



Lezing GVWS
Vinkhuys, 21 oktober 2011:

- Leven -

Paul Wesselius, 21 oktober 2011



university of
 groningen



Inhoud

1. Leven op Aarde
2. Bewoonbaarheidseisen
3. Leven in Zonnestelsel?
4. Leven op exoplaneten?

Achtergrond Informatie

- Zijn wij alleen in het heelal? Govert Schilling, Aramith, 2002; geeft goede samenvatting van deze lezing
- Cosmic Company, The search for Life in the Universe, Seth Shostak & Alex Barnett, Cambridge University Press, 2003
- Rare Earth, Peter Ward en Donald Brownlee, Springer, 2003
- An Introduction to Astrobiology, Iain Gilmore en Mark Sephton, Cambridge University Press, 2003
- Diverse websites:
<http://exoplanet.eu>; <http://www.planetary.org/home>;
<http://planetquest.jpl.nasa.gov/index.cfm>;
<http://www.seti.nl/>

26-10-2011

Leven, GVWS, PauW, 21okt11

3

Definities*

- cosmochemie: minerale samenstelling van planeten, manen, asteroïden en meteorieten
 - o verfijnde technieken om maansteen te onderzoeken
 - o nanodiamanten van 10 nm en 'sterrenstof' van 0,1 – 10 μm
 - o organisch materiaal: macromoleculen als van ruwe olie
 - o extra deuterium $\Rightarrow$ processen bij $-200\text{ }^{\circ}\text{C}$
- astrochemie: chemische processen in de ruimte
 - o 150 moleculen, waaronder ingewikkelde van vele tientallen atomen (vooral koolstof)
- astrobiologie (of exobiologie): vorming, evolutie en distributie van buitenaards leven (slechts 1 voorbeeld: aarde!)

*Volgens Tielens in Academische Boekengids van sept 2011

26-10-2011

Leven, GVWS, PauW, 21okt11

4

1. Leven op Aarde

26-10-2011

Leven, GVWS, PaulW, 21okt11

5

Aarde 3,5 miljoen jaar geleden



26-10-2011

Leven, GVWS, PaulW, 21okt11

6

Wat is leven?

- Eigenschappen van Leven:
 - o Stofwisseling
 - o Groei
 - o Vermenigvuldiging
- Organisme: levend wezen met eigen metabolisme; planten, dieren, schimmels, algen, en bacteriën; virussen en prionen niet
- Levende organismen bestaan minimaal uit cel met celmembraan, cytoplasma, enzymen (bijna altijd eiwitten) en erfelijk materiaal: dubbelstrengs DNA.
- Cel: kleinste eenheid van een organisme
- Enzym: organisch molecuul (meestal eiwitachtig), dat biologische reacties in een cel mogelijk maakt of versnelt.
- Eiwit: keten van aminozuren (chemische verbindingen die zowel een -COOH zuurgroep als en een aminogroep -NH₂ bezitten).

26-10-2011

Leven, GVWS, PaulW, 21okt11

7

Tijdlijn ontstaan leven



Van: <http://www.verrijkingsstof.nl/42.html#sub2703>

Steen van 4,2 miljard jaar oud, te zien in Museon

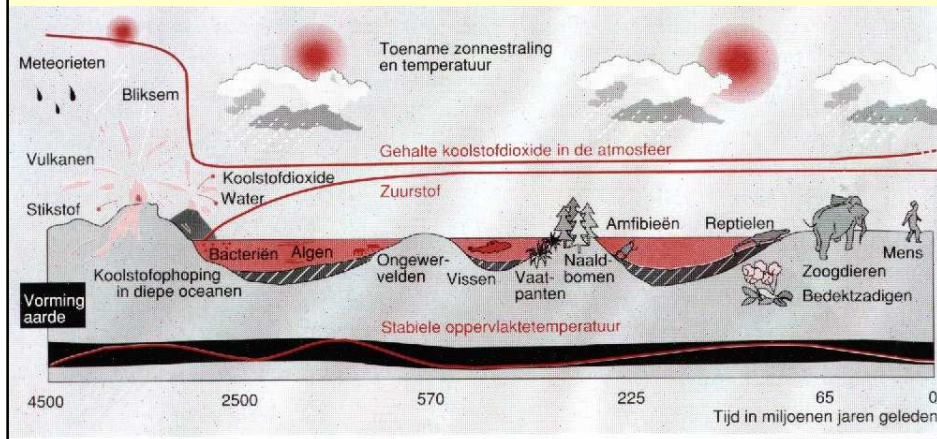


26-10-2011

Leven, GVWS, PaulW, 21okt11

8

Ontstaan Leven op Aarde



Van: <http://www.voeksamsterdam.nl/Verslagen> astronomie 2010-2011.htm

26-10-2011

Leven, GVWS, PauW, 21okt11

9

Tijdslijn evolutie Aarde

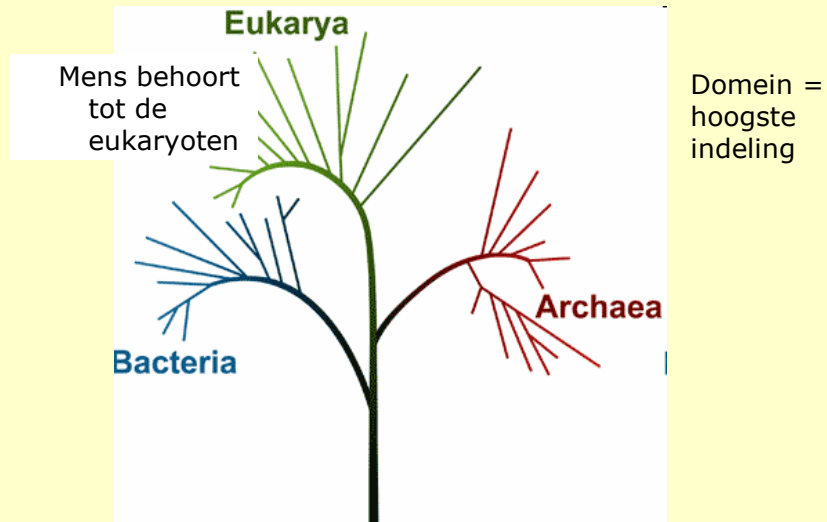
- 4,57 miljard jaar: Zonnestelsel ontstaat
- Kort daarna botst een andere kleinere planeet op aarde ⇒ ontstaan maan
- 4,1-3,8 miljard jaar: Late Heavy Bombardment
- 4 miljard jaar: aardkorst en oceanen ontstaan
- 3,5 miljard: eerste microben zijn ontdekt
- 2 miljard: ontwikkeling van eukaryoten (cellen met kernen)
- 1,2 miljard: organismes bestaande uit meerdere cellen
- 0,6-0,5 miljard: Cambriëse explosie: veel grotere dieren van allerlei soorten ontstaan, wellicht doordat er zuurstof is
- 0,23-0,065 miljard: dinosaurussen heersen (uitgestorven door 10 km grote asteroïde: Chicxulub krater in Mexico)
- 0,0002 miljard (200.000 jaar): eerste mensen verschijnen

26-10-2011

Leven, GVWS, PauW, 21okt11

10

Boom van het Leven: 3 domeinen



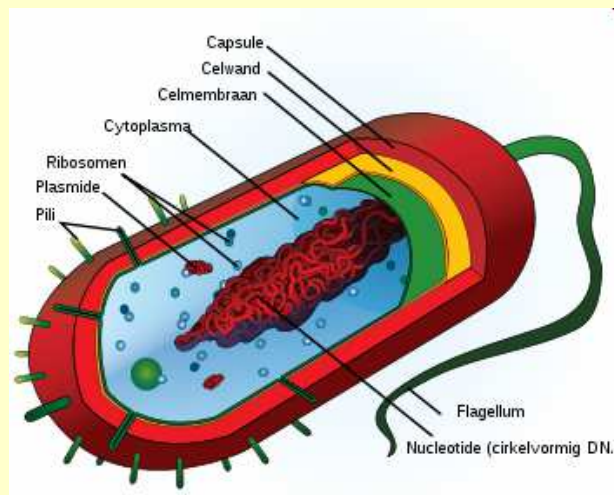
Van: <http://coastal.er.usgs.gov/coral-microbes/archaea.html>

26-10-2011

Leven, GVWS, PaulW, 21okt11

11

Prokaryotische cel



geen celkern;
minder
ingewikkeld

Van: Wikipedia

26-10-2011

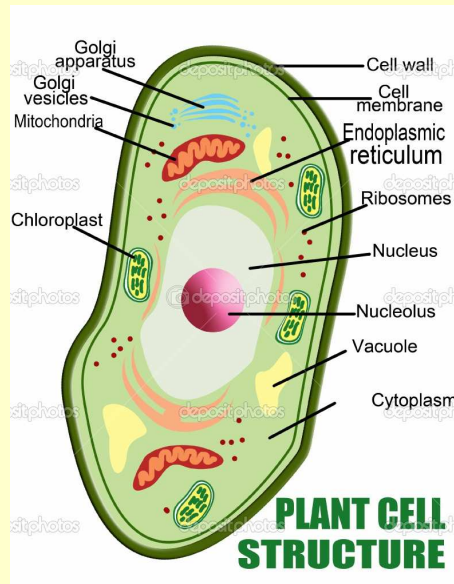
Leven, GVWS, PaulW, 21okt11

12

Eukariotische Cel

Uit:
<http://nl.depositphotos.com/5369402/stock-illustration-Plant-cell-structure.html>

Wel een aparte celkern;
 veel meer functies dan in
 prokaryotische cel



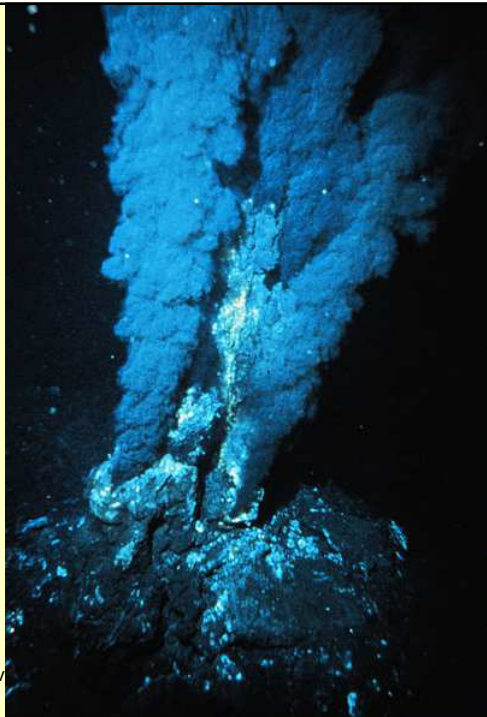
26-10-2011

Leven, GVWS, PaulW, 21okt11

13

Extremofielen

Op de bodem van de
 Atlantische Oceaan
 komen Zwarte Rokers
 voor, waarin thermofielen
 leven (van Wikipedia)

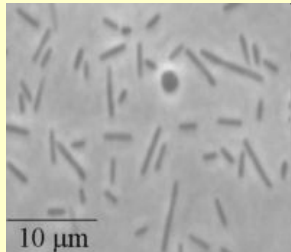


26-10-2011

Lev

14

Diverse extremofielen



Op 4 km diepte in de Middellandse zee

Zie:
<http://www.livescience.com/133-wild-extreme-creatures.html>



Grand Prismatic Spring, Yellowstone Park, 'matten' van algen en bacteriën om het hete water heen*

*Van Wikipedia

26-10-2011

Leven, GVWS, PaulW, 21okt11

15

Extremofielen

- **Alkalifielen:** groeien optimaal in kalk omgeving
- **Barofielen:** leven bij hoge hydrostatische druk (diepzee)
- **Endolieten:** een organisme dat in gesteenten leeft
- **Hypolieten:** leven in rotsen op koude onherbergzame plaatsen
- **Acidofielen:** houden van een zure omgeving
- **Halofielen:** houden van heel veel zout
- **Oligotrofen:** groeien optimaal op voedselarme plaatsen
- **Thermofielen:** kunnen boven 100 oC leven
- **Psychrofielen:** groeien het beste bij 15 oC of lager
- **Toxitoleranten:** kunnen tegen hoge concentraties giftige stoffen en/of straling
- **Xerotoleranten:** Sommige extreme halofielen en endolieten kunnen vrijwel zonder water

26-10-2011

Leven, GVWS, PaulW, 21okt11

16

Sneeuwbal Aarde

2,4 miljard en 800 tot 600 miljoen jaar geleden was de Aarde gedurende lange periodes, vrijwel tot de evenaar toe, geheel bedekt met ijs (-20 tot -50 °C) . Elke periode eindigde met een enorm broeikaseffect.

Door vulkanisme kwam veel CO₂ vrij, dat werd niet meer opgenomen door de (nu dode) algen, en zo smolt het ijs weer, uiteindelijk



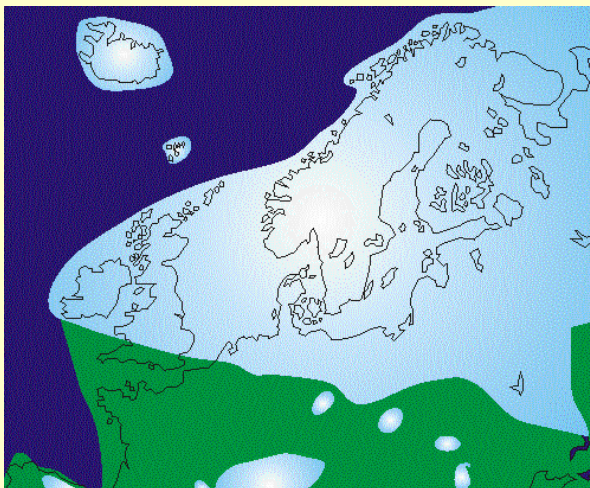
26-10-2011

Leven, GVWS, PaulW, 21okt11

17

Onze ijstijden

- Van 2,5 tot 0,012 miljoen jaar geleden



Van:
<http://www.falw.vu/~huik/ijstijd.html>

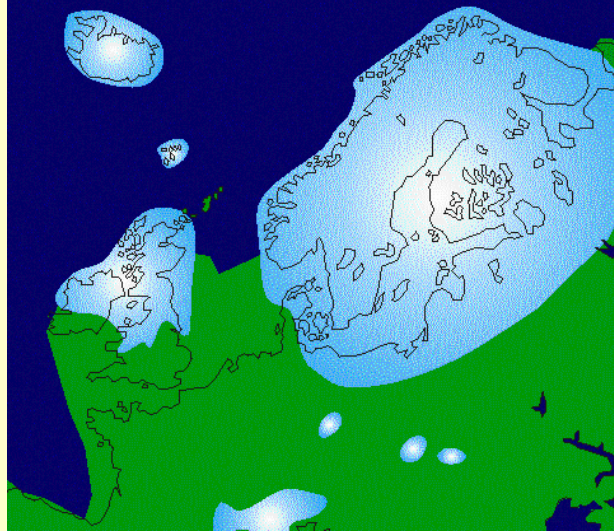
150.000 jaar geleden

26-10-2011

Leven, GVWS, PaulW, 21okt11

18

Laatste ijstijd, 20.000 jaar

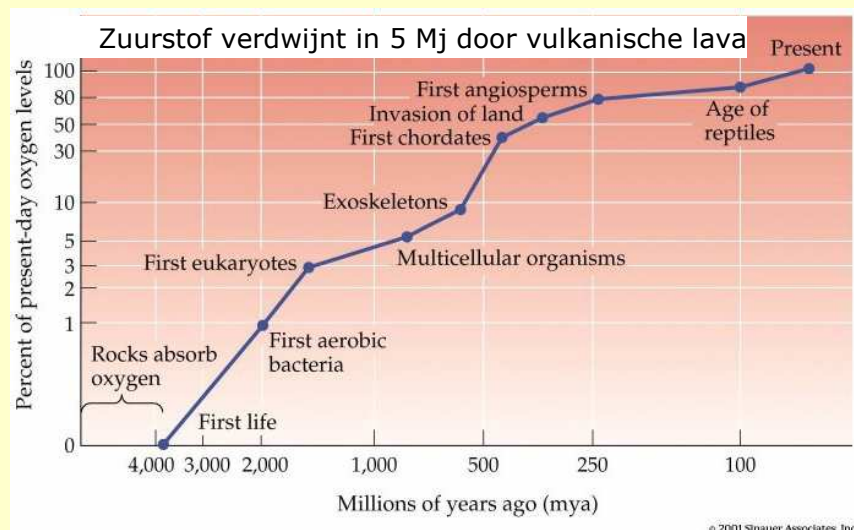


26-10-2011

Leven, GVWS, PaulW, 21okt11

19

Toename zuurstof door Leven



Van: <http://www.prism.gatech.edu/~gh19/b1510/histear.htm>

26-10-2011

Leven, GVWS, PaulW, 21okt11

20

Aarde vóór Cambrische Explosie



Planten ontstaan wellicht vanaf 700 miljoen jaar geleden, hoewel eerste fossielen van 480 miljoen jaar

Van: <http://jfortiz.blogspot.com/2011/04/vocabulary-no-5.html>

26-10-2011

Leven, GVWS, PaulW, 21okt11

21

Fossielen Cambrische Explosie (530 Mj)



Het Opabinia fossiel*



Marrella fossiel*

*Van Wikipedia

26-10-2011

Leven, GVWS, PaulW, 21okt11

22

Cambrische – nu fossiele - dieren



Van: <http://www.astrobio.net/exclusive/2419/our-earliest-animal-ancestors>

26-10-2011

Leven, GVWS, PaulW, 21okt11

23

Lichaamsopbouw

- Misschien wel 100 nieuwe 'phyla' verschenen er tijdens de Cambrische Explosie
- Een phylum komt overeen met een bepaalde manier van opbouw van een meercellig dier
- 65 daarvan zijn ook al weer uitgestorven
- Er waren maar weinig soorten van elk phylum
- Wij – na 500 miljoen jaar! – doen het nog steeds met deze 35 phyla
- maar er zijn miljoenen soorten ontstaan
- Waarom is dat zo? Is b.v. ons DNA zo complex geworden dat phyla-mutaties niet meer mogelijk zijn?

26-10-2011

Leven, GVWS, PaulW, 21okt11

24

Is deze Cambrische Explosie bijzonder?

- Archaea en bacteria veranderden hun cel eigenschappen om te overleven
- Eucarya zocht het in nieuwe vormen en andere lichaamsopbouw. Is dat 'gewoon' of bijzonder?
- Zal dierenleven zich altijd 'vanzelf' ontwikkelen?
- Pas na 3 miljard jaar ontstond er meercellig complex leven. Is dat gewoon?
- Is er altijd 3,5 miljard nodig om tot mensen te komen?

26-10-2011

Leven, GVWS, PauW, 21okt11

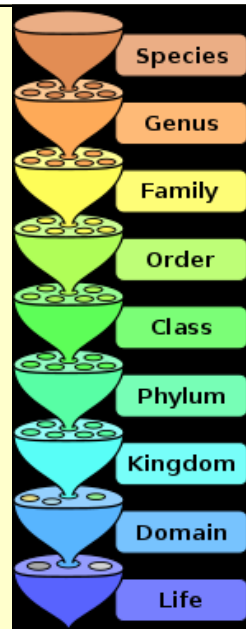
25

Indeling ('klassificatie') van leven door biologen.

phylum: dieren met hetzelfde lichaamsplan

9 (van de 35) voornaamste: Mollusca, Porifera, Cnidaria, Platyhelminthes, Nematoda, Annelida, Arthropoda, Echinodermata, en Chordata, het menselijke phylum. Deze 9 phyla omvatten 96% van alle diersoorten (species).

Van: http://diybio4beginners.blogspot.com/2009_03_01_archive.html



26-10-2011

Leven, GVWS, PauW, 21okt11

26

Massa Extincties door Rampen

- Rotatiesnelheid van de Aarde drastisch wijzigen
- Uit 'Bewoonbare zone' komen: geen vloeibaar water meer
- Zon wordt helderder: na paar 100 miljoen jaar te helder
- Grote (~ 100 km) komeet of asteroïde treft de aarde
- Supernova gaat te dichtbij af: verwoesting ozonlaag (is in laatste 500 miljoen jaar wellicht enkele malen gebeurd!)
- Gamma stralen uitbarstingen
- Twee samensmeltende neutronen sterren veroorzaken in paar seconden evenveel energie als een supernova
- Drastische klimaatveranderingen: ijstijd of sterke opwarming
- ***Opkomst van een intelligente soort***

26-10-2011

Leven, GVWS, PaulW, 21okt11

27

Platentektoniek

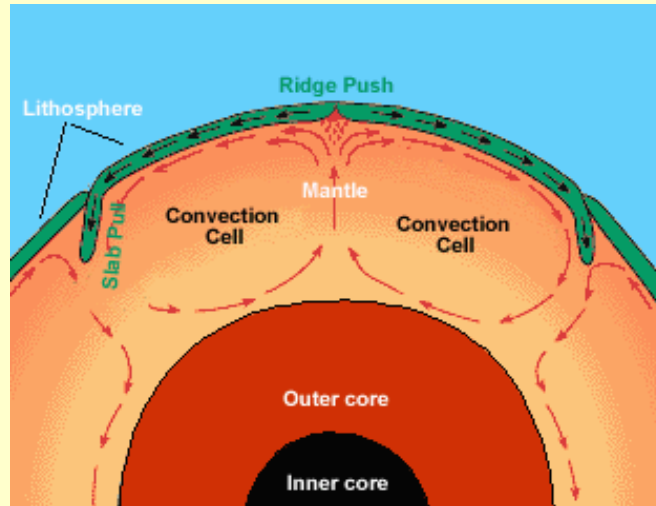
- Komt alleen voor op aarde in ons zonnestelsel
- Drie rollen voor dierenleven:
 - o Verbetert biologische productiviteit
 - o Zorgt voor diversiteit (veel soorten)
 - o Steeds 'goede' temperatuur op aarde
- (Eerste twee zijn twijfelachtig volgens mij)
- Derde item is heel belangrijk:
 - o Koolstofdioxide 4 miljard jaar geleden: 30% (??)
 - o Koolstofdioxide nu: 0,035 %
 - o CO₂ wordt heel efficient afgevoerd naar de zeebodem
 - o Subductie en vulkanen geven het weer terug
 - o ***Dat beëindigt ijstijden!!***

26-10-2011

Leven, GVWS, PaulW, 21okt11

28

Stromingen in aardmantel



Van: http://www.windows2universe.org/earth/interior/how_plates_move.html

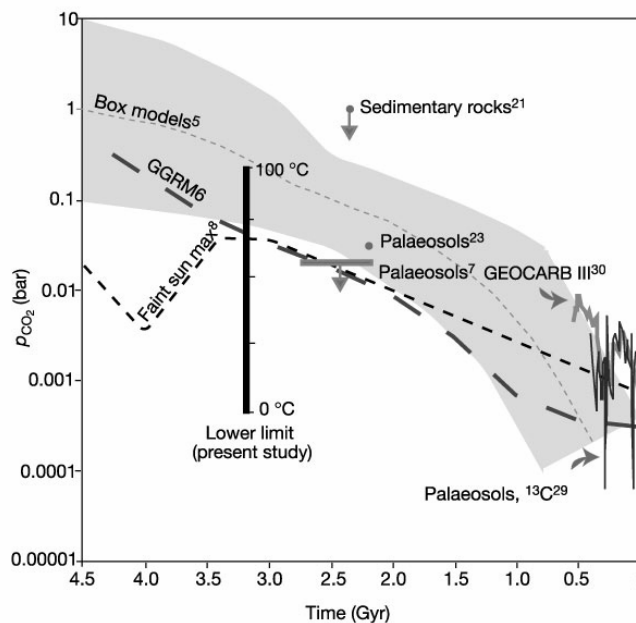
26-10-2011

Leven, GVWS, PaulW, 21okt11

29

CO₂ nam af van 1 bar 4 miljard jaar geleden tot 0,001 bar nu: een factor 1000.
4 miljard jaar geleden scheen de zon 30% minder fel dan nu!

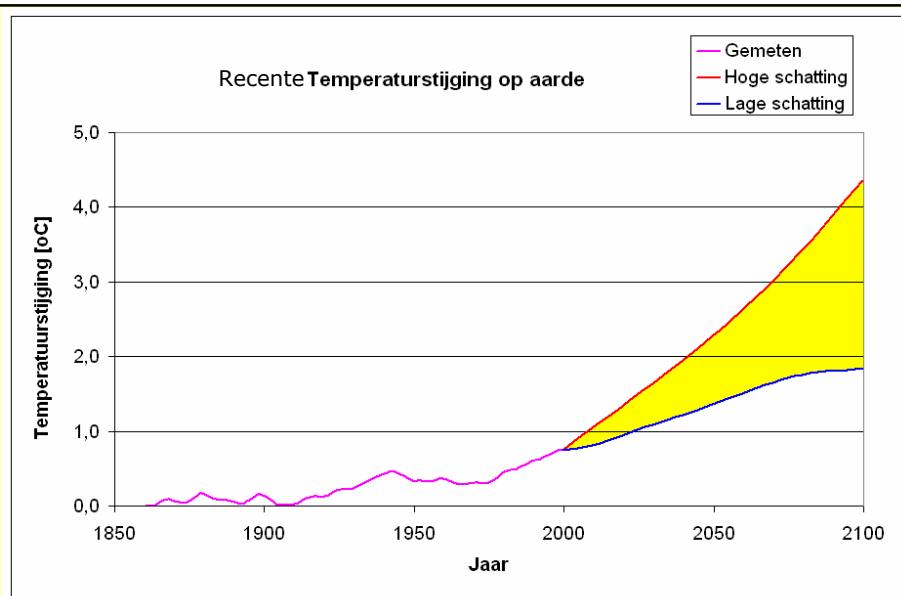
Van: <http://www.nature.com/nature/journal/v428/n6984/full/nature02471.html>



26-10-2011

Leven, GVWS, PaulW, 21okt11

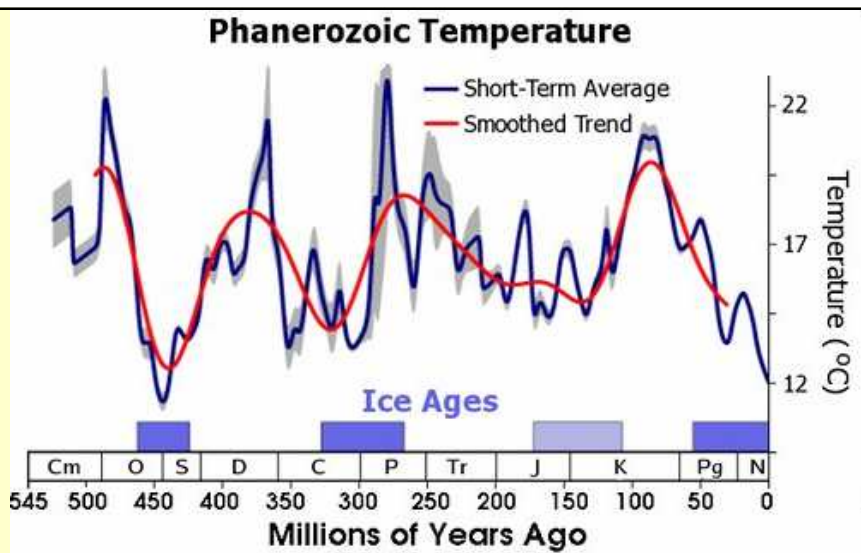
30



26-10-2011

Leven, GVWS, PauW, 21okt11

31



26-10-2011

Leven, GVWS, PauW, 21okt11

32

Maan en stand aardas/klimaat

- Huidige 23.5° schuine stand van aardas t.o.v. baanvlak aarde om zon komt van ontstaan maan door botsing met een planeet ter grootte van Mars (Mars-2). De om de aarde draaiende Maan stabiliseert deze stand.
- Stabiliteit stand aardas over miljarden jaren is belangrijk voor leven op aarde: geen te grote klimaatveranderingen.
- Voldoende verschil in verhitting tussen polen en evenaar schept diverse klimaatzones op aarde, waar allerlei soorten leven mogelijk zijn: diversiteit.
- Recent onderzoek i.v.m. Kepler missie: Jupiter alleen zou de aardas wellicht kunnen stabiliseren tot op 10°, ook voldoende voor Leven

Van: <http://www.astronomytoday.com/astronomy/earthmoon.html>

26-10-2011

Leven, GVWS, PauW, 21okt11

33

Maan en Metalen op Aarde

- Metalen aan aardoppervlak danken we aan de maan.
- Veel meer metalen op aardoppervlak dan op maanoppervlak
- Aarde ontstaat uit geheel gesmolten toestand $\Rightarrow$ metalen zakken alle naar inwendige $\Rightarrow$ net zo weinig metalen op oppervlak als de maan
- Model van botsing tussen aarde en Mars-2: meeste mantelmateriaal van Mars-2 en deel van aardkorst beschrijven baan om de aarde; klonterden tenslotte samen tot de Maan
- Echter metalen kern van Mars-2 dicht bij aardoppervlak.
- Plaattektoniek: metaallagen komen soms aan oppervlak
- Okt 2011: Lunar reconnaissance Orbiter vindt gebieden rijk aan uraniumerts (> 10%!)
- Zonder metalen geen technologische beschaving?

26-10-2011

Leven, GVWS, PauW, 21okt11

34

Invloed Jupiter

- Jupiter 'veegt' het zonnestelsel schoon van allerlei enorme brokstukken; dat wordt vaak beweerd
- Jupiter versnelt inderdaad kometen, komend uit de Oort Wolk, zodat die het zonnestelsel verlaten
- Echter – sinds een jaar of 10-15 weten we dat er veel asteroïden zijn, die banen beschrijven zo dat ze de Aarde zouden kunnen treffen.
- Bij botsingen in de asteroïdengordel ontstaan brokstukken, die door Jupiter in andere banen kunnen komen
- Misschien heeft de aarde meer last dan gemak van Jupiter?

26-10-2011

Leven, GVWS, PauW, 21okt11

35

2. Bewoonbaarheidseisen

26-10-2011

Leven, GVWS, PauW, 21okt11

36

Bewoonbare Zone van ons eigen zonnestelsel



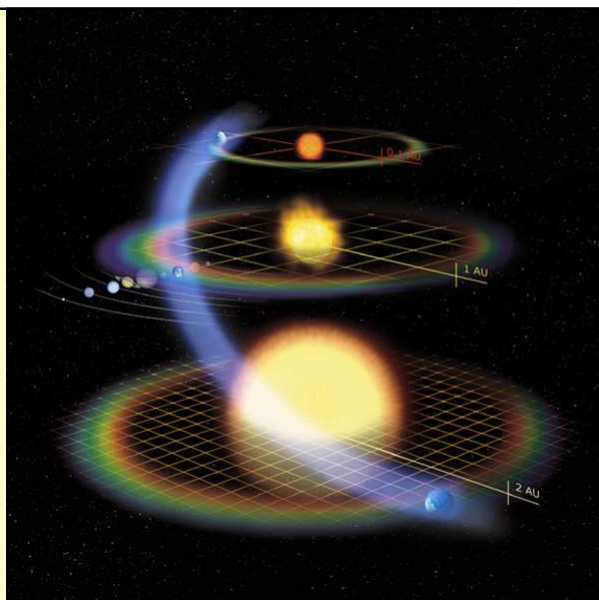
Zie: <http://www.star.le.ac.uk/edu/Extrasolar.shtml>

26-10-2011

Leven, GVWS, PauW, 21okt11

37

Bewoonbare zone hangt af van helderheid ster



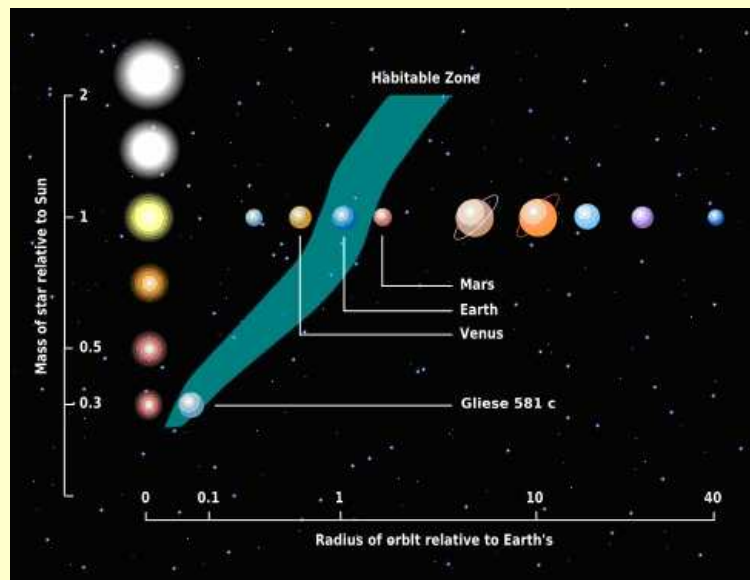
Van: <http://sci.esa.int/science-e/www/object/index.cfm?fobjectid=29428>

26-10-2011

Leven, GVWS, PauW, 21okt11

38

Bewoonbare zones



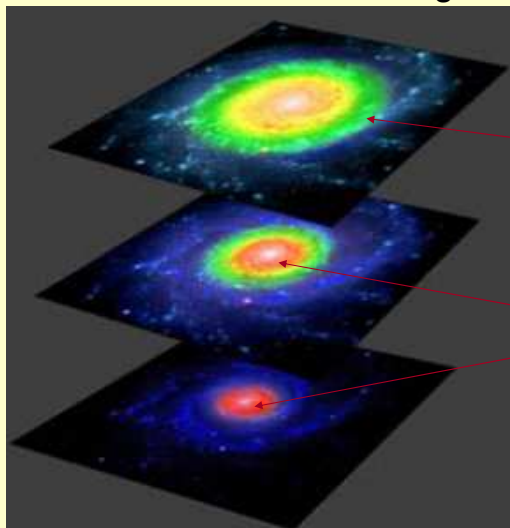
Zie: atoc.colorado.edu/.../2007/04/gliese581c.jpg

26-10-2011

Leven, GVWS, PauW, 21okt11

39

Ook de Melkweg stelt zijn grenzen



In later leven van een Melkweg ontstaat er een groene zone met genoeg zware metalen, weinig supernovae en genoeg afstand tussen de sterren

Pas geboren: benodigde zware metalen alleen in centrum, maar daar veel supernovae $\Rightarrow$ gevaarlijk (rood)

Zie: www.centauri-dreams.org/?p=428

26-10-2011

Leven, GVWS, PauW, 21okt11

40

Bewoonbaar in de tijd

- Er moeten genoeg zwaardere elementen gemaakt zijn $\Rightarrow$ pas Leven na 2 miljard jaar heelal
- Radioactieve stoffen veroorzaken tektoniek; nemen nu al af in Melkweg $\Rightarrow$ tijdsbovenlimiet als tektoniek echt zo belangrijk is
- Zon moet niet al te helder zijn; nog paar 100 Mj?
- Er zijn vele soorten rampen die Leven kunnen beëindigen; hebben we al 'geluk' gehad?

26-10-2011

Leven, GVWS, PauW, 21okt11

41

3. Leven in Zonnestelsel?

26-10-2011

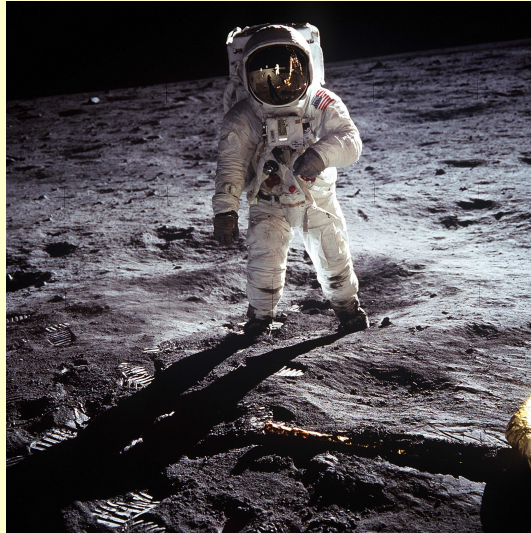
Leven, GVWS, PauW, 21okt11

42

Lopen op de Maan

Op 20-21 juli 1969 waren Neil Armstrong en Buzz Aldrin (op de foto) de eerste mensen op de Maan.

Daar is geen leven, maar bacteriën bleken er maanden te kunnen overleven!

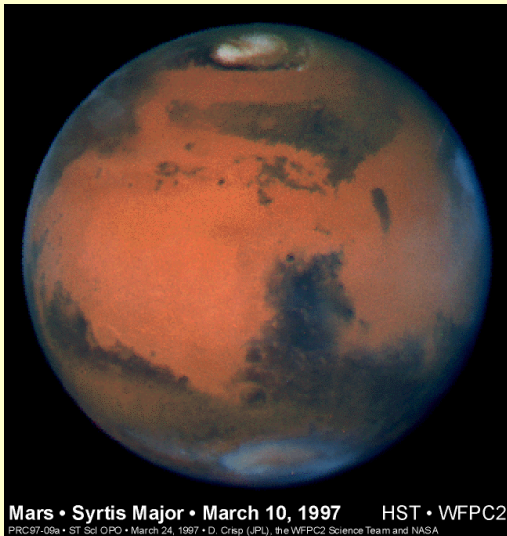


26-10-2011

Leven, GVWS, PaulW, 21okt11

43

Mars lijkt op Aarde



Mars draait in 24 uur 37 minuten om zijn as, net als de Aarde.

Mars rotatieas maakt een hoek van 24° met het eclipticavlak $\Rightarrow$ seizoenen als op Aarde

Mars • Syrtis Major • March 10, 1997 HST • WFPC2
PRC97-09a • ST ScI OPO • March 24, 1997 • D. Crisp (JPL), the WFPC2 Science Team and NASA

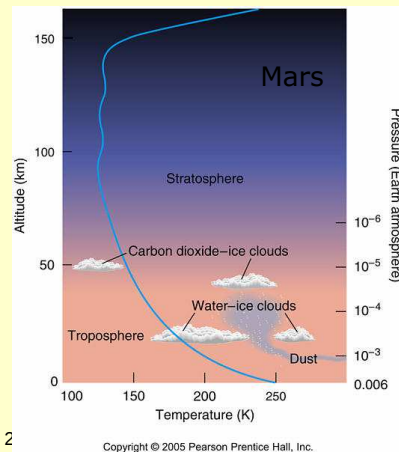
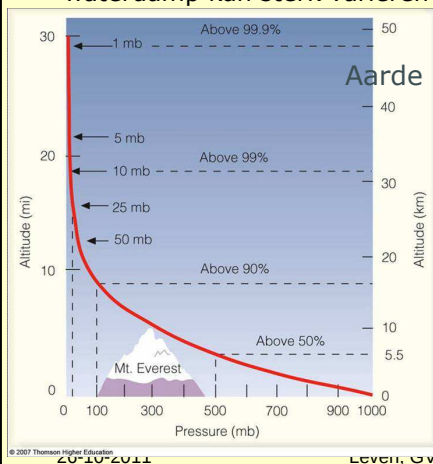
26-10-2011

Leven, GVWS, PaulW, 21okt11

44

Mars atmosfeer (7,5 vs 1013 millibar)

- Mars atmosfeer: 95% koolstofdioxide, 3% stikstof, 1,6% argon, 0,13% zuurstof, 0,03% waterdamp
- Aarde: 77% stikstof, 21% zuurstof, 1% argon, 0,04% koolstofdioxide, waterdamp kan sterk variëren



Missies naar Mars

- Sinds 1960 vele missies naar Mars
- Eerste 3 satellieten vielen uiteen vlak na lancering
- Volgende 3 missies kwamen in buurt van Mars, maar mislukten om diverse redenen
- Mariner 4 vloog in 1965 langs Mars en stuurde 22 plaatjes
- Mariner 7 stortte neer op Mars in 1969
- Mars 3 van de USSR maakte zachte landing in 1971, maar de instrumenten werkten slechts 20 seconden
- Vikings 1 en 2 van de USA landden op Mars en produceerden meer dan 1400 plaatjes van hun landingsgebied; deden onderzoek naar Leven
- Mars Pathfinder landde in 1997: de Sojourner Rover reed rond en analyseerde grondmonsters

Leven op Mars?

- De Viking experimenten ontdekten merkwaardige chemische activiteit in de Mars bodem, maar geen duidelijke tekens van Leven.
- Later (2006) is ingezien dat de gebruikte methodes ongeschikt waren om Leven te vinden
- Dezelfde methodes zijn toegepast in extreme gebieden van onze eigen aarde.
- De wetenschappers vonden wel organische bestanddelen in die grond, maar konden die niet vinden met de Viking instrumenten.
- Recent onderzoek aan meteoriet ALH84001, gevonden op Antarctica, toont dat het 4 miljard jaar geleden 18 °C was op Mars

26-10-2011

Leven, GVWS, PaulW, 21okt11

47

Mars verkenning in 2004



In 2004 bereikten de Spirit en Opportunity Mars. Links een schets hoe dat er uit zou zien op Mars. Ze landden aan verschillende kanten van Mars. Meer dan 100.000 plaatjes zijn al verstuurd; sommige tonen close-ups van stenen. Eén van deze 'rovers' werkt nog steeds.

26-10-2011

Leven, GVWS, PaulW, 21okt11

48

Rover resultaten en Leven op Mars

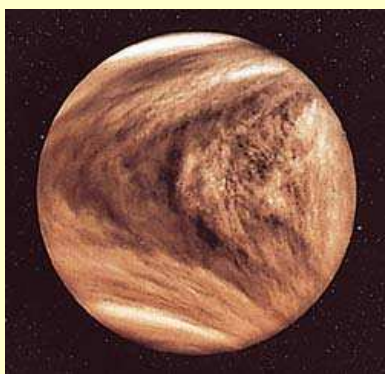
- Mars heeft vroeger te maken gehad met botsingen van asteroïden, heftig vulkanisme en water onder het oppervlak
- Sommige heel heldere oppervlaktedelen blijken heel zout te zijn
- Spirit vond een gebiedje met glas. Wegens hete bron of 'fumarole' (zure stoom rijst op door scheuren in bodem), zoals op Aarde? Daar komen – op Aarde – altijd veel bacteriën voor.
- Opportunity's metingen leidden tot een theorie dat Mars van natter naar droger is gegaan
- Vroeger Leven op Mars?
- Leven onder Mars oppervlak?

26-10-2011

Leven, GVWS, PaulW, 21okt11

49

Venus



Dikke wolken van zwavelzuur



Radar beelden van het echte oppervlak, gemaakt vanuit satellieten die rond Venus draaien

26-10-2011

Leven, GVWS, PaulW, 21okt11

50

Leven op Venus

- Venus bijna even groot als Aarde en heeft massa 0,8 keer die van de Aarde
- Venus staat op 0,72 AE en loopt in 225 dagen rond de Zon
- Venus roteert in 243 dagen om zijn as in een richting tegengesteld aan die van zijn rotatie om de Zon; de rotatieas maakt een hoek van slechts 2° met de ecliptica
- De Venus atmosfeer bevat 96,5% koolstofdioxide, 3,5% stikstof; misschien 0,01% water
- De atmosfeer is heel dicht: 100 keer meer druk op het oppervlak; 460 °C
- ⇒ Geen Leven op Venus?
- Die dichte atmosfeer weerkaatst optisch licht heel efficiënt
⇒ daarom (en omdat ze zo dichtbij is) is Venus veruit het helderste object in de hemel na Zon en Maan

26-10-2011

Leven, GVWS, PauW, 21okt11

51

Missies naar Venus

- Mariner 2 vloog langs in 1962
- In 1966 vloog de Russische Venera 2 langs Venus, maar de Venera 3 stortte op Venus neer
- In oktober 1967 waren zowel de Amerikanen als de Russen ter plekke: Venera 4 liet een set instrumenten aan een parachute afdalen, terwijl de USA's Mariner 5 langsvloog; beide detecteerden veel koolstofdioxide in de atmosfeer
- In 1970 landde de Venera; Mariner 10 vloog in 1974 voorbij
- In 1975 maakte de Venera 9, na een zachte landing, foto's van het Venusoppervlak
- Drie dagen later kwam Venera 10 aan: die maakte foto's, mat de druk en bepaalde de samenstelling van de rotsen

26-10-2011

Leven, GVWS, PauW, 21okt11

52

Eerste foto's Venus oppervlak



De Venera 9 landde in 1975 op Venus, leefde 53 minuten en maakte deze ene foto. Venera 9 zelf zie je in het midden, onderaan.



Wat Venera 10 zag, 3 dagen later, 63 minuten levensduur, 2200 km van Venera 9 vandaan

26-10-2011

Leven, GVWS, PaulW, 21okt11

53

Venus missies (vervolg)

- December 1978 begon het druk te worden bij Venus: vier ruimtevoertuigen kwamen aan: Venus 1 (USA) draaide rondjes rond Venus en bracht het oppervlak in kaart met behulp van radar en mat de temperatuur; Venus 2 daalde af en mat temperatuur en samenstelling van de atmosfeer; Venera 12 en 4 dagen later Venera 11 daalden af en deden metingen aan de lagere atmosfeer
- In 1982 landden de Venera 13 en 14 en maakten weer foto's; Venera 13 nam ook een grondmonster en analyseerde dat, ze overleefde 127 minuten bij 457 °C en een druk 84 keer hoger dan op Aarde
- In 1990 draaide Magellan van de USA rondjes rond Venus en bracht details tot 100 meter in beeld; Galileo vloog dat jaar voorbij

26-10-2011

Leven, GVWS, PaulW, 21okt11

54

Venus missies (2e vervolg)

- In 1997 vloog Cassini, onderweg naar Saturnus, voorbij
- In augustus 2004 kwam Messenger tweemaal voorbij, onderweg naar Mercurius
- De Europese ESA Venus Express kwam midden 2006 aan en mat gedurende 2 Venus dagen (500 Aardse dagen)
- Akatsuki (Japans) is gelanceerd op 20 mei 2010. Zij bereikte Venus op 7 december 2010, maar kwam niet in een baan rond Venus terecht.
- NASA zal 1 van 3 missies kiezen

26-10-2011

Leven, GVWS, PauW, 21okt11

55

Titan, maan van Saturnus

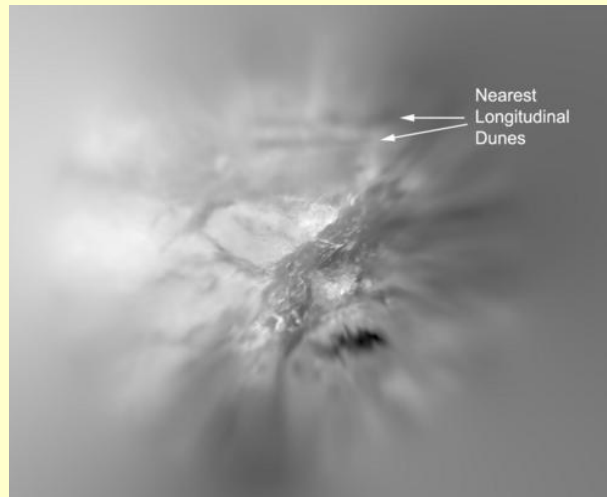
- Een spectaculaire missie was de afdaling van ESA's ruimtesonde Huygens, op 14 januari 2005, naar het oppervlak van Titan, de grootste maan van de planeet Saturnus.
- ESA is de Europese ruimtevaartorganisatie (European Space Agency)
- Titan is ontdekt door Huygens in 1655
- Huygens lifte mee met de Amerikaanse Cassini missie naar Saturnus

26-10-2011

Leven, GVWS, PauW, 21okt11

56

Plaatje van Titan



Plaatje van gebied van 120 bij 160 km, gemaakt door Huygens

26-10-2011

Leven, GVWS, PaulW, 21okt11

57

Over Titan

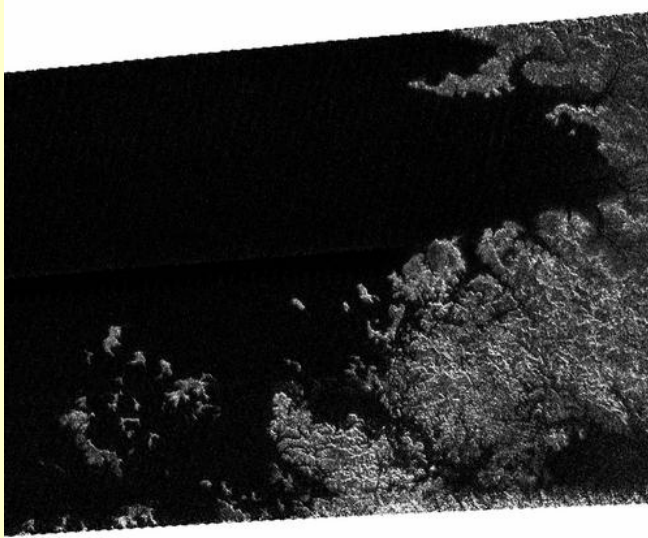
- Titan's vulkanen spuwen geen lava, maar heel koud ijs
- Rotsen zijn ijsbergen
- Overall is methaangas te vinden. Regen is er ook: methaan/ethaan komt neer
- Foto's van Descent Imager-Spectral Radiometer (DISR):
 - o Ingewikkeld netwerk van stroomgeulen
 - o Komen bij elkaar in droge rivierbedding, waar vormen van eilanden en zandbanken te zien zijn met hier en daar kiezelstenen van ijs.
- Andere Huygens gegevens tonen veel methaan op Titan, vloeibaar of gasvormig bij temperaturen van $-170\text{ }^{\circ}\text{C}$

26-10-2011

Leven, GVWS, PaulW, 21okt11

58

Titan: 160 x 270 km; zoiets als België



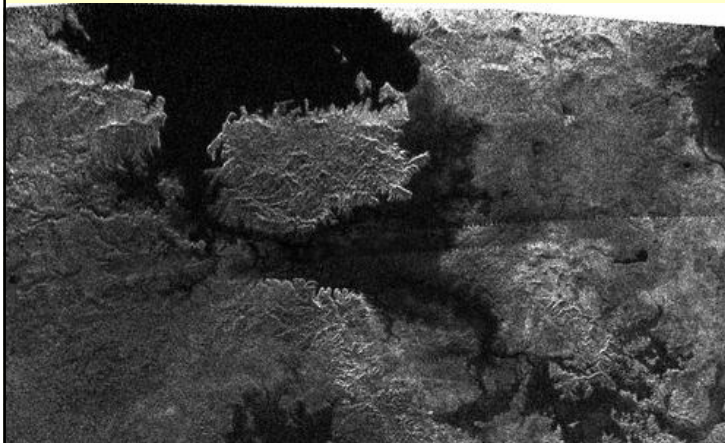
Plaatje gemaakt op 12 mei 2007 met Cassini, het ruimtevoertuig dat Huygens naar Titan bracht: een kustlijn en diverse eilandengroepen zijn te zien. De vloeistof (methaan en ethaan) is zwart. De 'zee' is pikzwart en dus heel diep, tientallen meters.

26-10-2011

Leven, GVWS, PaulW, 21okt11

59

Een meer met eiland op Titan



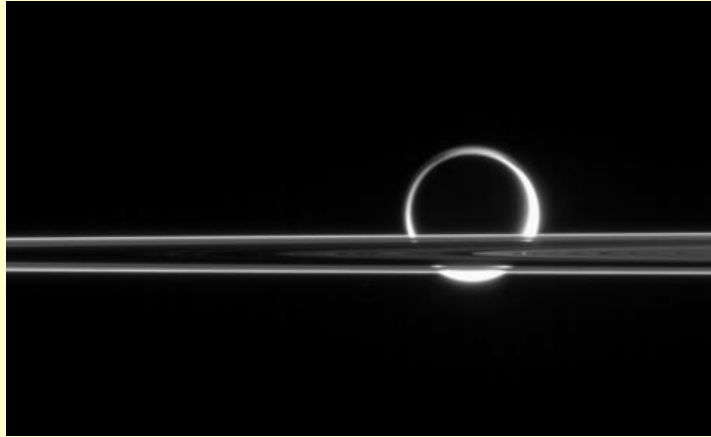
Een eiland van 90 bij 150 km, in beeld gebracht door radar. De radarbeelden worden 'vertaald' naar zichtbare beelden. Gemaakt op 27 februari 2007.

26-10-2011

Leven, GVWS, PaulW, 21okt11

60

Titan gezien door Saturnus' ringen



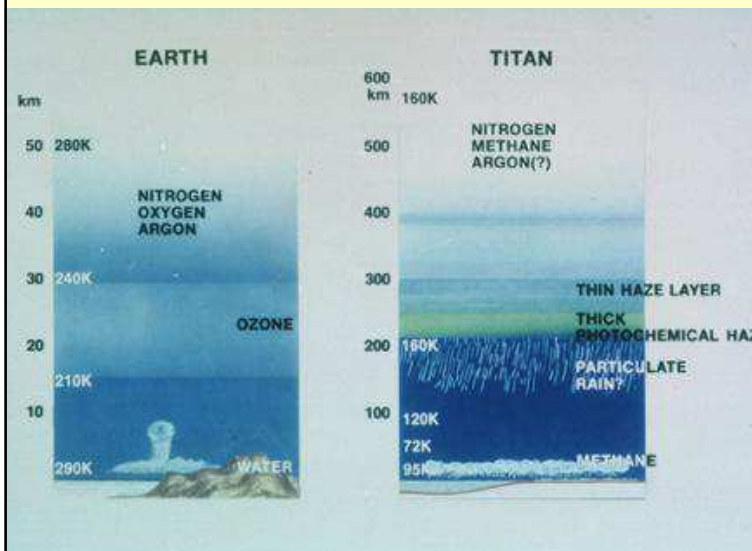
Titan: diameter van 5150 km (Mars: 6790 km), omringd door dikke gaslagen, die zonlicht verstrooien. Cassini was 5,3 miljoen km van Titan

26-10-2011

Leven, GVWS, PaulW, 21okt11

61

Titan's atmosfeer



Titan heeft atmosfeer, zoals de aarde, maar dichter en hoger; ook stikstof, maar met methaan in plaats van zuurstof

26-10-2011

Leven, GVWS, PaulW, 21okt11

62

Leven op Titan?

- Het is erg koud op Titan: Aardse ingewikkelde levensvormen zouden er niet gedijen; echter, eenvoudige aardse bacteriën zouden kunnen overleven
- Het is intrigerend na te gaan waar het methaan vandaan komt. Onder invloed van het zonlicht verdwijnt methaan tamelijk snel en wordt dus kennelijk steeds aangevuld. Op aarde geschiedt dat door levende wezens ...
- Dat was wel de belangrijkste reden om Titan eens nader te verkennen m.b.v. Cassini en Huygens

26-10-2011

Leven, GVWS, PaulW, 21okt11

63

Leven op andere Manen?

- De 4 Galileïsche manen van Jupiter:
 - o Callisto zou een enorme oceaan kunnen hebben – binnenin
 - o Io is zeer actief op vulkaangebied. Energie genoeg voor een extremofiel.
 - o **Europa** heeft een ijsoppervlak en wellicht vloeibaar water binnenin: topkandidaat voor Leven
 - o Ganymede heeft ook een zoutwater oceaan 200 km onder zijn oppervlak, ingeklemd tussen ijslagen
- Saturnus manen:
 - o Titan is al eerder besproken
 - o Enceladus vertoont ijsgeisers bij de Zuidpool en is daardoor bedekt met een dikke laag poedersneeuw

26-10-2011

Leven, GVWS, PaulW, 21okt11

64

4. Leven op exoplaneten?

26-10-2011

Leven, GVWS, PaulW, 21okt11

65

Exoplaneten: aantallen

- 694 exoplaneten gevonden op 19 oktober 2011
- 643 planeten door regelmatige bewegingen van de moederster te registreren,
- 12 planeten rond pulsars
- 26 planeten door een plaatje te maken,
- 184 planeten, doordat de moederster een beetje verduisterd werd door een planeet die er over heen beweegt*
- 13 planeten door tijdelijke sterflux toename, veroorzaakt door gravitationele lens
- De som is groter dan 694 omdat vele planeten door verschillende meetmethodes zijn gevonden.

*De Kepler satelliet heeft 1235 kandidaten gevonden in categorie 'verduistering'

Van: <http://exoplanet.eu/catalog.php>

26-10-2011

Leven, GVWS, PaulW, 21okt11

66

Biologische factoren

- Voorwaarden voor leven:
 - o Elementen zoals H, C, N, O
 - o Vloeibaar water
 - o Energiebronnen (chemisch, warmte, sterlicht, ...)
 - o Primitieve organische materialen, zoals aminozuren
 - o Chemische reacties moeten mogelijk zijn om complexe moleculen op te bouwen
 - o Manen/magneetvelden/vulkanisme?
 - o In rustig stukje Melkweg zitten
 - o Nog diverse voorwaarden vergeten??

26-10-2011

Leven, GVWS, PaulW, 21okt11

67

Resultaten NASA workshop, aug. 2010

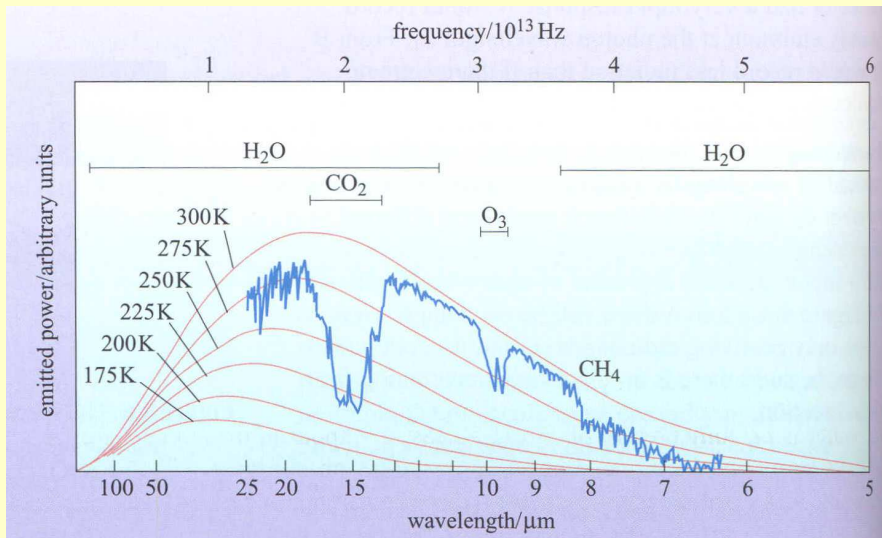
- Water als oplosmiddel nodig voor ontstaan leven
- Allerlei soorten energie bronnen mogelijk
- Steruitbarstingen en ultraviolet werken tegen
- Rotatiesnelheid, stand aardas en excentriciteit van de planeetbaan
- Plaattektoniek nodig om koolstofdioxide in toom te houden
- Planeet met 1-10% van water op Aarde zou een grotere bewoonbare zone kunnen hebben
- Hoe vind je oceanen op andere planeten?

26-10-2011

Leven, GVWS, PaulW, 21okt11

68

Infrarood spectrum van onze Aarde



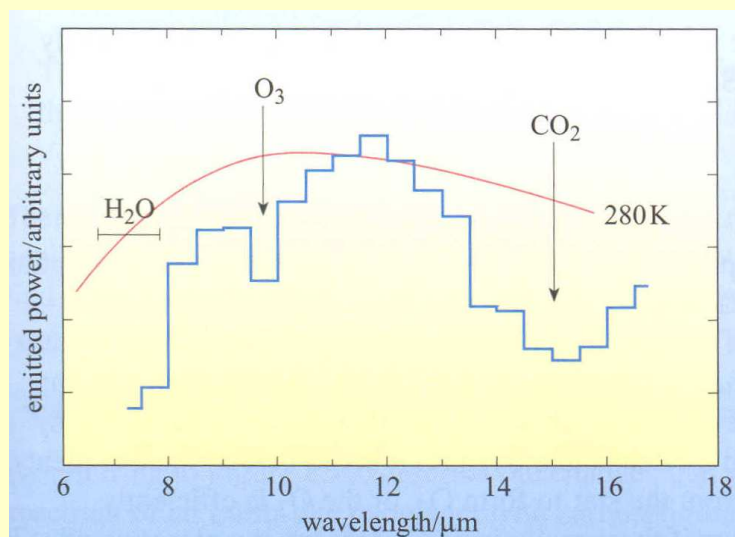
Aarde is zo'n 25 °C en er is ozon, water en koolzuur

26-10-2011

Leven, GVWS, PaulW, 21okt11

69

Exoplaneet met Leven als op Aarde



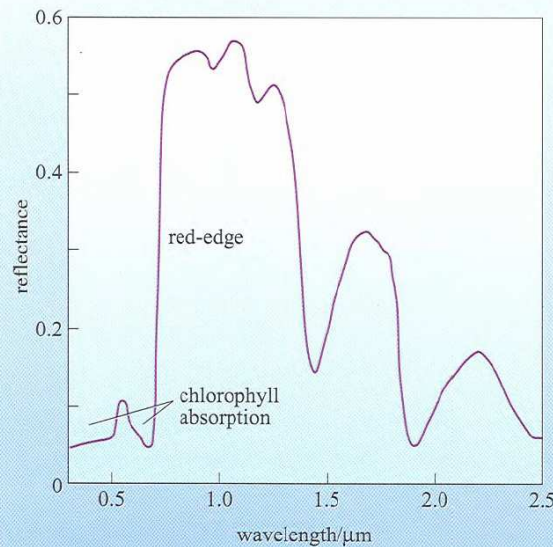
Geplande ruimtemissies (Darwin, TPF) zouden dit spectrum net kunnen meten (40 dagen meettijd, ster op 30 lichtjaar)

26-10-2011

Leven, GVWS, PaulW, 21okt11

70

Een andere mogelijkheid zou zijn om de sterke absorptie door chlorofyl te meten



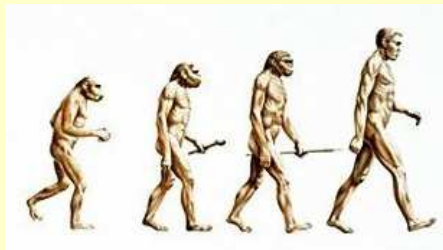
26-10-2011

Leven, GVWS, PaulW, 21okt11

71

Kans op ontstaan (intelligent) leven?

- Op Aarde is leven snel begonnen $\Rightarrow$ Drake factor $f_{\text{leven}} \sim 1??$
- Vinden van leven op Mars, of één van de manen van Jupiter of Saturnus zou twee voorbeelden opleveren $\Rightarrow f_{\text{leven}} = 1$.
- Intelligentie kan evolutionair voordeel zijn
- Hersenen zijn echter groot en hebben veel energie nodig
- Zal de stap naar mensen snel gezet worden?



26-10-2011

Leven, GVWS, PaulW, 21okt11

72

Beschaving

- Een aspect van beschaving kan zijn ontwikkelen van technologie
- Egyptenaren, Chinezen ontwikkelden geen technologie in duizenden jaren
- Toch hadden zij een hoog niveau van beschaving
- Vormen mieren en bijen een beschaving?
- Meeste soorten die ooit op Aarde leefden zijn uitgestorven
- Zou de mens hierin speciaal zijn?
- Hoe lang duurt de menselijke technologische beschaving?
- Kunnen communiceren via radio signalen gaat (helaas) samen met uitvinden kernwapens
- Na verspreiding naar andere planeten kan een beschaving wellicht niet meer uitsterven door een kernoorlog

26-10-2011

Leven, GVWS, PauW, 21okt11

73

Technologische beschaving

- De onze is slechts 60 jaar oud!
- Andere civilisaties zullen vrijwel steeds verder gevorderd zijn, tenzij we op het punt van zelf-destructie staan
- Als anderen al duizenden of zelfs miljoenen jaren bestaan zijn ze zelfs heel veel verder.
- Hun interesse in ons zou vergelijkbaar kunnen zijn met onze interesse in insecten.
- Als je een andere ster kunt bereiken kun je de gehele Melkweg koloniseren in paar 100 miljoen jaar, snelheid is dan een bescheiden $0,001 c = 300 \text{ km/sec} = 1 \text{ miljoen km/uur}$.
- Op de heel lange duur is dit essentieel voor overleven van de soort (moederster gaat ook eens dood)

26-10-2011

Leven, GVWS, PauW, 21okt11

74

Intelligentie?

- Buitenaards leven lijkt heel waarschijnlijk
- Maar intelligent leven?
 - o Heeft er lang over gedaan op Aarde (3,5 miljard jaar)
 - o Grote maan stabiliseert de aardas
 - o Geologie: tektoniek en vulkanen
 - o Pas zonder 'rampen' zijn hersens mogelijk in de evolutie(?)
- Blijven zoeken, b.v. via SETI
- Universele natuurwetten zorgen er misschien voor dat we signalen van andere beschavingen kunnen herkennen
- Zoeken met radiotelescopen en naar (rode) laser signalen

26-10-2011

Leven, GVWS, PaulW, 21okt11

75

Seth Shostak werkt bij het SETI instituut in Mountain View, Californië.

SETI luistert o.a. naar de radio signalen van mogelijke buitenaardse intelligenties

Seth meent dat we naar intelligente robots moeten uitkijken

Zie: <http://www.seti.org/>



26-10-2011

Leven, GVWS, PaulW, 21okt11

76