan is de reactie die bepaald hoe een organisme energie produceert. Zo wekken groene planten en algen energie op d.m.v. fotosynthese. Hierbij wordt zonlicht gebruikt om uit koolzuurgas en water, koolhydraten en zuurstof te maken via. de chemische reactie:

**6 CO2 + 6 H2O + licht -> C6H12O6 + 6 O2**

Dit metabolisme noemen we foto-autotroop, d.w.z. afhankelijk van (zon)licht. Het dierlijk leven op aarde is daarentegen heterotroop en produceert energie door verbranding van de door planten geproduceerde koolhy짭draten. Dit proces verloopt als volgt:

**C6H12O6 + 6 O2 --, 6 CO2 + 6 H2O**

Echter, bij gebrek aan zonlicht zijn er nog andere manieren om energie op te wekken. Zo blijkt er kilometers diep onder het aardoppervlak leven te zijn dat niet afhankelijk is van zonlicht. Deze organismen worden chemo-autotroop genoemd. We komen hier later op terug.

**4.1  De boom des levens**

De genen van nu levende organismen vertellen ons welke primitief zijn en welke ver ontwikkeld; wie familie is van wie, en wie van wie afstamt. Door het RNA/DNA materiaal van alle levende organismen met elkaar te vergelijken kunnen we de vraag proberen te beantwoorden of al het leven op aarde een gemeenschappelijke oorsprong heeft. Sommige stukjes genetisch materiaal blijken namelijk gelijk te zijn voor al het leven; andere stukjes zijn typerend voor bv. bacteri챘n of dieren, terwijl weer andere stukjes uniek blijken voor 챕챕n specifiek type leven. Door dit alles te vergelijken kan een `stamboom' gemaakt worden waarop is af te lezen in welke mate verschillende vormen van leven op aarde aan elkaar verwant zijn, en welke soorten een gemeenschappelijke voorouder hebben. Deze stamboom wordt 'de boom des levens' genoemd. De plaats van de mens is hoog-in de boom aan het eind van 챕챕n van de takken. Als we deze tak aflopen naar beneden is de eerste splitsing die we tegenkomen die waar de tak van de mensapen - de gorilla's en de chimpansees - met die van ons samenvoegd. De tak waarop we dan uitkomen is dus die van de gemeenschappelijk voorouder van de mens en de mensapen. Zo kunnen we verder langs de takken naar beneden klimmen op zoek naar de gemeenschappelijke voorouder van alle leven, i.e. de soort waar we allemaal van afstammen en die de stam van de boom des levens vormt. Welk organisme de gemeenschappelijke voorouder van alle leven is weten we nog niet. Wel denken we de drie takken van het leven te kennen waarin de stam zich opsplitst. Dit zijn de eucarya, bacteria, en archaea. De mens zit in de tak van de eucarya, die als je hem beklimt eerst opsplitst in de takken van 챕챕ncellige en meercelige eukarya. Al het plantaardig en dierlijk leven valt in de groep van de meercellige eucarya (metazoans).  
Het eerste organisme op aarde is niet noodzakelijkerwijs de gemeenschappelijke voorouder van het leven van nu! Wellicht is leven veelvuldig ontstaan in de vroege geschiedenis van de aarde maar is het door de extreme omstandigheden die er toen heersten net zo vaak weer uitgestorven. Het zou dus in principe kunnen dat leven op aarde op verschillende plaatsen is ontstaan - bv. op de zeebodem, in klei, in geysers, etc. - en dat daarmee delen van het leven van nu een verschillende oorsprong hebben. Echter, het bestaan van 챕챕n stamboom waarop we al het leven op aarde kunnen inpassen suggereert dat er slechts 챕챕n oorsprong is.

4.2  De geschiedenis van leven op aarde  
De aarde is ongeveer 4.65 miljard jaar geleden ontstaan, tegelijk met de zon en de andere planeten. De eerste honderden miljoenen jaren moet onze planeet een verschrikkelijk vijandige wereld zijn geweest. Door de energie die vrijkwam door het compacter worden van de planeet en door de inslag van een regen van rotsblokken uit de ruimte bestonden vaak grote delen van het oppervlak uit vloeibaar gesteente (lava). Bij de grootste meteorietinslagen werden zelfs hele delen van de aardkorst de ruimte ingeslingerd. Lange tijd lag de temperatuur ver boven de 100 graden Celsius, te warm voor vloeibaar water en voor leven. Ongeveer 3.8 miljard jaar geleden nam de hevigheid van het bombardement van meteorieten plotseling sterk af.  
Er zijn fossiele resten gevonden die laten zien dat er 3.5 miljard jaar geleden leven op aarde was. Soms zijn dit fossielen van individuele micro-organismen, maar het meeste bewijs is in de vorm van stromatolieten. Dit zijn vaak centimeters dikke lagen van de met sediment vermengde restanten van miljarden micro-organismen. Deze mat-achtige structuren kunnen soms wel meters lang zijn. Dit zeer primitieve leven was gebaseerd op fotosynthese. E챕n van de argumenten hiervoor is dat. de verhouding tussen de twee isotopen van koolstof, C12/C13, hoger is dan in materiaal dat niets met leven te maken heeft. Omdat fotosynthetische orga짭nismen een lichte voorkeur hebben voor het lichtere C12 isotoop is deze verhouding een indicatie voor dit type metabolisme. Interessant is dat een hogere C12/C13 verhouding ook gevonden is in 3.9 miljard jaar oude sediment afzettingen in Groenland. Jammer genoeg is de oorspronkelijke structuur van deze oude afzettingen in de loop der tijd verloren gegaan. Echter, mochten dit ook fossiele resten van leven zijn dan ligt de oorsprong van leven wellicht zelfs iets v처처r het eind van het hevige meteorieten bombardement. Met andere woorden: leven vereist blijkbaar geen idyllische omstandigheden; zodra het milieu het ook maar even toelaat, steekt het de kop op.  
De eerste twee miljard jaar na het ontstaan van de eerste organismen bestond het leven op aarde uit¬sluitend uit micro-organismen. Dit waren zeker bacteriën, maar mogelijk ook één-cellige eukarya. Grote veranderingen in het aardse milieu deden zich voor toen deze organismen merkbare hoeveelheden zuurstof begonnen te produceren. Dit begon zo'n 2.2 miljard jaar geleden. Ongeveer 1.4 miljard jaar geleden onston¬den de eerste meercellige organismen. 600 miljoen jaar terug bereikte het zuurstof gehalte in de dampkring het huidige niveau. Dit was ook het moment waarop het leven zoals wij dit kennen zich ontwikkelde. Dieren en planten koloniseerden het land. De mens, tenslotte, ontstond pas zo'n 7 à. 5 miljoen jaar geleden.

**4.3  De grenzen van leven op aarde**  
Om te weten of andere planeten of manen in ons zonnestelsel geschikt zijn om leven te herbergen is het belangrijk te weten aan welke minimum- en maximumeisen het milieu moet voldoen om leven te kunnen herbergen. Hoe warm of koud mag het zijn? Hoe zuur of zout mag het zijn? Hoeveel radioactieve straling mag er zijn? Enzovoort. Ook belangrijk om te weten is hoe de leefomgeving er uit ziet. Is leven ver onder het aardoppervlak mogelijk? In de wolken? Diep in rotsen? In ijs?  
Om inzicht te krijgen in de antwoorden op deze vragen wordt onderzoek gedaan naar de meest extreme levensvormen op aarde. Deze organismen worden extremophiles genoemd, en de groep wordt verder ingedeeld naar de aard van het extreme leefmilieu. De meeste extremophiles zijn micro-organismen. Om een voorbeeld te geven, de hoogst gemeten temperatuur waarin archaea, bacteria, en 챕챕n-cellige eukarya. zijn aangetroffen is, respectievelijk. 113, 95 en 62 graden Celsius. Ter vergelijking metazoans - bijvoorbeeld de mens - sterven als ze langdurig worden blootgesteld aan een temperatuur boven de 50 graden. We bespreken een drietal voorbeelden van extreem leven.

Hyperthermophiles zijn organismen die het best gedijen als de temperatuur 80 graden of hoger is.  
In de 70-er jaren zijn op de oceaanbodem spleten en scheuren gevonden waaruit heet mineraal-rijk water stroomt. Typisch vindt men deze spleten op geologisch actieve plekken, bv. op de grens van continentale platen of nabij 'hot spots', waar water onder de oceaanbodem in contact kan komen met magma (vloeibaar vulkanisch gesteente). Als dit mineraal-rijk water onder hoge druk uit de oceaanbodem stroomt kan de temperatuur oplopen tot wel 350 graden Celsius. Zodra het in contact komt met het koude bodemwater bezinken de mineralen en vormen zo een soort `schoorstenen'. Op de wanden van deze `schoorstenen' leven chemo-autotrope micro-organismen die hun anorganische voedingstoffen uit het mineraal-rijke water halen. E챕n zo'n organisme is pyrolobus fumatii die leeft bij een temperatuur van 113 graden, en die, opvallend genoeg, niet meer functioneert als de temperatuur beneden de 90 째C zakt. Blijkbaar is het dan te koud!  
Bijzonder is dat het metabolisme van een aantal van deze bacteri챘n afhankelijk is van chemosynthese, en niet van fotosynthese. Bij chemosynthese wordt de energie die vrijkomt uit chemische reacties gebruikt als energiebron voor de productie van de eenvoudige koolhydraten die aan de basis van de voedselketen liggen. Door dit proces worden niet alleen deze organismen voorzien van de stoffen die nodig zijn voor hun groei en handhaving, maar bovendien leveren zij direct of indirect de voedingstoffen voor ander leven in de directe omgeving. Zo zijn er rond schoorstenen op de oceaanbodem in o.a. de Golf van Mexico en nabij de Galapagos eilanden (voor de kust van Chili) vele andere soorten leven gevonden die afhankelijk zijn van deze zg. chemo-autotrope organismen. De bekendste hiervan is de reuzenbuisworm (riftia pachyptila).

Psychrofielen zijn levensvormen die het juist goed doen als de temperatuur 15 graden of lager is, en zelfs sterven als de temperatuur hoger wordt dan 20Â°C.  
Vanuit menselijk oogpunt gezien komen op aarde extreem koude milieus veel vaker voor dan extreem warme. Zo is de gemiddelde temperatuur van het oceaanwater, dat meer dan de helft van het oppervlak bedekt, slechts drie graden Celsius. En natuurlijk zijn het noord- en zuidpoolgebied voor een zeer groot deel permanent bevroren. Je zou misschien denken dat er in het poolijs geen leven voorkomt. Echter, expedities naar het zuidpoolgebied (Antarctica) hebben in ijs dat enkel in de zomer enkele weken ontdooit kolonies micro-organismen ontdekt. Deze kolonies zijn vrij eenvoudig te vinden omdat ze het ijs donker kleuren. Er zijn zowel op kou gestelde eukaria gevonden, m.n. algen en diatomen, als ook verschillende soorten bacteri챘n. Een mooi voorbeeld is de bacterie polaromonas vavuolata die optimaal groeit bij een temperatuur van 4 째C. en het boven de 12 째C te warm vindt om zich te vermenigvuldigen.  
Recentelijk is op tientallen plaatsen op Antarctica kilometers diep onder het pakijs vloeibaar water gevonden. Deze subglaciale meren bevriezen niet dankzij warmte dat uit de aardbodem opstijgt. Het grootste van deze meren is het Vostokmeer, hemelsbreed zo'n 1600 kilometer ten oosten van de Zuidpool. Wetenschappers hebben tot nu toe ruim 3.5 kilometer diep in het ijs boven dit meer geboord, maar zijn opzettelijk gestopt v처처r ze het water bereikten. Hoewel dit ijs waarschijnlijk vele miljoenen jaren oud is zijn zelfs op zeer grote diepte levensvatbare micro-organismen gevonden. Dit leven kent geen grote diversiteit, er zijn enkel een beperkt aantal soorten bacteri챘n gevonden. Op zich is ijs een goede omgeving voor primitieve bacteri챘n om in te overleven. Door de kou vertraagt hun stofwisseling, net zoals bij dieren die in winterslaap raken, waardoor ze minder energie nodig hebben. Echter, om in leven te blijven is wel een beetje energie nodig. Waar ze die energie vandaan halen - ze zijn immers afgesneden van zonlicht - is nog onduidelijk.  
De reden dat geleerden nog niet tot in het meer zelf geboord hebben is om besmetting van het water met leven afkomstig van het oppervlak (bv. huis-tuin-en-keuken bacteri챘n op de boorkop) te voorkomen. Eerst wil men een methode ontwikkelen die voorkomt dat dit gebeurt. De grote vraag is of er in het Vostokmeer aktief leven voorkomt. Deze vraag is zo belangrijk omdat mogelijk de omstandigheden op de met ijs bedekte Jupitermaan Europa vergelijkbaar zijn met die in het Vostokmeer. Is er leven in het Vostokmeer, dan, naar analogie, is er misschien ook wel leven op Europa. We komen hier later op terug.

Endolitisch leven Zijn er kilometers diep onder het aardoppervlak ook endolitische (dwz. in rots levende) organismen? Lange tijd dacht men dat dit waarschijnlijk niet het geval is. Immers diep in de grond dringt geen zonlicht door. Bovendien nemen druk en temperatuur steeds toe met toenemende diepte, wat de leefomgeving er niet prettiger op maakt.

In de jaren 80 van de vorige eeuw begon de Amerikaanse overheid een onderzoek naar de kwaliteit van de bodem nabij kerncentrales waar eerder grote hoeveelheden giftige materialen, waaronder giftige organische verbindingen, zware metalen en radioactief materiaal werden gedumpt. E챕n van de doelen was te zoeken naar extreem diep levende bacteri챘n. Aan de ene kant speelde men met het idee dat dit leven - als het er was - wellicht nuttig kon zijn in het afbreken van het gevaarlijke organisch materiaal. Aan de andere kant vreesde men dat zulke bacteri챘n ook wel eens de isolatie van vaten radioactief materiaal, die men van plan was diep onder het oppervlak op te slaan, zou kunnen aantasten. Reden genoeg dus om eens goed te zoeken naar diep leven. In de buurt van de Savannah rivier in South Carolina werd in 1987 tot 500 meter diep in de bodem geboord. In het diep gelegen rotsgesteente bleek leven alom aanwezig. Sindsdien zijn op vele plaatsen op aarde diep onder de grond endolitische organismen gevonden.  
Een deel van de gevonden micro-organismen leeft in sedimentair- of afzettingsgesteente wat een rijke hoeveelheid organisch materiaal bevat. Dit materiaal, dat als voedingsbodem client voor diep leven, is oorspronkelijk geproduceerd aan het oppervlak; maar is in de loop der tijd bedolven geraakt onder lagen zand, slib en klei en uiteindelijk samengeperst in rots. Zolang de voedingsstoffen beschikbaar blijven kunnen bacteri챘n in pori챘n in het rotsgesteente overleven en zich vermenigvuldigen.  
Het grootste deel van de continentale aardkorst bestaat echter niet uit sedirnentairgesteente maar uit stollingsgesteente; d.w.z. uit rots dat is ontstaan door afkoeling van vloeibaar gesteente (magma). In dit type rots is ook leven gevonden. Omdat deze rotsen toen ze gevormd werden te heet waren om leven toe te staan moeten de gevonden micro-organismen later, bv. via het grondwater. de rots gekoloniseerd hebben. Stollingsgesteente bevat echter slechts zeer weinig (tot geen) organisch materiaal. Waar leeft dit leven dan van? Dit leven dankt z'n voortbestaan aan bepaalde soorten chemo-autotrope bacteri챘n. De chemo짭autotrope organismen die in het stollingsgesteente voorkomen behoren tot de subgroep van de acetogens die een eenvoudig koolhydraat maken uit waterstofgas en kooldioxide. Ze staan aan de basis van de voedselketen en andere bacteri챘n in de rots voeden zich weer met deze koolhydraten. Dit leefmilieu wordt in het Engels ook wel subsurface lithoautotroyhic microbial ecosystem of SLIME genoemd.  
Tot hoe diep in de aardkorst komt endolitisch leven voor? Van de toenemende druk blijken de micro짭organismen weinig last te hebben; zelfs niet op kilometers diepte. Nee; de maximale diepte waarop leven voor kan komen wordt bepaald door de temperatuur. Zoals we gezien hebben is bekend dat er leven bestaat bij een temperatuur van 113 째C. Onder de continentale aardkorst, die aan het oppervlak een temperatuur heeft van zo'n 20 째C, neemt de temperatuur typisch 25 째C per kilometer toe. Een eenvoudig rekensommetje laat zien dat leven tot op zo'n 4 kilometer diepte voor kan komen. Onder de oceeanbodem gaat de temperatuur slechts zo'n 15 째C per kilometer omhoog, en dus verwachten we dat de grens van leven daar op een diepte van ongeveer 7 kilometer ligt.  
Wat de totale biomassa (de totale massa van alle levende organismen) van ondergronds leven is weten we niet, maar schattingen laten zien dat er misschien wel m챕챕r leven onder de grond is dan erboven. Mogelijk heeft diep ondergronds leven een belangrijke rol gespeeld in het ontstaan van leven op aarde. Immers, mocht leven ontstaan zijn voor het eind van het hevige meteorieten bombardement dan ligt het wellicht meer voor de hand te veronderstellen dat dit diep onder de grond is gebeurd dan aan het oppervlak, waar `leven een hel geweest moet zijn'. Bestudering van het leven dat zich diep onder ons schuilhoudt kan ons wellicht ook iets leren over mogelijk even onder het Mars-oppervlak. We komen hier later op terug.

**5  Leven in het zonnestelsel**

We zullen nu een rondreis maken langs alle negen planeten van ons zonnestelsel om te zien of er plekken zijn waar de omstandigheden voldoende vriendelijk lijken om leven te kunnen herbergen. Een aantal planeten heeft 챕챕n of meer grote manen. Sommige van deze manen zijn zelfs heel groot; in totaal zijn er zeven met een diameter groter dan die van de planeet Pluto. E챕n van deze manen, namelijk de Saturnus maan Triton heeft zelfs een dikke atmosfeer, die van alle lichamen in ons zonnestelsel het meest op de atmosfeer van onze aarde lijkt. We zullen dan ook een paar van de meest belovende manen aandoen in onze zoektocht naar (eens) voor leven geschikte werelden. Zoals we gezien hebben is dit eigenlijk een zoektocht naar een plek waar (ooit) vloeibaar water is

(geweest). **5.1 De waterzone**

Op welke werelden in ons zonnestelsel mogen we water verwachten? Vloeibaar water is een vluchtige vloeistof  
die alleen kan bestaan als de temperatuur boven 0 graden Celsius is en de druk boven G millibar. Dit impliceert dat de afmeting van de planeet en zijn afstand tot de zon voor een groot deel bepalend zullen zijn voor de vraag of we er wel dan niet water mogen verwachten. Is een planeet te klein, zoals Mercurius of de Maan, dan zal ze niet in staat zijn tot het vasthouden van een atmosfeer (dampkring) en dus geen vloeibaar water kennen. Draait de planeet zijn baantjes te dicht rond de zon dan zal de temperatuur er zo hoog zijn dat al het zeewater dat mogelijk vlak na de vorming van de planeet aanwezig is zal verdampen. De waterdamp die hierdoor in de atmosfeer komt draagt bij aan het broeikaseffect, waardoor het oppervlak nog meer opwarmt. Deze positieve terugkoppeling kan leiden tot een escalatie: al het oppervlaktewater komt uiteindelijk als waterdamp in de hoogste lagen van de dampkring, waar het door het ultraviolette licht van de zon wordt afgebroken in waterstof - wat in de ruimte verdwijnt - en zuurstof - wat naar het oppervlak zinkt en wordt gebonden in het rotsgesteente. Als een planeet voldoende ver van de zon staat dan zouden er in principe meren, zee챘n en oceanen kunnen bestaan ... mits de planeet in staat is een evenwichtig broeikaseffect te handhaven. Dit zit zo: het belangrijkste broeikasgas, koolzuurgas (CO2), wordt langzaam opgenomen door de oceanen en uiteindelijk door rotsgesteente gebonden. Dit veroorzaakt juist een negatieve terugkoppeling. Het broeikaseffect neemt af en de temperatuur zou tot beneden het vriespunt kunnen dalen zodat het resterende water bevriest. Sommige geleerden suggereren dat het mogelijk de aanwezigheid van leven is dat voorkomt dat CO2 langzaam verdwijnt. Dit zou impliceren dat leven ... leven mogelijk maakt.  
Planeten die te ver van de zon staan hebben niet eens een beginperiode met vloeibaar water gekend. Voor hen is de ijstijd al op de eerste dag begonnen. De afmeting van de aarde en haar afstand tot de zon zijn zodanig dat onze thuiswereld noch een escalerend broeikaseffect, noch een eeuwig durende ijstijd ten deel is gevallen.

**5.2 Mercurius**  
Mercurius is de binnenste planeet van het zonnestelsel. Gezien de nabijheid tot de zon kan de temperatuur overdag oplopen tot wel 465 graden Celsius. De planeet heeft geen atmosfeer, en 's nachts kan daarom de temperatuur dalen tot wel -185 째C.  
Het broeikaseffect in onze aardatmosfeer reguleert de uitstraling van warmte waardoor temperatuur짭schommelingen tussen dag en nacht sterk worden beperkt. Dit is gunstig voor het bestaan van leven. Een tweede gunstig effect van onze dampkring is dat het voor leven schadelijk ultraviolet zonlicht tegenhoudt. Licht met golflengtes kleiner dan 300 nm blijkt namelijk zeer effectief in het vernietigen van aards leven. Omdat Mercurius geen atmosfeer heeft kent het. al deze voordelen niet. Het is dan ook extreem onwaarschijn짭lijk dat deze wereld zonder atmosfeer, zonder water, en die continu wordt beschenen door intens ultraviolet zonlicht ooit leven heeft gekend.

**5.3 Venus**  
Venus is een vijandige wereld, met een dikke, voornamelijk uit kooldioxide bestaande atmosfeer. De atmos짭ferische druk is op het oppervlak zo'n 90 keer groter clan op aarde. Omdat koolzuurgas zeer effici챘nt is in het vasthouden van de zonnewarmte. is de temperatuur op het oppervlak t.g.v. het broeikaseffect continu ongeveer 475 graden Celsius. Venus heeft ongeveer 1100 vulkanen, verspreid over het hele oppervlak. Ze zijn op dit moment niet aktief, maar waren dat waarschijnlijk 500 miljoen jaar geleden wel. De nu gestolde lavastromen van de grootste vulkanen strekken zich uit over honderden kilometers.  
Venus is (lus geen vriendelijke wereld. De meest `aangename' plek is hoog in de atmosfeer, in de laag waar de temperatuur zo'n 25 째C is en waar de wolken voor ~ 25% bestaan uit waterdamp en voor ~ 75% uit zwavelzuur. Mogelijk zou hier leven kunnen bestaan, maar de kansen lijken klein. Te meer omdat we weten dat in wolken op aarde, waar druk en temperatuur vergelijkbaar zijn; geen leven voorkomt.

**5.4 Aarde**  
De aarde bevindt zich op een gunstige afstand tot de zon (150 miljoen kilometer). Het opvallende zonlicht (15 kW/m2 bij loodrechte inval) en de atmosfeer zorgen voor een warmtehuishouding die resulteert in een temperatuur aan het oppervlak die varieert tussen de -50 en +60 째C. Dit maakt het bestaan van vloeibaar water mogelijk, essentie챘l voor het ontstaan van leven en de evolutie ervan. Er is zelfs zoveel water dat je onze planeet gerust een waterwereld mag noemen: 70 procent van het oppervlak is er mee bedekt.  
Leven op aarde is veelzijdig en over vrijwel heel de planeet verspreid, zij het enkel in een dun laagje (van enige kilometers) aan het oppervlak. Tot nu toe heeft 챕챕n soort (de mens) een hoge mate van zelfbewustzijn en intelligentie ontwikkeld.

**Maan**  
De aarde heeft 챕챕n maan, die op een gemiddelde afstand van 384 400 kilometer elke 27,3 dagen een omloop maakt. De temperatuur op het maanoppervlak varieert tussen de +116 en -170 째C. De maan heeft geen dampkring en er is geen oppervlaktewater. Mogelijk is er waterijs in diepe kraters vlakbij de polen, waar nooit zonlicht invalt. Van 1969 tot 1972 zijn er zes Apollo expedities naar de maan geweest. Er is toen uitgebreid gezocht naar tekenen van (fossiel) leven, maar er is niets gevonden. Met grote zekerheid kunnen we stellen dat de maan gedurende haar hele geschiedenis een dode wereld is geweest.  
... en toch is er ooit leven gevonden op **de maan:** Op 12 november 1969 landde de Apollo 12 maanlander op slechts 156 meter afstand van de onbemande Amerikaanse ruimtesonde Surveyor 3, die daar al twee-en-een짭half jaar eerder (op 20 april 1967) was aangekomen. De astronauten namen de fotocamera van de Surveyor 3 mee terug naar de aarde in een steriele verpakking.

Tijdens onderzoek in het laboratorium werden in de camera. levensvatbare **streptococcus mitis**bacteriën gevonden. Dit zijn heel normale en onschuldige bacteriën die bij mensen in de neus, mond en keel voorkomen en die er voor zorgen dat de groei van schadelijke bacteriën wordt geremd. Die streptococcus bacteriën waren er dus per ongeluk voor de lancering van de ruimtesonde ingekropen. Ongeveer 50 à 100 bleken de ruimtereis te hebben overleefd. Dit laat mooi zien hoe sterk bacteriën kunnen zijn: eerst een reis door het vacuum van de ruimte naar de maan bij een temperatuur van -254 °C; daarna ruim 2 1/2 jaar op de maan, blootgesteld aan - voor mensen - dodelijke straling, zonder voedsel, zonder water, zonder bron van energie. En toch overleven!  
Hoewel de maan op dit moment een levenloze wereld is zal daar mogelijk in de niet al te verre toekomst verandering in komen als de mens besluit de maan te koloniseren. Hoewel er op dit moment geen concrete plannen zijn, is het waarschijnlijk dat er binnen 100 jaar een (bescheiden) permanente basis gevestigd zal zijn.

**5.5 Mars**

**Waarschuwing ;**

**( het artikel is verouderd maar bevat nog steeds veel informatie**

**zie over de nieuwste inzichten en ontdekkingen  --->**

[**http://marsrovers.jpl.nasa.gov/home/**](http://marsrovers.jpl.nasa.gov/home/)**)**

In 1877, op een moment waarop de aarde en Mars elkaar het dichtst naderden, meende de italiaan Giovanni Shiaparelli (1835-1910) rechte lijnen op het oppervlak van Mars te zien, sommigen zelfs duizenden kilometers lang, die hij canali noemde. Een amerikaan, Percival Lowell, raakte gefacineerd door deze `ontdekking', en publiceerde in 1908 een boek waarin hij de hypothese verdedigde dat deze `kanalen' gemaakt waren door intelligente marsbewoners met als doel smeltwater afkomstig van de poolkappen - zichtbaar voor Lowell en zijn tijdgenoten - over de planeet te verdelen om zo een nijpend tekort aan water het hoofd te bieden.  
We weten nu dat Lowell zijn idee챘n fout zijn en dat er helemaal geen kaarsrechte kanalen op Mars zijn. Toch is het Lowell geweest die velen deed realiseren dat van alle planeten in ons zonnestelsel (op de aarde na natuurlijk) Mars de meest gunstige omstandigheden kent (of heeft gekend) om leven te herbergen.  
De gemiddelde temperatuur of Mars is zo'n -60 째C. In de winter kan de temperatuur op de polen dalen tot ongeveer -125 째C. De temperatuur op Mars is veel lager dan op aarde omdat Mars iets meer dan anderhalf keer zo ver van de zon staat 챔n omdat de atmosfeer er te ijl is om via het broeikaseffect warmte vast te houden. Toch, op een warme zomerdag kan de temperatuur in de buurt van de evenaar mogelijk net boven het vriespunt uitkomen. De vraag is dan ook: is er waterijs op Mars dat op zo'n zonnig moment kan smelten?  
Mars heeft zowel een noord- als een zuidpoolkap. De permanente noordpoolkap bedekt een gebied met een diameter van 650 kilometer, is circa 1 kilometer dik en bestaat voornamelijk uit waterijs. In de Mars¬winter vormt zich op en rondom de poolkap een dun laagje koolzuurijs van één tot twee meter dik. De zuidpoolkap is kleiner in omvang, maar is wel dikker dan de noordpoolkap. Ze bedekt een gebied met een diameter van 450 kilometer en bestaat uit een drie kilometer dikke laag CO2-ijs. mogelijk gemengd met een beetje waterijs. Ook hier vormt zich in de winter een uitgebreide dunne laag bevroren CO2. Niet alleen de poolkappen bevatten water. Veel meer water zelfs moet er zijn in de vorm van permafrost, dat in lagen tot 3 à. 6 kilometer diepte in gebieden boven 30 à 40 graden noorder- en zuiderbreedte voorkomt. Bovendien bevat de atmosfeer een minieme hoeveelheid waterdamp (ongeveer 0.002 tot 0.006 promille).  
Het staat dus vast dat er op Mars water is, in ieder geval in de vorm van ijs en waterdamp. Maar is er ook vloeibaar water? Het antwood is nee. Door de lage luchtdruk van ongeveer 7 millibar. vergelijkbaar met de luchtdruk op aarde op een hoogte van 20 kilometer, gaat bij verwarming ijs direct over in waterdamp. Dit proces wordt sublimatie genoemd. Vrij stromend water zou dus onmiddelijk gaan koken en verdampen.

Er zijn sterke aanwijzingen dat er in het verre verleden w챕l vloeibaar water op Mars geweest is.

Foto's genomen door het Viking ruimtevaartuig laten opgedroogde rivierbeddingen zien die (soms wel soms niet) uitmonden in het vlakke laaglandgebied Chryse Planitia, dat een groot deel van het noordelijk halfrond beslaat. Wellicht is dit een oude oceaanbodem.

Te oordelen naar het relatief grote aantal kraters in het Chryse Planitia. moet het circa 2 a 3.5 miljard jaar geleden zijn drooggevallen.

De aanwezigheid van vloeibaar water in de vroege geschiedenis van Mars impliceert dat de omstandigheden op de planeet toen anders waren dan nu.

Waarschijnlijk lag de gemiddelde temperatuur tegen het vriespunt, veel warmer dan de -60 째C van nu. Men denkt dat dit komt omdat Mars toen een dikke, voornamelijk uit CO2-gas bestaande atmosfeer hal die zo'n 2 찼 3 miljard jaar geleden is verdwenen. Net als Mars hal de aarde in haar vroege geschiedenis een dikke CO2 atmosfeer. Het is in die tijd dat de eerste microscopische organismen op aarde zijn ontstaan. Gezien de grote overeenkosten in de eerste 1.5 miljard jaar van de geschiedenis van de twee planeten lijkt het  
erop dat (het milieu) wat nodig was voor het laten ontstaan van leven op aarde ook aanwezig was op Mars.

 Mogelijk is dan ook toen op Mars primitief leven ontstaan, wat later door het opdrogen van de oceanen, meren en rivieren, en het verdwijnen van de dikke atmosfeer weer is uitgestorven.

Bezoeken aan Mars Op 20 juli 1976 landde de Viking 1 ruimtesonde op de planeet Mars; een tweede identieke sonde landde enige weken later, op 3 september. Doel van de Viking misie was te zoeken naar tekenen van leven.

Elk van de ruimtevaartuigen had een drietal biologische instrumenten aan boord.

 Een robotarm met daaraan een schepje nam een aantal bodemmonsters die werden onderzocht op aanwijzingen voor stofwisseling, groei, en fotosynthese van mogelijk leven aanwezig in het monster. Een vierde experiment zocht naar de aanwezigheid van organisch materiaal. Er werden geen tekenen van leven gevonden.

Sterker nog, er werd zelfs geen organisch materiaal gevonden. Dit laatste was een grote verrassing, want zelfs als Mars geen inheems organisch materiaal heeft dan nog zou je verwachten dat dit door inslagen van meteorieten en kometen in kleine hoeveelheden van buiten wordt aangevoerd. Blijkbaar zijn op dit moment de omstandigheden op het Mars oppervlak zo ongunstig dat zelfs organisch materiaal er niet kan bestaan. Een belangrijke reden hiervoor is, denkt men, dat de ijle atmosfeer een slechte bescherming biedt tegen ultraviolet zonlicht. Dit licht is zeer effici챘nt in het vernietigen van organische verbindingen.  
Ook de recente **Mars Pathfindermissie**, die op 4 juli 1997 op Mars landde met aan boord het robotautootje Sojourner, heeft geen tekenen van fossiel leven kunnen vinden.

**Waarschuwing ;**

**( het artikel is verouderd maar bevat nog steeds veel informatie**

**zie over de nieuwste inzichten en ontdekkingen sinds 2004  --->**

[**http://marsrovers.jpl.nasa.gov/home/**](http://marsrovers.jpl.nasa.gov/home/)**)**

De kansen voor leven op Mars zien er dus somber uit. Misschien, heel misschien is er een vorm van endolitisch leven mogelijk diep onder het oppervlak van de planeet, waar het warmer is en waar ultraviolet zonlicht niet kan doordringen. Echter, het lijkt erop dat het beste waar we op mogen hopen is ooit eens fossiele resten van primitieve organismen te vinden die miljarden jaren geleden geleefd hebben, toen de planeet nog een dikke atmosfeer had en er vloeibaar water was.

**Meteorieten van Mars**

**zie ook --->**[**Meteorieten en leven**](http://groups.msn.com/evodisku/cosmos.msnw?action=get_message&mview=0&ID_Message=1709&LastModified=4675540434479576102)

Er is een bijzonder onderzoek naar leven op Mars dat recentelijk veel stof heeft doen opwaaien. Het betreft de bestudering van een meteoriet, afkomstig van de planeet Mars, gevonden in het ijs van het Allen Hills gebied in Antarctica. Deze meteoriet werd in 1984 tijdens een meteorietzoekexpeditie ontdekt en wordt **ALH 84001**genoemd. Deze Marssteen is 16 miljoen jaar geleden, tijdens een meteorietinslag op Mars de ruimte in geslingerd en is 13000 jaar geleden op de zuidpool ingeslagen. Het staat vast dat de steen van Mars afkomstig is omdat de samenstelling van gassen die in de steen gevangen zitten identiek is aan de samenstelling van de Mars atmosfeer, gemeten door de Viking ruimtevaartuigen.

In de steen zijn her en der verspreid langs breuklijntjes kleine druppeltjes (globules) gevonden die be짭staan uit carbonaatrijke mineralen. De druppeltjes hebben een diameter van niet meer dan 0.25 mm en zijn waarschijnlijk minstens 3.6 miljard jaar geleden gevormd toen de steen nog op Mars lag en er vloeibaar water langs stroomde. In 1996 vond een team van onderzoekers in deze globules structuren die mogelijk ge챦nterpreteerd kunnen worden als fossiele restanten van bacteri챘n die eens op Mars leefden.

**Zo identificeerden ze:**

i) microscopisch kleine (20-100 nm), langwerpige vormen die lijken op fossiele nano-bacteri챘n die op aarde voorkomen;

ii) minuscule mineraalkristallen, die gelijkenis vertonen met kristallen die op aarde door bacteri챘n worden afgescheiden;

iii) een bepaald type complex organisch materiaal, dat lijkt op wat er van aardse bacteri챘n overblijft als deze sterven en ontbinden.

Veel geleerden hebben argumenten aangedragen tegen de interpretatie van deze structuren als aanwijzingen voor fossiel leven op Mars:

a) de langwerpige vormen en de minuscule kristallen worden op aarde ook gevormd door anorganische processen, d.w.z. door processen die niets met leven te maken hebben;

b) de structuren zouden ook gevormd kunnen zijn door een behandeling met chemische preparaten in het laboratorium die nodig is om stukjes Marssteen met zeer krachtige microscopen te bekijken;

c) het gevonden organisch materiaal (zg. polycyclische aromatische hydrocarbonaten) komt overal voor in ons zonnestelsel, bv. in meteorieten afkomstig uit de planetoidengordel of, om maar eens wat te noemen, in uitlaatgassen van auto's, en hoeft dus niet te duiden op resten van bacterieel leven;

 d) Misschien zijn de gevonden structuren wel de restanten van levende organismen, maar zijn het fossiele resten van aardse bacteriÃ«n die er in de 13000 jaar dat de steen op de zuidpool lag ooit eens zijn ingekropen.

Wie heeft nu gelijk?

 De meeste geleerden geloven niet dat er op dit moment overtuigend bewijsmateriaal is voor fossiel leven in ALH84001.

Wel levert de steen bewijs dat er lang geleden vloeibaar water was op Mars.

**5.6 Jupiter**  
Jupiter is veruit de grootste planeet van ons zonnestelsel. Rond de planeet draaien in totaal 16 manen, waar짭 van de vier grootste - Ganymede, Callisto, Io en Europa - al in 1610 door de italiaanse natuurwetenschapper Galileo Galilei zijn ontdekt. Jupiter is een gasreus, d.w.z. ze heeft een atmosfeer die naar binnen toe steeds dikker en dikker wordt maar die pas dicht bij het centrum overgaat in een vast materiaal. Op het oppervlak zijn een aantal wolkenbanden te zien die rond de hele planeet lopen. De atmosfeer is zeer turbulent en er zijn continu wervelstormen, waarvan de bekendste - de Grote Rode Vlek - al honderden jaren raast.  
In de atmosfeer van Jupiter is waterdamp waargenomen en dit heeft, geleid tot de speculatie dat de om짭standigheden in kleine druppeltjes in de wolken mogelijk geschikt kunnen zijn voor primitief leven. Echter. deze speculaties zijn in tegenspraak met wat we op aarde zien. Zelfs op plaatsen op aarde waar het vrijwel altijd bewolkt is zijn geen organismen gevonden die zich aan de omstandigheden in de wolken hebben aan짭gepast en er continu wonen. Naar analogie lijkt het dan ook onwaarschijnlijk dat er leven mogelijk is in de atmosfeer van Jupiter.

**Europa**

De kansen voor leven lijken beter op de maan Europa, met een doorsnede va 3130 kilometer de kleinste van de vier grote manen. Het is een wereld zonder atmosfeer. bedekt met een 9 찼 25 kilometer dikke ijskap. Over deze ijsvlakte lopen enorme scheuren en kloven, sommige wel 20 kilometer breed en 1000 kilometer lang. Er zijn maar weinig meteorietinslagkraters te zien, wat er op duidt dat het oppervlak recentelijk (opnieuw) is gevormd. De schatting is dat het 30 찼 100 miljoen jaar oud is. De scheuren in het ijs vormen duidelijke patronen over het oppervlak. Deze patronen zijn mogelijk het gevolg van een samenspel tussen van het `drijven' en langzaam roteren van de kilometers dikke ijskorst op de vaste kern van Europa en de wisselende getijdenkrachten die Jupiter op de maan uitoefent t.g.v. de niet-cirkelvormigheid van de Europabaan. De vraag is: waar drijft het ijs op? Mogelijk op vloeibaar water... De energie die nodig is om diep onder het oppervlak het ijs te laten smelten komt waarschijnlijk uit getijdenverwarming en/of door radioactiefverval van rotsmateriaal.

**De intrigerende vraag is nu natuurlijk: is er wellicht leven in de subglaciale oceaan van Europa?**

( zie ook  klik>  **[extremofielen](http://groups.msn.com/evodisku/glose.msnw?action=get_message&mview=0&ID_Message=1264&LastModified=4675540436283758242" \t "_top)** )

De speculatie dat dit mogelijk zo is wordt voor een belangrijk deel ingegeven door het bestaan van ecosystemen op aarde die gedijen in het Zuidpoolijs of op de oceaanbodem.  
In Antarctica zijn **psychrofiele organismen**gevonden, die het uitstekend doen in ijs dat slechts in de zomer enige weken ontdooit, en die mogelijk miljoenen jaren levensvatbaar blijven in permanent bevroren ijs. Als via de scheuren en kloven in het ijs op Europa water tot dicht onder het oppervlak zou kunnen komen is er wellicht voldoende zonlicht om (tijdelijk) leven mogelijk te maken dat afhankelijk is van fotosynthese.

 Zit het water te diep dan moet leven een alternatief metabolisme gebruiken. Mogelijk lijkt dan het leven op dat van de chemo-autotrope organismen die zijn gevonden bij methaan schoorstenen op de oceaanbodem, o.a. in de Golf van Mexico en nabij de Galapagos eilanden. Als diep onder het ijs op Europa ook zulk soort schoorstenen voorkomen, dan misschien...  
Bezoeken aan Europa Plannen zijn in de maak voor een Europa Orbiter ruimtemissie die in een baan rond Europa met radartechnieken gaat proberen vast. te stellen of er werkelijk vloeibaar water onder het oppervlak is. De hoop is nog in het eerste decennium van deze eeuw het maantje te bereiken. Later volgt clan wellicht een landingsmissie die van dichtbij het oppervlak zal bestuderen, en nog later misschien een missie met als doel diep in het ijs te boren.

**5.7 Saturnus**

<http://saturn.jpl.nasa.gov/home/index.cfm>

Saturnus is net als Jupiter een gasreus. De kans dat er in de atmosfeer van de planeet leven voorkomt lijkt; net. als op Jupiter, nihil. Saturnus heeft, naast de bekende ring, in totaal 18 maantjes.

De grootste hiervan is Titan, op 25 maart 1655 ontdekt door de Nederlandse astronoom Christiaan Huygens. Titan heeft een doorsnede van 5150 kilometer en is daarmee groter dan Mercurius.

**Titan**

Titan heeft een dikke atmosfeer die voornamelijk bestaat uit stikstof - net zoals onze dampkring - en methaan (CH4). Op het oppervlak is de druk 1.45 bar - goed vergelijkbaar met de 1 bar op het aardoppervlak. Er is geen zuurstof. Ruim vier miljard jaar geleden toonde mogelijk de aardatmosfeer gelijkenis met die van Titan nu. In die zin zou je Titan kunnen zien als een 'kopie' van de aarde zoals ze was in de tijd net voor het leven ontstond.

Deze wereld kan ons daarom wellicht iets leren over de chemie voorafgaand aan het ontstaan van leven op onze eigen wereld. In zekere zin zou je Titan dan ook kunnen zien als een natuurlijk Miller-Urey experiment.

Vanwege de nevelige dampkring hebben we het oppervlak van Titan nog nooit gezien, maar mogelijk zijn er meren of oceanen van vloeibaar methaan (CH4) en ethaan (C2H6).

( **nu wel**

--->

<http://www.esa.int/SPECIALS/Cassini-Huygens/>

<http://www.esa.int/SPECIALS/Cassini-Huygens/SEMIGZ7X9DE_0.html>)

Waarnemingen met o.a. het Voyager ruimtevaartuig hebben laten zien dat er in de atmosfeer minstens acht andere, meer complexe, organische moleculen voorkomen. Twee hiervan zijn hydrogencyanide (HCN) and cyanoacetylene (HC3N), moleculen waarvan we denken dat ze belangrijk zijn in de reeks van chemische reacties die voorafgaan aan het ontstaan van leven. De temperatuur op het oppervlak van Titan is -179 째C, te koud voor vloeibaar water. De kans op echt leven lijkt dan ook nul.  
Bezoeken aan Titan In 1980 vloog Voyager 1 op slechts 4394 kilometer afstand langs Titan. Negen maanden later vloog Voyager 2 ook langs deze wereld, maar op een 100 keer grotere afstand. Veel van wat we nu weten over Titan hebben we toen geleerd.

Op 15 oktober 1997 is vanaf Cape Canaveral het Cassini/Huygens ruimtevaartuig gelanceerd.

Deze missie bestaat uit twee delen en zal in 2004 Saturnus bereiken.

Cassini zal vier jaar lang rondvliegen tussen de planeet en zijn maantjes om daar onderzoek te doen. Ze zal dicht langs Titan scheren en daar het landingsvaartuig Huygens loslaten. Deze zal in 2 1/2 uur afdalen in de atmosfeer - gedetailleerde metingen doen van de samenstelling ervan - en, als alles goed gaat, landen op het oppervlak.

(---> Is ondertussen gebeurt  en gedeeltelijk gelukt

<http://saturn.jpl.nasa.gov/home/index.cfm>

<http://www.esa.int/SPECIALS/Cassini-Huygens/> )

**5.8 Uranus, Neptunus &Pluto**  
Ook Uranus (de zevende planeet vanaf de Zon gerekend) en Neptunus (achtste planeet) zijn gasreuzen. We kunnen dan ook met aan zekerheid grenzende waarschijnlijkheid zeggen dat er op beide planeten nooit leven heeft kunnen ontstaan. Uranus heeft 17 maantjes, waarvan Titania en Oberon de grootste zijn. Neptunus heeft acht maantjes. Hiervan is Triton, met een doorsnede van 2706 kilometer; veruit de grootste. Triton bestaat voornamelijk uit rots, maar met een aanzienlijk percentage waterijs (en andere soorten ijs). Dit ijs zorgt ervoor dat Triton heel effici챘nt is in het reflecteren van zonlicht. Dit, gecombineerd met de grote afstand tot de zon, zorgt ervoor dat Triton met een temperatuur van -235 째C 챕챕n van de koudste plekje in het zonnestelsel is. Leven is er dan ook niet mogelijk.

**Pluto**

is de negende planeet in ons zonnestelsel en werd pas in 1930 ontdekt. Ze heeft 챕챕n maantje, Charon, dat op slechts 19636 kilometer afstand rond de planeet draait. Waarschijnlijk zijn beide werelden gemaakt van een mengsel van ijs en rots. Pluto bevindt zich ver weg van de zon en daarom is het er ook extreem koud. Waarschijnlijk schommelt de temperatuur er tussen de -231 en -238 째C, veel te koud voor leven.

**6   Tot slot nog even piekeren over leven**

Wat heeft de rondreis door het zonnestelsel ons opgeleverd? Natuurlijk dat op de derde planeet, gerekend vanaf de zon, al minstens 3.5 miljard jaar leven voorkomt. Als enige in het zonnestelsel kent deze planeet vloeibaar oppervlakte water, en waarschijnlijk om deze reden heeft zich hier - in het water - leven kunnen ontwikkelen. De evolutie van dit leven in steeds complexere vormen ging in eerste instantie langzaam. Het duurde ongeveer 2 miljard jaar voor de eerste meercellige organismen zich ontwikkelden. Planten en dieren onstonden weer ~ 1.5 miljard jaar later. Sinds enige miljoenen jaren is er een soort met een hoge mate van zelfbewustzijn en intelligentie. Ruwweg tienduizend jaar geleden leidde dit tot de eerste beschavingen, met aandacht voor kunst, wetenschap en religie. De mens vraagt zich nu enige duizenden jaren af of er nog elders in het heelal leven is, en is enkele tientallen jaren geleden (ongeveer vanaf 1960) aktief begonnen met zoeken. **Tot nu toe zonder succes**.

Wat leren deze tijdschalen ons? Ten eerste, dat als we ooit eens een wereld vinden met leven, dit leven waarschijnlijk zeer primitief zal zijn. Gebruiken we weer onze geschiedenis om een afschatting te maken, dan lijkt de kans op het vinden van een buitensaardse beschaving 100 000den keren kleiner dan de kans dat we primitief buitenaards leven ontdekken. De kans dat we een intelligente levensvorm vinden die zelf naar het heelal luistert is nog kleiner en hangt af van de typische levensduur van zo'n (zelf) naar exo-leven zoekende beschaving. Maar mocht zo'n beschaving (zoals de onze sinds 1960) typisch 1000 jaar bestaan dan is de kans ruwweg 1 / 1000 000 dat als we een wereld met leven ontdekken, het leven daar ook op zoek is naar ons. En dan, als we elkaar gevonden hebben, wat is dan de kans dat we bij elkaar op de koffie gaan? Die vraag kunnen we nog niet beantwoorden. Het antwoord zal afhangen van de tijd die een intelligente., in het heelal ge챦nteresseerde wereld er over doet. om zich de kunst van het reizen naar de sterren meester te maken, 챕n van de afstand die overbrugt moet worden. Toch, hoewel we het antwoord niet weten, zal duidelijk zijn dat de kans dat we nog eens ergens op bezoek gaan, of opgezocht worden, minuscuul klein is. Misschien zelfs wel nul. Dit betekent automatisch dat meldingen van onge챦dentificeerde vliegende objecten; in het Engels afgekort met. de term UFO, met aan zekerheid grenzende waarschijnlijkheid niet aan buitenaardse ruimtevaartuigen moeten worden toegeschreven.  
Wat leren de tijdschalen ons nog meer. Wel; dat mochten er ooit tijdelijk andere werelden in ons zon짭nestelsel geschikt zijn geweest voor leven, dit leven waarschijnlijk enkel uit micro-organismen zal hebben bestaan. Mocht bv. gelijktijdig op aarde en op Mars leven zijn ontstaan, dan heeft dit leven op de rode pla짭neet hoogstens 1.5 miljard jaar de tijd gehad om zich te ontwikkelen, er van uitgaand dat met het verdwijnen van de oceanen en de dikke atmosfeer al dit leven weer is uitgestorven. Te kort dus voor de ontwikkeling van complexe levensvormen.  
Wat zijn we nog meer te weten gekomen? Het blijkt dat al het aardse leven - hoewel ogenschijnlijk zeer divers - op een elementair niveau aan elkaar gelijk is. Het alfabet van liet leven bestaat slechts uit 25 letters. Vijf nucleotide basen defini챘ren de letters waarmee DNA en RNA zijn geschreven, en twintig aminozuren die waarmee de prote챦nen worden gemaakt. Dit is een sterke aanwijzing dat het leven 챕챕n oorsprong heeft.  
Waar ligt de bron van dit leven? Op aarde, ... of elders? Gezien de eenheid van leven, impliceert een aardse oorsprong dat er ergens 챕챕n plek op onze planeet geweest moet zijn waar de gemeenschappelijke voorouder van ons allemaal - een extreem primitief micro-organisme - moet zijn ontstaan. Immers, zouden er verschillende bronnen zijn dan lijkt het redelijk te mogen verwachten dat delen van het leven op aarde gebruik zouden maken van verschillende sets elementaire bouwsteentjes. Precies waar op aarde deze 'bron des levens' is geweest weten we niet, misschien ergens in een poeltje aan het oppervlak. Hoewel, ten tijde van het ontstaan van leven moeten door lavastromen en meteorietinslagen grote delen van het oppervlaktewater regelmatig gekookt hebben. Een meer beschutte plek, bijvoorbeeld ergens kilometers diep onder de grond, is dan wellicht ook meer voor de hand liggend.

Maar misschien ligt de oorsprong van het leven helemaal niet op aarde! De ontdekking van aminozuren in uit de ruimte afkomstige meteorieten suggereert dat mogelijk in ieder geval de 'zaadjes' van het leven van elders aangevoerd kunnen zijn. Waarschijnlijk zijn deze zaadjes dan ook terechtgekomen op de andere planeten in ons zonnestelsel, en misschien heeft zich op een aantal ervan (tijdelijk) leven ontwikkeld.

Op Mars bijvoorbeeld, of op Europa.

Wie zal het zeggen!

**6.1  Wat als we buitenaards leven vinden?**  
Wat nu als we ergens in ons zonnestelsel werkelijk leven of resten van leven vinden? Stel, we vinden fossiele resten van reeds miljarden jaren uitgestorven micro-organismen ergens onder het oppervlak van Mars.

Wat zouden de implicaties zijn van zo'n ontdekking? E챕n mogelijkheid hebben we boven al besproken, namelijk dat dit leven in zekere zin van elders is aangevoerd (een theorie die panspermia genoemd wordt).  
Een tweede mogelijkheid is dat het hier fossiele resten van aards leven betreft. Immers, net zoals er in de loop der miljarden jaren op aarde stenen terechtgekomen zijn afkomstig van Mars (bv. ALH84001); zo kunnen er op Mars ook stenen van aardse oorsprong ingeslagen zijn. Als dit leven de tocht. door de ruimte overleeft is het mogelijk dat Mars tijdelijk gekoloniseerd is geweest door aardse organismen, die zijn uitgestorven toen de omstandigheden op Mars te slecht werden voor het instandhouden van leven.  
Maar wat als die fossiele micro-organismen die op Mars gevonden worden wel oorspronkelijk afkomstig zijn van de rode planeet! Dan lijkt het er heel sterk op dat de vorming van leven g챕챕n bijzondere, extreem zeldzame gebeurtenis is, die zelfs als de omstandigheden zeer gunstig zijn slechts een minuscule kans van slagen heeft. Dan is het waarschijnlijk dat leven overal 'de kop op steekt' zodra de omstandigheden voor het ontstaan ervan ook maar even gunstig zijn. Immers, het is wel heel erg onwaarschijnlijk dat leven slechts op twee werelden is ontstaan in een onmetelijk groot maar verder steriel heelal - met honderd miljard sterrenstelsels met elk tientallen tot honderden miljarden sterren - en dat die twee planeten toevallig net rond dezelfde ster draaien. Nee, die kans is te klein. kocht autochtoon leven op Mars gevonden worden, dan impliceert dat dat het universum krioelt van het leven!

**6.2  De toekomst van aards leven**

Over ongeveer 5.5 miljard jaar heeft onze zon al haar brandstof verbruikt en zal ze sterven. Dat duurt gelukkig nog even! Maar wat nu als wij al ruim voor die tijd, over honderden of duizenden jaren, om wat voor reden dan ook, niet meer op onze mooie waterwereld kunnen leven. Of wat als we het hier te klein beginnen te vinden? Of wat als we gewoon de wijde wereld in willen? Wat dan? Wellicht koloniseren we dan eerst de maan en Mars. Maar misschien bouwen we ook wel enorme ruimteschepen, waarin duizenden mensen, vele generaties lang kunnen wonen, en vertrekken we daarmee richting de sterren. Om op zoek te gaan, of misschien wel, om op bezoek te gaan bij onze buren.

 Zie ook [..\..\A\abiogenesis](../../A/abiogenesis)

<http://www.astrobiology.nl/astrobiology/oratie_nl.pdf>

MARS [Zonnestelsel\Mars](Zonnestelsel/Mars)

|  |
| --- |
| **Speuren naar leven** DOOR BENNY AUDENAERT Knack 6 november 2006 |
|  |
| Tot nu toe is er nog geen leven ontdekt buiten de aarde. Voorlopig is onze planeet in dat opzicht uniek. Maar in ons eigen zonnestelsel zijn er wel een aantal andere werelden waar heel misschien primitief leven kon ontstaan.  De Amerikaanse robots Spirit en Opportunity kwamen in januari 2004 na een ruimtereis van ruim een half jaar hotsend en botsend in een cocon van airbags veilig en wel op het oppervlak van Mars terecht. Ze rijden er nog altijd rond. Als het aan de plannenmakers ligt, dan zetten over goed 25 jaar mensen voet op de rode planeet. Maar eerst effenen onbemande ruimtesondes het pad. Ze moeten onder meer uitzoeken of er ooit leven op Mars is geweest of misschien zelfs nog bestaat.  Bijna alle onderzoekers zijn het erover eens dat het in de kosmos moet bruisen van het leven. Alleen al het Melkwegstelsel telt minstens honderd miljard sterren. En dat is nog maar ons eigen 'eiland' in de kosmos. In het hele universum zouden er nog eens honderd miljard melkwegstelsels bestaan. Sinds 1995 vonden astronomen al meer dan 200 planeten rond andere sterren. Zullen ze onder deze exoplaneten een tweede aarde ontdekken?  Voorlopig zijn de exoplaneten te ver weg om ze met ruimtesondes in situ te kunnen onderzoeken. Maar in onze eigen kosmische achtertuin, het zonnestelsel, verkenden ruimtetuigen al een groot aantal planeten, manen, kometen en planeto챦den. Ze onthulden werelden als Venus, een ware hel met een giftige atmosfeer en wolken van zwavelzuur. Ovenhete temperaturen en een verpletterende druk maken er leven aan het oppervlak ondenkbaar.  Onze andere buurplaneet Mars is weliswaar ook niet de ultieme vakantiebestemming, maar op de nu dorre en koude woestijnwereld vloeide een of twee miljard jaar geleden misschien wel water.  Vloeibaar water is cruciaal voor de speurtocht naar leven. 'Wat heb je nodig voor leven? Een energiebron, vloeistoffen en een basis voor complexe scheikundige reacties', zegt planetair geoloog David Grinspoon. Water is samen met chemische bouwstenen zoals koolstof, zuurstof, waterstof en stikstof een van de ingredi챘nten die nodig zijn om leven te doen ontluiken.  In 1976 gingen de onbemande Amerikaanse ruimtesondes Viking 1 en 2 voor het eerst zoeken naar leven op Mars, maar ze vonden er geen. Tien jaar geleden kondigde een team van de Amerikaanse ruimtevaartorganisatie NASA aan dat het fossiele sporen van primitief microscopisch leven had gevonden in een Marsmeteoriet, die op Antarctica was gevonden. Maar de controverse over deze 'ontdekking' van Martiaans leven blijft duren.  In tegenstelling tot de Vikings bewegen Spirit en Opportunity, amper zo groot als een golfkarretje, zich met hun zes wielen over het Marsoppervlak voort. Ze moesten gedurende drie maanden foto's nemen, met hun wetenschappelijke instrumenten rotsen besnuffelen en betasten en op zoek gaan naar aanwijzingen over een mogelijk nat verleden van Mars.  Bijna drie jaar na hun landing houdt het duo het nog altijd vol. Samen hebben de twee onbemande verkenners al meer dan 15 kilometer op Mars afgelegd en tienduizenden foto's doorgestuurd.  Spirit kwam terecht in de krater Gusev ten zuiden van de Marsevenaar, waar er vroeger misschien een meer was. Het jeepje reed vervolgens naar heuvelachtig terrein. Spirit vond eerst maar weinig sporen van water. Maar uiteindelijk vonden de onderzoekers wat ze zochten. 'In de Columbiaheuvels zagen we gesteente dat in water ontstond of er tenminste door werd veranderd', aldus onderzoeker Ray Arvidson.  Tweelingbroer Opportunity landde aan de andere kant van Mars in het gebied Meridiani Plani in een kleine krater. Dat was onmiddellijk een schot in de roos. De eerste foto's van Opportunity toonden precies dat soort gesteente dat de geleerden wilden zien.  'Hoe meer terrein onze robots afspeuren, hoe meer bewijzen ze vinden dat er ooit op Mars vloeibaar water is geweest', aldus de NASA. Maar sommige onderzoekers hebben ook twijfels. Misschien is de vorm van het Marsgesteente ook te verklaren door andere oorzaken, zoals meteoorinslagen of vulkanisme. In dat geval is de kans dat er ooit op Mars leven was of nog is wel bijzonder klein. Maar volgens hoofdonderzoeker Steve Squires was Mars vroeger wel degelijk een natte wereld.  WATERIJS & REUZENPIZZA Ook Europa houdt Mars in het vizier. De Europese sonde Mars Express draait sinds december 2003 in een baan om de planeet. Hij had de Britse lander Beagle 2 aan boord, die voor het eerst sinds de Vikings expliciet naar leven op Mars moest zoeken. Maar de landing van Beagle 2 op Mars mislukte. Het moederschip doet het wel bijzonder goed. Mars Express vond sporen van 'substan- ti챘le hoeveelheden vloeibaar water toen Mars nog een jonge planeet was'. En radarmetingen van Europa's eerste Marssonde wijzen op het bestaan van grote hoeveelheden waterijs diep onder de grond. 'Onze zoektocht is nog maar net begonnen', zegt men bij de Europese ruimtevaartorganisatie ESA.  De aardse robots zullen de komende jaren Mars niet met rust laten. Ondertussen kwam de Amerikaanse Mars Reconaissance Orbiter in maart 2006 aan bij Mars. Hij zal de geologische kenmerken van Mars bestuderen en het water op de planeet - onder welke vorm dan ook - in kaart brengen. De Amerikaanse Marsverkenner komt in het gezelschap van Mars Express en nog twee andere Amerikaanse ruimtetuigen in een baan rond de rode planeet.  Boeiend is ook het Europees project ExoMars, dat eind vorig jaar groen licht kreeg en in 2011 van start gaat. Naast een orbiter in een baan rond de planeet gaat het om een lab dat net als Spirit en Opportunity over de Marsbodem moet rondrijden. Dat gaat onder meer met behulp van een boor tot twee meter diep onder het oppervlak speuren naar leven.  Een eind voorbij Mars, op een afstand van ongeveer 780 miljoen kilometer van de zon, treffen we de reusachtige gasplaneet Jupiter aan. In de jaren zeventig stuurden ruimtesondes de eerste adembenemende close- ups van de grootste planeet van het zonnestel en zijn satellieten naar de aarde. De odyssee van de sonde Galileo veranderde drastisch onze kijk op het zonnestelsel. Hij kwam in december 1995 in een baan rond Jupiter en stortte zich in 2003 als een kamikaze in het wolkendek van Jupiter. De Italiaanse natuurkundige en astronoom Galileo Galilei zag de grootste vier van de tientallen manen van Jupiter al in 1610 door zijn eerste primitieve telescopen. Io, Europa, Callisto en Ganymedes bleken later stuk voor stuk heel bijzondere werelden te zijn.  Io ziet er enigszins uit als een reuzenpizza. Er zijn actieve vulkanen en het is bijzonder onwaarschijnlijk dat er leven heeft kunnen gedijen. Dat ligt anders bij de overige drie 'Galile챦sche' manen. De maan Europa verbergt onder een korst van ijs misschien wel een oceaan van vloeibaar water en mogelijk is dat ook het geval bij Ganymedes en Callisto. Hoe kan er in deze bitterkoude regionen van het zonnestelsel vloeibaar water zijn? In het geval van Europa heeft dat te maken met de enorme getijdenwerking van Jupiter, die in het binnenste van de maan warmte genereert. Op onze eigen aarde, onder de ijskap van Antarctica, bevinden zich verschillende meren. Het grootste werd in 1996 ontdekt en is ongeveer half zo groot als België. Het Vostokmeer bevindt zich bijna vier kilometer diep onder het ijs.  Veel onderzoekers zien het als een testcase voor de verkenning van de Jupitermanen. Jammer genoeg is in het NASA-budget voor 2007 geen geld ter beschikking voor een ruimtesonde naar Europa. Onderzoekers dromen ook al hardop van een toekomstige *aqua-robot* die zich door het ijs van Europa boort en vervolgens een duik neemt in de eventuele ondergrondse oceaan van de Jupitermaan. Maar de aardbewoners laten eventueel leven op Europa nog wel enige tijd met rust.  DE MEREN VAN TITAN Nog eens bijna twee keer zover als Jupiter draait Saturnus rond de zon. Sinds juni 2004 - en na een ruimtereis van zeven jaar - bestudeert de Amerikaanse ruimtesonde Cassini de planeet met de mooie ringen. Cassini had ook de Europese lander Huygens aan boord, die in januari vorig jaar met succes op de Saturnusmaan **Titan** terechtkwam.  [Zonnestelsel\SATURNUS.docx](Zonnestelsel/SATURNUS.docx)  Dit is een van de meest fascinerende werelden in ons zonnestelsel. De dikke atmosfeer van Titan bestaat vooral uit stikstof en koolstofverbindingen, net zoals toen op een nog jonge aarde leven ontstond. 'Maar er zijn ook grote verschillen', waarschuwt Jean-Pierre Lebreton van de ESA. 'De fysische en scheikundige wetten zijn er wel hetzelfde, maar de ingrediênten zijn anders.'  Huygens maakte tijdens zijn afdaling opnamen van het oppervlak van Titan. Daarop was een merkwaardig landschap te zien met sporen van erosie door vloeistofstromen, mogelijk methaan. De Huygensfoto's tonen 'kanalen' die leiden naar wat een donker gekleurd meer of een zee lijkt. Maar de meren van Titan bestaan misschien niet uit water, maar uit vloeibaar methaan of ethaan. Huygens overleefde zelfs zijn landing op Titan, de verste die een sonde ooit in het zonnestelsel heeft gemaakt.  Het Amerikaanse moederschip Cassini passeert ondertussen in zijn baan rond Saturnus regelmatig de mysterieuze maan en onthult met radarbeelden wat er onder de dikke atmosfeer verborgen ligt. Titan zou met zijn koolstofrijke moleculen wel eens een vruchtbare plek voor leven kunnen zijn. Het is er op een afstand van 1,2 miljard kilometer van de zon wel uiterst koud. De temperatuur aan het oppervlak bedraagt er een zeer frisse min 180 graden Celsius. Maar misschien was Titan ooit veel warmer dan nu en kon er microscopisch leven ontstaan.  Een bijzondere verrassing is nog de kleine Saturnusmaan **Enceladus**. Die is amper 500 kilometer groot, tien keer kleiner dan Titan. Al in augustus 1981 waren onderzoekers verbaasd toen opnamen van de Amerikaanse ruimtesonde Voyager 2 een jong en vlak terrein met weinig kraters lieten zien. Enceladus moet amper 100 miljoen jaar geleden - een peulenschil op de kosmologische tijdschaal - nog geologisch actief zijn geweest en een heuse facelift hebben ondergaan.  Opnamen van Cassini leidden tot nog grotere verbazing. Enceladus blijkt een atmosfeer te hebben die hoofdzakelijk bestaat uit waterdamp met een vleugje stikstof, koolstofdioxide en op koolstof gebaseerde organische moleculen, geconcentreerd rond de zuidpool van het hemellichaam. Daar is het relatief 'warm': nog altijd min 180 graden Celsius, maar toch iets minder koud dan normaal het geval zou moeten zijn. Het is niet duidelijk waarom dat zo is. Uit breuken in het zuidpoolgebied komen damp en fijne ijswaterdeeltjes naar buiten, die zeer recent op het oppervlak van Enceladus zijn neergeslagen. Misschien is deze geologische activiteit afkomstig van vloeibaar water onder het oppervlak. Volgens onderzoeker Robert Brown van het Cassiniprogramma kon het opwarmen van een cocktail van organische moleculen, water en stikstof bouwstenen van leven hebben gevormd. 'Of dat op Enceladus ook echt is gebeurd, is niet duidelijk, maar net als Mars en de Jupitermaan Europa is dit een wereld waar we absoluut naar leven moeten zoeken.'  Vloeibaar water is overigens geen garantie voor leven. 'Er is altijd groot voorbehoud', zegt planetair geoloog **David Grinspoon.** 'Wat een goede habitat voor leven is weten we eigenlijk niet echt, aangezien we alleen op de aarde leven kennen.' En misschien is er voor buitenaards leven wel geen water nodig. 'Omdat het er bitterkoud is, zal eventueel leven op de manen van Jupiter en Saturnus misschien bestanddelen als ammoniak gebruiken, dat onder zeer lage temperaturen vloeibaar blijft.' En volgens sommige onderzoekers zouden microben bijvoorbeeld ook in de dikke atmosfeer van de planeet Venus kunnen overleven.  Heel veel astronomen denken in ieder geval zoals Bruce Jakosky van de American Astronomical Society. 'Er zijn steeds meer aanwijzingen dat leven eigenlijk heel eenvoudig en gemakkelijk kan ontspruiten, als de juiste omstandigheden zich maar voordoen.'  MARS >[Zonnestelsel\Mars](Zonnestelsel/Mars)   |  |  | | --- | --- | | **Zoeken naar leven op Mars kan het best via fossielen** 18 Maart 2007 prof. dr. [A.J. (Tom) van Loon](mailto:tom.van.loon@wxs.nl)  Faculteit Aardwetenschappen Universiteit van Silezië <http://www.geo.uu.nl/ngv/geonieuws/geonieuwsart.php?artikelnr=789> |  |   Volgens Jack Farmer, een hoogleraar aan de Arizona State University, is veruit de meest effectieve manier om na te gaan of er op Mars leven is, niet het zoeken naar nu levende primitieve organismen of de biochemische sporen die ze achterlaten, maar om naar fossielen van microorganismen te zoeken. Hij verklaarde dat tijdens een bijeenkomst van de American Association for the Advancement of Science (AAAS, de organisatie die het gerenommeerde tijdschrift Science uitgeeft) op 16 februari j.l.  Hij memoreerde dat er al lange tijd vruchteloos veel geld wordt besteed aan exobiologie (de wetenschap die zich bezighoudt met leven buiten de aarde), en dat het zinvoller zou zijn om op z’n minst een significant deel te besteden aan wat hij 'exopaleontologie' noemt, de wetenschap die zich bezighoudt met fossielen die buiten de aarde zijn ontstaan. Daarbij geeft hij overigens toe dat er in de komende 10-15 jaar noodgedwongen vrijwel alleen maar exobiologie kan worden bedreven, omdat er nog onvoldoende hulpmiddelen voor de uitoefening van exopaleontologie zijn ontwikkeld. Het duurt ongetwijfeld nog geruime tijd voordat dergelijke middelen beschikbaar zullen zijn, die dan onder meer zouden moeten kunnen zorgen dat er niet alleen op het Marsoppervlak wordt gekeken (en verzameld) maar ook dieper. De reden is dat het Marsoppervlak al zeer lang ongeschikt is voor leven, bij gebrek aan vloeibaar water. Het ijs in de poolgebieden biedt eveneens weinig levenskansen.  Farmer verwijst naar de aarde, waar primitieve organismen tot op kilometers diep zijn gevonden. Ze kunnen daar leven omdat er grondwater met voedingsstoffen door spleten circuleert, en het is waarschijnlijk dat soortgelijke omstandigheden ook in de ondergrond van Mars voorkomen. Er zou daarom robotapparatuur naar Mars moeten worden gestuurd die tot op grote diepte kan boren. Boren levert echter altijd onvoorziene moeilijkheden op (zoals ook op aarde blijkt); volgens Farmer zou het dan ook al een groot succes zijn als er binnen een tiental jaren op Mars tot enkele meters diepte zou kunnen worden geboord.  Het is echter zeer goed mogelijk dat ook op die geringe diepte al oude afzettingen voorkomen. Afzettingen die zijn gevormd bij hete bronnen en in meren zouden veel kans op succes bieden. Daarbij verwijst hij naar de microorganismen die gefossiliseerd zijn aangetroffen langs hete bronnen in Yellowstone National Park. Soortgelijke afzettingen - uit tijden dat er nog vloeibaar water op het Marsoppervlak aanwezig was - komen volgens Farmer voor in de door meteorieten zwaar aangetaste hooglanden.  http://www.asu.edu/news/forthemedia/images/20070214_Calothrix_sm.jpg  Fossiele resten van de bacterie Calothrix uit Yellowstone Park (beeld ca. 2 mm breed). Foto: Jack Farmer, Arizona State University    http://blogs.discovermagazine.com/badastronomy/files/2011/03/hoover_meteoritelife.jpg <http://blogs.discovermagazine.com/badastronomy/2011/03/05/has-life-been-found-in-a-meteorite/>  SEM-opname van structuren op een Marsmeteoriet die aanvankelijk (onterecht) voor fossiele restanten werden aangezien. Foto: NASA > [meteorieten en leven.docx](meteorieten%20en%20leven.docx)  http://brainmind.com/images/OpportunityHematite.jpg  Microscopic image of HematiteSpheres as seen by the Opportunity rover. <http://en.wikipedia.org/wiki/Meridiani_Planum> Mogelijk biogeen gevormde bolletjes in Meridiani Planum, gefotografeerd tijdens de Mars Exploration  Mission. Foto: NASA  http://brainmind.com/images/marsberrybowl.jpg  The Opportunity also photographed small round stones, which appear to be hematite, an oxide of iron. Hematite is produced biologically. On earth, hematite is a waste product produced by a common species of bacteria, shewanella. In the absence of oxygen shewanella metabolizes minerals such as iron, and excretes hematite. When exposed to large amounts of water, a spherical ball begins to form and pops out onto the surface after considerable water erosion. However, these round Martian balls were found not only on the crater floor, which may have once been filled with water, but on the soil above the outcrop of the crater. Unless these balls rolled up hills, this indicates a biological source. The only other creatures on Earth which creates similar spherical balls and which lives around large bodies of water, are crabs. Crabs are ancient and can live even at the bottom of the frigid ocean beneath thousands of pounds of pressure. However, they first crawled forth from the sea hundreds of millions of years ago–a time period when oceans may have splashed across the surface of Mars.  <https://bruceleeeowe.wordpress.com/category/review/page/23/>  **Referenties:** **Anonymus, 2007. Fossils offer best bet for locating Mars life. ASU (Arizona State University) Insight 16 februari 2007**[www.asu.edu/new/stories/200702/20070216\_AAAS\_Farmer.htm](http://www.asu.edu/new/stories/200702/20070216_AAAS_Farmer.htm)  Life on Mars ? <http://www.youtube.com/watch?v=v_B8oa-hZ3o>    Aug 24, '07 **Wetenschappers "zien "sporen van leven op Mars  ?**     Bodem van Mars die dertig jaar geleden is onderzocht, **kan (1)**leven herbergen, zo heeft de gezaghebbende internetsite, <http://www.space.com/news/>  op gezag van een nieuwe studie gemeld.  <http://www.space.com/search.php?cx=partner-pub-1894578950532504%3A47n5qdg34oa&cof=FORID%3A10&ie=ISO-8859-1&sa=&q=life+on+mars>+    Het bijna altijd bevroren en dorre oppervlak van de Rode Planeet kan een omgeving zijn waar microben kunnen gedijen wier cellen gevuld zijn met een mengeling van **waterstofperoxide en water**.  **Marslanders**  Volgens de site analyseerde **Joop Houtkooper** van de**Universiteit van Giessen**gegevens opnieuw die waren verzameld door het **'GEx' ('Gas Exchange Experiment') op de Amerikaanse Viking Marslanders**.  Het Gex vond onverklaarbare toenames van zuurstof en koolstofdioxide in bodemstalen die de Vikings vergaarden.     "***Als we veronderstellen dat die gassen werden geproduceerd tijdens de afbraak van organisch materiaal samen met een waterstofperoxide-oplossing, kunnen wij de massa berekenen die nodig was om het gemeten gasvolume te produceren",***  zo citeerde space.com Houtkooper op het Europees Planeetwetenschappelijk congres in het Duitse Potsdam.  **Antivries** **Houtkoope**r en zijn collega **Schulze-Makuch**van de Washington State University speculeren dat een op waterstofperoxide gebaseerd organisme het harde Martiaanse klimaat kan overleven, met temperaturen zelden boven het vriespunt en tot min 150 graden Celsius aan de polen. De waterstofperoxide zou dan 'antivries' zijn voor de cel en haar binnenste ervan weerhouden omwille van de kou te kristalliseren.  Bovendien neigen waterstofperoxide-oplossingen ernaar water aan te trekken, zodat de vreemde organismen watermolecules uit de atmosfeer zouden kunnen plukken. Maar indien dergelijke organismen te veel water zouden krijgen of aan een te vochtige atmosfeer zouden zijn blootgesteld, zouden zij theoretisch aan overhydratatie moeten sterven.  **Waterstofperoxide** Beide wetenschappers denken dat hun theorie een goede verklaring vormt voor de vondst van de Vikings. Indien tijdens het verzamelen van de bodemstalen de bewuste organismen zouden sterven, zouden hun cellen uiteenvallen en zuurstof vrijmaken. Hun organische bestanddelen zouden met het waterstofperoxide reageren en CO2, waterdamp en sporen van stikstof laten vrijkomen.  Maar alles zou maar neerkomen op "**iets meer dan één op duizend in gewicht**" uitgedrukt, te vergelijken wat in sommige permafrost van Antarctica is gevonden, aldus Houtkooper, die meent dat de onlangs gelanceerde Amerikaanse **Marslander Phoenix**die microben kan vinden.  **Aarde** Op onze Aarde zijn organismen die waterstofperoxide gebruiken zeldzaam.    Een voorbeeld is nochtans **de kever  (2\*** )die een 25 procent oplossing van waterstofperoxide gebruikt om "stoom te spuiten" bij zijn verdediging.    (belga/hln)    **Noten**    **(1)** die 'sporen' zijn slechts **aanwijzingen**die **zouden kunnen kloppen**met hun theorie, meer niet. Dus duidelijk nog **geen tastbaar leven gevonden**,  Het is  vooralsnog **zuiver speculatief  en is nog  GEEN  feitelijke wetenschap**    (2)\**Brachinus Crepitans*De fameuze   "**bombardier beatle "**   van de creationisten  Wat dit **sensationeel**artikeltje  in de  **nieuws -pers**((belga/hln) echter  " vergat " te melden ( of ,te vertalen ) is het volgende  ;    **Claim of Martian Life Called 'Bogus'**  <http://www.space.com/news/070823_mars_life.html>  <http://www.space.com/4267-claim-martian-life-called-bogus.html>      **the University of Colorado microbiologist**, thinks there is **one very important reason why hydrogen peroxide life is unlikely**.    **"Hydrogen peroxide inside cells is deadly in terrestrial kinds of cells,"**Pace said.  **"In fact, that's one way that our cells combat bacteria, by producing hydrogen peroxide locally."**  For Pace and many other scientists, the definitive experiment performed by the Viking landers was the gas chromatography mass spectrometry (GC-MS) test, which was capable of identifying substances by their chemical makeup. That test failed to turn up evidence of organic compounds. "That's the interesting experiment. Everything else can be explained chemically," Pace said.  Some scientists have speculated the oxygen results from the GEx test came from peroxide-containing iron in the martian soil.  [Viking Data Still Cause Stir About Mars Life](http://www.space.com/scienceastronomy/viking_labeledrelease_010905-1.html) [Scientists Say Mars Viking Mission Found Life](http://www.space.com/news/spacehistory/viking_life_010728-1.html) [Martian Life Could Have Evaded Detection by Viking Landers](http://www.space.com/scienceastronomy/061024_mars_viking.html)  [Life on Mars Likely, Scientist Claims](http://www.space.com/scienceastronomy/mars_microorganisms_040803.html) [Martian Life Could Have Evaded Detection by Viking Landers](http://www.space.com/scienceastronomy/061024_mars_viking.html)   >[**Mars: alle artikels**](http://www.hln.be/hln/alg/pag/hln_index.jsp?p_page=ruimtevaart&p_cat=mars&rpmore=OK&pOWC=15m&wt.bron=hlnRPArtikels)  **Water Histories**  [Mars Reconnaissance Orbiter](http://www.reuzenplaneten.nl/Info%20over%20het%20zonnestelsel%20M.htm#Mars%20Reconnaissance%20Orbiter) heeft enkele seizoenen lang structuren langs de wanden van inslagkraters op [Mars](http://www.reuzenplaneten.nl/Info%20over%20het%20zonnestelsel%20M.htm#Mars) in de gaten gehouden.  De donkere vormen veranderen naarmate de temperaturen stijgen of dalen.  Zo verdwijnen de donkere stromen in de winter, om vervolgens in de lente weer terug te keren.   Of deze stromen (strepen), die in de loop van de zomer langer worden,  door vloeibaar water worden veroorzaakt, is niet honderd procent zeker.  Waarschijnlijk gaat het om zoutrijk water dat smelt.  Hoe het komt dat de strepen in de zomer donkerder zijn dan in de winter is niet duidelijk.  De kans op microscopisch leven is in stromend water groter dan in bevroren water  http://www.reuzenplaneten.nl/Plaatjes%20Reuzenplaneten/Waterstromen%20in%20de%20Newton%20krater.jpg  **2011** <http://www.reuzenplaneten.nl/Nieuws%20Mars%202006.html>  **Veel meer water op Mars dan gedacht**    De Europese ruimtesonde Mars Express heeft nieuw bewijs gevonden dat water eens overvloedig stroomde op de planeet Mars. Maar ook nu nog bevinden zich vlak onder het oppervlak grote hoeveelheden kostbaar ijs - een voorwaarde voor leven op de buurplaneet van aarde.   Onder de bodem van de noordpool komt veel ijs voor, afgezet in dunne laagjes. Het gaat om ,,bijna puur, koud waterijs'', nauwelijks vervuild door stof. Onder deze ijslagen ligt veel zand, dat mogelijk ook ijs bevat, meldden wetenschappers woensdag op een persconferentie bij het Europees ruimtevaartagentschap ESA.  De deskundigen kregen de gegevens van de grote radararm aan boord van Mars Express. Het Europese apparaat vloog in juni en juli drie maal over de noordpool en keek met de radar tot een kilometer onder het marsoppervlak. Met een ander instrument, de Omega, vonden onderzoekers op grote schaal kleilaagjes. De kleisoort, phyllosilicaten genoemd, wordt gevormd als vulkanisch gesteente lange tijd in water wordt gedompeld.  Zij concluderen dat Mars tot circa 3,5 miljard jaar geleden was bedekt met oceanen. In die tijd was Mars nog maar jong, vermoeden wetenschappers. De planeet zou net als aarde ongeveer 4,6 miljard jaar geleden zijn ontstaan.  Vorig jaar kwam vast te staan dat er op Mars water voorkomt. Het bewijs is echter nog niet volledig en vooral geleverd door foto's van het marsoppervlak - genomen door robots en satellieten. Die laten vooral een wanhopig droge en stoffige planeet zien.  De aanwezigheid van water op Mars is onder meer belangrijk voor Amerikaanse ruimtevaartplannen. Washington wil over circa 20 jaar de eerste mens naar de Rode Planeet sturen. Een toekomstige basis zou water uit de grond kunnen halen, in plaats van het helemaal mee te nemen van aarde.  Het is nog steeds een grote vraag hoe het water van Mars is verdwenen. Een van de theorieën stelt dat planeet circa 3,5 miljard jaar geleden zijn magnetisch veld kwijtraakte. Dat beschermde de planeet eerder tegen schadelijke zonnewind: een stroom van geladen deeltjes uit de zon die door het hele zonnestelsel heen zwerft. Maar hoe dat veld verdween is een tweede onopgeloste vraag.    **Recent was er nog vloeibaar water op Mars**    Foto’s tonen vloeibaar water afzettingen in kraterwand <http://www.jpl.nasa.gov/multimedia/slideshows/mgs-20061206/>    *Er werden sleuven opgemerkt die er zes jaar eerder nog niet waren.*  Op opnames die vier jaar verschillen, zijn nieuwe sedimenten te zien die vermoedelijk door stromend water zijn vervoerd.Leidinggevend Mars-wetenschapper Michael Meyer van de NASA sprak over waarnemingen die het 'hardste bewijs' tot nu toe leveren dat er water over de oppervlakte van de rode planeet stroomt. De vorm van de sedimenten lijkt op wat je kunt verwachten als materiaal door stromend water wordt meegenomen, aldus een andere onderzoeker. De afzettingen zijn aangetroffen op de hellingen van twee kraters. Af en toe stroomt er dus nog steeds water over de oppervlakte van de planeet Mars, zo concludeert de ruimtevaartorganisatie.  \*De afbeeldingen zijn gemaakt door de sonde Mars Global Surveyor. De MGS Orbiter Camera aan boord van de sonde heeft sinds 1997 meer dan 240.000 foto's van Mars naar de aarde gezonden. Het contact met de Mars Global Surveyor is inmiddels verbroken, maar het duurt nog jaren voordat al het fotomateriaal wetenschappelijk is geanalyseerd.  °Op sommige plaatsen op Mars lijkt er tijdens de laatste zeven jaar nog water te hebben gevloeid, zo heeft de NASA woensdag op een persconferentie bekendgemaakt.  **Duizenden ravijntjes** De sonde Mars Global Surveyor, die sinds 1997 rond de Rode Planeet wentelt, heeft foto's genomen van duizenden ravijntjes op hellingen of op de wanden van kraters. Twee van die sleuven lijken te zijn ontstaan tijdens de missie van de succesrijke sonde, waarvan de laatste weken echter niets meer is vernomen.  De plaats waar ze zijn ontstaan, hun morfologie en hun kleur laten al jaren vermoeden dat het gaat om vloeiend water. Sommige van die opnames kunnen slaan op gleuven die er al miljoenen jaren zijn. Maar in ieder geval zijn twee van die sleuven opgemerkt in 2005 op plaatsen waar er zelfs in 1999 nog niets was. Er zijn meer bepaald afzettingen van materiaal waargenomen. Dit wijst erop dat er nog recent water heeft gevloeid op onze buurplaneet, aldus de vorsers.  "Deze observaties geven het sterkste bewijs tot nog toe dat er af en toe nog water vloeit op het oppervlak van Mars", zei wetenschappelijk leider van het Marsprogramma van de NASA, Michal Meyer.  **Warm en vochtig** Indien het om vloeibaar water gaat, wat als een voorwaarde voor vroeger of nog bestaand leven geldt, blijft de vraag open van waar dat water komt. Het is al duidelijk geworden dat Mars ooit warm en vochtig is geweest, en dat er nu op de barkoude planeet nog waterijs aanwezig lijkt te zijn.  <http://www.spacenews.nl/planeten/Mars2.htm>  Aanwijzingen voor stromend water op Mars 07 december 2006 Planet Internet  Het Marslandschap verandert De vergelijking van beelden van het Marsoppervlak over een periode van zeven jaar wijst op de vorming van nieuwe kraters én de aanwezigheid van vloeibaar water.  Hoewel de planeten in ons zonnestelsel niet langer worden gebombardeerd zoals in het verleden, komen er vandaag de dag nog altijd aardig wat kleine stenen op terecht. Op beelden van de Mars Global Surveyor hebben Amerikaanse onderzoekers nieuwe inslagkraters ontdekt. Gedurende de voorbije zeven jaar zijn die kraters opgedoken in de vorm van donkere vlekken. Die laatste zijn wellicht een gevolg van door de inslagen veroorzaakt stof. De auteurs melden dat de kratervorming vergelijkbaar is met die op de maan.  Ze spotten ook recente veranderingen in de wanden van twee kraters. Die interpreteren ze als bewijs voor water dat eraf druppeltDe NASA baseert zich onder meer op foto's uit september 2005 waarop afzettingen zijn te zien die ontbreken op foto's die zes jaar eerder van dezelfde plek waren genomen.  **Deposit in a Crater in Terra Sirenum**  Before-and-after views of a Mars site where a gully flowed.  On the left, the site as it appeared in  2001. On the right, the same site in 2005.Figure A  **Stromend water in Krater Centauri Montes Region**  Left figure shows a mosaic of images  that cover the entire unnamed crater in Terra Sirenum. Right image shows an enlargement of a portion of another image from August 2005, showing details of the new, light-toned gully depositFigure B (left side)  Figure C (right side)   the Mars Orbiter Camera team repeatedly imaged this site throughout 2005 and 2006. Four examples are shown here, acquired in April 2005, August 2005, February 2006 and April 2006.Figure D  <http://www.nasa.gov/mission_pages/mars/images/pia09027.html>  Bacteriologisch leven Stromend water wordt beschouwd als voorwaarde voor leven. De nieuwe ontdekkingen wakkeren de speculatie aan dat op Mars mogelijk bacteriologisch leven voorkomt. De haalbaarheid voor een bezoek aan de planeet wordt door de aanweizgheid van water ook vergroot.  De NASA kwam eerder al met aanwijzingen dat er ooit water voorhanden moet zijn geweest op de planeet. De atmosfeer op Mars is zo dun en de temperatuur is zo laag dat water op de oppervlakte snel zou vervliegen of bevriezen. De wetenschappers vermoeden dat het water dat uit de bodem treedt, nog even vloeibaar blijft in de grond die wordt meegevoerd.  \* [NASA Images Suggest Water Still Flows in Brief Spurts on Mars](http://www.nasa.gov/mission_pages/mars/main/index.html) (met foto's)  \*[Carrière Mars Global Surveyor lijkt voorbij](http://www.planet.nl/planet/show/id=434397/contentid=780226/sc=07ba87)  06/12/2006 ['Stromend water op Mars'](http://www.nu.nl/news/909206/81/%27Stromend_water_op_Mars%27_%28video%29.html)  **- Het Amerikaanse ruimtevaartagentschap** [**NASA**](http://www.nasa.gov/news/highlights/index.html)**heeft mogelijk stromend water ontdekt op Mars.**  Een NASA-wetenschapper sprak over waarnemingen die het 'hardste bewijs' tot nu toe leveren dat er water over de oppervlakte van de Rode Planeet stroomt. De foto's zijn aan het begin van het jaar genomen. Wetenschappers hebben onlangs de formatie van nieuwe kraters op de planeet gedocumenteerd en vonden daarbij felle, lichtgekleurde vlekken die niet aanwezig waren op eerdere foto's. Het zou gaan om modder, zout of vorst dat is achtergebleven toen het water, recentelijk, terugtrok door de kanalen op de planeet.De vorm van de sedimenten lijkt op wat je kunt verwachten als materiaal door stromend water wordt meegenomen, aldus een andere onderzoeker. Stromend water wordt beschouwd als voorwaarde voor leven.  **Revolutie** "Dit is een revolutie in de manier waarop we over Mars denken en hoe we deze planeet onderzoeken", vertelde een onderzoeker. Mars blijkt een dynamischer plek te zijn dan veel mensen dachten. De onderzoekers zijn er nog niet uit wat de bron van het water is. Het zou bijvoorbeeld afkomstig kunnen zijn uit bronnen onder de grond, of van gesmolten sneeuw of ijs.  **Temperatuur** De NASA kwam eerder al met aanwijzingen dat er ooit water voorhanden moet zijn geweest op de planeet. De atmosfeer op Mars is zo dun en de temperatuur is zo laag dat water op de oppervlakte snel zou vervliegen of bevriezen. De wetenschappers vermoeden dat het water dat uit de bodem treedt, nog even vloeibaar blijft in de grond die wordt meegevoerd.   |  | | --- | | Nieuwe aanwijzing voor water op Mars | |  | | 16 februari *2007 Planet Internet* | |  | | **Op sommige plaatsen heeft de rotsbodem van Mars een lichtere kleur, en zijn er kleine barsten te zien. Een belangrijke aanwijzing dat er wellicht ooit water gestroomd heeft.**  De vraag of er leven op Mars is (geweest), is nog steeds niet beantwoord. Wel zijn er steeds meer aanwijzingen dat er ooit water op de Rode Planeet gestroomd heeft. En waar water is, is zeer waarschijnlijk ook leven. De nieuwste aanwijzing bestaat uit verkleurde en gebarsten rotsen in een diepe Martiaanse vallei. Ze zijn ontdekt met behulp van foto's met een extreem hoge resolutie die zijn genomen door de Mars Reconnaissance Orbiter van de Nasa.  **Grondwater** Het gaat om cirkels van rotsen die iets lichter van kleur zijn dan de rest van de Marsbodem. In het midden van de verkleurde grond zijn kleine scheuren te zien. Die zijn hoogstwaarschijnlijk ontstaan doordat er water gestroomd heeft. Volgens de onderzoekers ondersteunt deze ontdekking het idee dat er ooit grote reservoirs van grondwater op Mars hebben bestaan. Het is zelfs niet uitgesloten dat ze er nog steeds zijn, diep weggezakt in het rode sediment.  De scheurtjes blijken kleine fracturen te zijn waarin zich zand verzamelt. Op Aarde kennen we ze ook: ze verschijnen op plaatsen waar stromend water rotsen heeft weggeschuurd. Geologen hebben uitgelaten gereageerd op de ontdekkingen, die donderdag in San Fransico bekend werden gemaakt op een jaarlijkse bijeenkomst van wetenschappers. Volgens sommigen is de ontdekking van buitenaardse levensvormen op Mars hiermee weer een stuk dichterbij gekomen.  **Mars Reconnaissance Orbiter** Omdat de verkleuring en de scheurtjes heel moeilijk te zien zijn, is de ontdekking helemaal te danken aan de grote precisie waarmee de Mars Reconnaissance Orbiter kleurenfoto's van de Planeet kan schieten. De ruimtesonde van de Nasa gebruikt apparatuur met een zeer hoge resolutie. De Amerikaanse ruimtevaartorganisatie heeft echter wel aangegeven dat een aantal detectoren van de sonde op het punt staan het te begeven.  De Orbiter is vooral bekend van de foto's die het heeft gemaakt van de Marsrovers Spirit en Opportunity. Nooit eerder zijn er zulke krachtige fotocamera's gebruikt voor een ruimtesonde. Naast observatiesattelliet wordt de Mars Reconaissance Orbiter ook gebruikt als communicatiesatelliet. Maar 챕챕n van de belangrijkste taken van het ruimtevaartuig is het zoeken naar aanwijzingen dat er ooit water heeft gestroomd op de Rode Planeet.  **Meer aanwijzingen** Het is niet de eerste keer dat er zulke aanwijzingen zijn gevonden. Een paar maanden geleden nog werd bekend dat de sonde Mars Global Surveyor **sedimenten** heeft gefotografeerd in een gebied waar ze op oudere foto's nog niet te zien waren. Het lijkt erop dat ze door een waterstroom zijn meegesleurd, wat erop wijst dat er nogsteeds regelmatig water over het oppervlak van Mars stroomt.  Twee jaar geleden maakten Europese wetenschappers in Noordwijk bekend dat er vermoedelijk een **bevroren zee** onder de oppervlakte van de planeet ligt. Zij baseerden die stelling op foto's van de Mars Express, die eveneens een hoge-resolutiecamera aan boord had. Mogelijk komt het water uit de diepte dat zo’n vijf miljoen jaar geleden door een serie uitbarstingen naar boven is gekomen en vervolgens in zuidelijke richting is gestroomd. Die zee is daarna bedekt door vulkanische sedimenten.   [Science: Martian Cracks Show Signs of Once-Flowing Water](http://sciencenow.sciencemag.org/cgi/content/full/2007/215/1)  http://news.sciencemag.org/sciencenow/assets/2007/02/15/200721511.jpg  **Sliced geology.**  Joints or fractures once carried water through now-exposed rock to alter surrounding rock to form a lightened "halo."Credit: Okubo and McEwen, Science   [Mars Reconnaissance Orbiter](http://nl.wikipedia.org/wiki/Mars_Reconnaissance_Orbiter) |  |  | | --- | | **Opnieuw bewijs water op Mars** 22/5 /2007 |  |  | | --- | | De Amerikaanse Marssonde Spirit heeft nieuw bewijs gevonden dat er op Mars ooit overvloedig veel water is geweest. Dit maakt de Amerikaanse ruimtevaart organisatie NASA bekend.  Tijdens de ruimterit, stuitte de zeswiel aangedreven Spirit op sterke concentraties siliciumdioxide. **‘Dit heldere zand levert voor de onderzoekers genoeg bewijs op dat er water op de rode planeet aanwezig is geweest’,** aldus het Jet Propulsion Laboratory van de NASA in Pasadena.   Het monster dat tijdens het bodemonderzoek is onderzocht, bestaat voor bijna 90 procent uit **siliciumdioxide.** Wetenschappers zijn van plan om op deze plek verder onderzoek te verrichten. De Spirit en zijn broer zijn al vanaf april 2004 op Mars op missie die sindsdien herhaaldelijk is verlengd. |  |  | | --- | |  | | *Foto: NASA/JPL-Caltech/Cornell* |   Feb 17, '07  **Nieuw bewijs van water op Mars**  Een sonde van de NASA heeft nieuwe bewijzen gevonden dat er ooit vloeistoffen, waaronder ook water, hebben gevloeid door het vast gesteente van een canyon in het gebied Valles Marineris, zo is gezegd op de bijeenkomst van de Amerikaanse Vereniging ter Bevordering van de Wetenschap (AAAS).  Kleurenfoto's van de Mars Reconnaissance Orbiter tonen een equatoriaal landschap van heuvels, samengesteld uit tientallen alternerende lagen van donker en meer licht gekleurd gesteente, en doorsneden door donkere zandduinen. Volgens Chris Okubo van de Universiteit van Arizona suggereren de foto's sterk dat er ooit onder het oppervlak vloeistoffen in overvloedige hoeveelheden hebben gestroomd, in het westelijke Candor Chasmagebied. **Waarschijnlijk gaat het om water, vloeibare koolstofdioxide, of een combinatie van beide.** (belga)  http://www.reuzenplaneten.nl/Plaatjes%20Reuzenplaneten/Valles%20Marineris%20Candor%20Chasma.jpg  Candor Chasmagebied  <http://en.wikipedia.org/wiki/Valles_Marineris>  Sep 24, '07 **Onduidelijkheid over water op Mars** (c) NU.nl/**Dennis van Luling**  21 september 2007  **Vorig jaar ontdekten ruimtedeskundigen dat er 'vloeibaar water' aanwezig was op de planeet Mars. Een nieuw onderzoek naar deze ontdekking laat zien dat het destijds ging om lava, afkomstig uit de Athabasca Valles. Dat meldt het wetenschappelijke magazine [Science](http://www.sciencemag.org/cgi/content/short/317/5845/1705" \t "_top).**    http://www.sciencemag.org/content/317/5845/1705/F1.medium.gif  CREDIT: ZUBER *ET AL.*  Een onderzoeksteam van de NASA onderzoekt momenteel grote delen van het oppervlak van de rode planeet. Het team heeft inmiddels geconstateerd dat verschillende kenmerken van het oppervlak mogelijk gevormd zijn door de aanwezigheid van water. Dat het er wel degelijk geweest is, lijkt een zekerheid. Er zijn diverse geulen op Mars gevonden die zeer waarschijnlijk door vloeibaar water zijn ontstaan. De geulen zijn te diep om door droog materiaal, zoals zand of stof, te zijn ontstaan, concludeerden de onderzoekers.  **Aardverschuivingen** Wetenschappers van de ruimtesonde Mars Global Surveyor kwamen vorig jaar met de melding dat zij stromend vloeibaar water hadden ontdekt in een geul. Wetenschappers van een nieuwe sonde, Mars Reconnaissance Orbiter, die in 2006 haar onderzoek begon boven de planeet, vermoeden dat de geulen zijn ontstaan door verschuivingen in het oppervlak.  Mar 18, '07 **IJszee onder zuidelijke pool van Mars** 15/03/07 *2007 Planet Internet* Onder de zuidelijke pool van Mars bevindt zich een ijszee.  **Als de ijskap zou smelten, zou het water op de hele planeet elf meter hoog staan.**  Dit blijkt uit metingen van Duitse wetenschappers met behulp van de Europese ruimtesonde Mars Express, aldus vakblad Science donderdag. De hoeveelheid ijs op de Zuidpool van Mars is twee derde van het ijs op Groenland.  Eind vorig jaar was al gepubliceerd over een ijskap op de Noordpool van Mars. Andere onderzoeken wijzen erop dat Mars vroeger deels met water was bedekt. Sommige wetenschappers denken dat daarin mogelijk eenvoudige vormen van leven voorkwamen.  Dat de polen van Mars met ijs bedekt zijn, is al veel langer bekend. De ijskappen zijn met een kleine telescoop vanaf aarde te zien. De Mariner- en Viking-ruimtevaartmissies brachten ze vanaf de jaren 70 ruwweg in kaart.**1,6 miljoen km2** Met behulp van de Marsis radar op de onbemande Europese sonde Mars Express onderzocht een team rond Jeffrey Plaut van het California Institute of Technology in Pasadena afzettingen op de zuidpool van onze buurplaneet.   De speciale radartechniek wordt op Aarde al langer toegepast bij het bestuderen van gletsjers. Er wordt gebruik gemaakt van echo's om een nauwkeurig beeld van de bodem te krijgen. Het instrument is Mars Advanced Radar for Subsurface and Ionospheric Sounding, of kortweg MARSIS, gedoopt. MARSIS stuurt radiogolven naar het oppervlak, die de bodem infiltreren en terugkaatsen als ze objecten en grondlagen tegenkomen met een afwijkende elektrische lading. Op die manier kan een virtuele kaart van de bodem worden gemaakt.    De vorsers stelden vast dat het volume van de afzettingen, dat vermoedelijk nagenoeg geheel uit puur waterijs bestaat, 1,6 miljoen kubieke kilometer bedraagt, of twee derde van het ijs op Groenland.    Het is meteen het grootste waterreservoir dat ooit op de Rode Planeet is ontdekt. Met de Marsis kon het team 3,7 km onder het Marsoppervlak doordringen. en    het Zuidpoolijs in detail bekeken.    De kap strekt zich, net als de Noordpoolkap, uit over een ruwweg cirkelvormig gebied met een doorsnee van ongeveer duizend kilometer. Het hoogste punt ervan steekt zo’n 3,5 kilometer boven de omgeving uit.  De kap bestaat uit een opeenstapeling van dunne lagen ijs die meer of minder stoffig zijn. Samen vormen die lagen een archief van de klimaatvariaties uit het grijze verleden van Mars – ofschoon de precieze relatie tussen de ijsafzettingen en het Marsklimaat nog niet is opgehelderd.  De onderzoekers stellen  dat het om waterijs gaat, en niet om het op Mars ook aanwezige kooldioxide-ijs,dat  leiden zij af uit het feit dat het radarsignaal onderweg nauwelijks afzwakt.  **Al eerder ontdekt** Hetzelfde instrument vond in november 2005 ook al waterijs onder de noordelijke pool van Mars. Wetenschappers die met het Omega-instrument werkten, toonden aan dat er overvloedig water op Mars moet zijn geweest, kort na het ontstaan van de planeet zowat vier miljard jaar geleden.  **Zeer vochtig** De meeste wetenschappers zijn het erover eens dat onze buurplaneet op een bepaald moment in haar geschiedenis zeer vochtig moet zijn geweest. Waarbij vele vorsers dan ook opperen dat er dan mogelijk micro-organismen op Mars zouden hebben geleefd.  Foto's, gemaakt door een sonde van het Amerikaanse ruimtevaartbureau NASA, toonden volgens de betrokken wetenschappers dan ook weer aan dat er momenteel nog steeds water vloeit op de planeet. Maar deze these maakt voorwerp uit van een debat onder wetenschappers.    (belga/hln)  **Waterwegen** Hoewel de zuidpoolkap op Mars de grootste hoeveelheid water van de hele planeet bevat, is het volgens de wetenschappers bij lange na niet genoeg om alle waterwegen die in een ver verleden op Mars gestroomd moeten hebben, met water te vullen.   Er is bewijs dat er tien of misschien zelfs honderd keer zoveel water heeft gestroomd door de diepe geulen, valleien en dalen van de planeet.**Het is dan ook de vraag waar al dat water gebleven is**. Een theorie luidt dat het de bodem is ingezakt en diep onder de oppervlakten in reservoirs bewaard is gebleven.  Nader onderzoek moet daar uitsluitsel over geven. Het Duitse team is van plan om met dezelfde techniek elders op Mars op zoek te gaan naar zulke ondergrondse waterreservoirs.  **Links:**   [Mars Express](http://www.esa.int/SPECIALS/Mars_Express/index.html)   [Giant Pool of Water Ice at Mars' South Pole](http://www.space.com/scienceastronomy/070315_martian_beach.html)  **ATMOSFEER**  **Atmosfeer Mars in bodem gezakt** 25 01 2007  Het water en de koolstofdioxide (CO2) die ooit de atmosfeer van Mars hebben uitgemaakt, zijn maar in kleine proporties in de ruimte verspreid geraakt, en zouden zich vooral in de ondergrond van de Rode Planeet bevinden. Dit staat te lezen in het jongste nummer van het wetenschappelijke vakblad Science.   **Zonnewind**  Een groep Europese vorsers heeft met de sonde Mars Express uitgemaakt dat de zowat 3,5 miljard jaar geleden verdwenen atmosfeer van onze buurplaneet zich als gevolg van de zonnewind maar voor een fractie in de ruimte heeft verspreid.   Stas Barabash van het Zweedse Instituut voor Ruimteonderzoek en Jean-André Sauvaud van het Studiecentrum voor Ruimtestraling in Toulouse toonden aan dat slechts 0,2 tot 0,4 millibar CO2 en slechts enkele centimer water in de ruimte verloren zijn geraakt.   De Amerikaanse robotjeeps Spirit en Opportunity hebben aangetoond dat de Martiaanse atmosfeer water en koolstofdioxide bevatte.   **Bodem**  Op de vraag waar de indertijd dichte atmosfeer van Mars dan wel mag gebleven zijn, denken de onderzoekers dat die zich onder het oppervlak van de Rode Planeet kan bevinden.   Vele aanwijzingen zoals sedimentaire afzettingen, sporen van oevers en uitgedroogde riverbeddingen gewagen van een intense hydrologische activiteit in het verleden van de Rode Planeet.   **Vloeibaar water**  Het vloeibaar water is nu niet meer aan de oppervlakte. Het gehalte aan waterdamp in de atmosfeer is zeer zwak en het water is aanwezig in de vorm van ijs op de poolkappen en in sommige kraters.   Maar die hoeveelheden water volstaan niet om de waargenomen geologische sporen te verklaren, wat doet vermoeden dat er nog grote hoeveelheden water in de ondergrond van Mars zitten.  Het water en de koolstofdioxide (CO2) die ooit de atmosfeer van Mars hebben uitgemaakt, zijn maar in kleine proporties in de ruimte verspreid geraakt, en zouden zich vooral in de ondergrond van de Rode Planeet bevinden. Dit staat te lezen in het jongste nummer van het wetenschappelijke vakblad **Science.**  **Zonnewind** Een groep Europese vorsers heeft met de sonde **Mars Express**uitgemaakt dat de zowat 3,5 miljard jaar geleden verdwenen atmosfeer van onze buurplaneet zich als gevolg van de zonnewind maar voor een fractie in de ruimte heeft verspreid.   **Stas Barabash**van het Zweedse Instituut voor Ruimteonderzoek en **Jean-Andr챕 Sauvaud**van het Studiecentrum voor Ruimtestraling in Toulouse toonden aan dat slechts 0,2 tot 0,4 millibar CO2 en slechts enkele centimer water in de ruimte verloren zijn geraakt.  De Amerikaanse robotjeeps Spirit en Opportunity hebben aangetoond dat de Martiaanse atmosfeer water en koolstofdioxide bevatte.  **Bodem** Op de vraag waar de indertijd dichte atmosfeer van Mars dan wel mag gebleven zijn, denken de onderzoekers dat die zich **onder het oppervlak van de Rode Planeet kan bevinden**.  **Vele aanwijzingen zoals sedimentaire afzettingen, sporen van oevers en uitgedroogde riverbeddingen gewagen van een intense hydrologische activiteit in het verleden van de Rode Planeet.**  **Vloeibaar water** Het vloeibaar water is nu niet meer aan de oppervlakte. Het gehalte aan waterdamp in de atmosfeer is zeer zwak en het water is aanwezig in de vorm van **ijs op de poolkappen en in sommige kraters.**  Maar die hoeveelheden water volstaan niet om de waargenomen geologische sporen te verklaren, wat doet vermoeden dat er nog grote hoeveelheden water in de ondergrond van Mars zitten.   (afp)  Bronnen : <http://sciencenow.sciencemag.org/> en <http://www.nasa.gov/mission_pages/mer/> |

|  |  |
| --- | --- |
|  |  |

|  |  |
| --- | --- |
|  |  |
|  |  |

|  |  |
| --- | --- |
|  |  |
|  |  |

|  |  |
| --- | --- |
|  |  |

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | |  | | --- | |  | |  | |  | |  | |  | |  | |  | |
|  |  |

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | |  | | --- | | **.** | |  | |  | |  | |  | |  | |  | |
|  |  |

|  |  |
| --- | --- |
|  |  |
|  |  |

|  |  |
| --- | --- |
|  |  |