

Lessamenvatting Overleven in het International Space Station

2023-2024

Hoofdstuk 1 inleiding en historie

Hoofdstuk 2 vogelvlucht aan aanpassingen om in het ISS te kunnen leven

Hoofdstuk 3 t/m 6 verdiepingen van uitdagingen zoals besproken in Hoofdstuk 2

Noem redenen waarom we niet zo maar in de ruimte kunnen leven:

- zuurstof
- UV straling
- eten en drinken (o.a. water)
- luchtdruk
- afval (koolstofdioxide/poep/urine/zweet/geurtjes/kleding/sanitaire doekjes etc.)
- temperatuur (heel koud en heel warm)
- energie (elektriciteit, brandstof)
- gewichtloosheid
- botsing met ruimtepuin

Hoofdstuk 1 Inleiding

- 1865 Jules Verne beschrijft ruimtereizen (overeenkomsten met Apollo vluchten)
- dagelijks met ruimtevaart te maken:
 - satellieten
 - buiten de atmosfeer: onderzoek naar kometen/planeten etc.
 - Hubble
https://nl.wikipedia.org/wiki/Ruimtetelescoop_Hubble
 - James Webb <https://www.youtube.com/watch?v=st-iyZsgpic> How the Golden Eye of the James Webb Space Telescope Will See the Edge of the Universe/
<https://www.youtube.com/watch?v=v6ihVeEoUdo>
<https://www.youtube.com/watch?v=IAeYxHSFI4o>
 - https://nl.wikipedia.org/wiki/James_Webb-ruimtetelescoop
 - binnen de atmosfeer
 - weer
 - communicatie (tv)
 - navigatie (gps)
 - meten van aerosolen (luchtvervuiling)
 - ontbossing/bebouwing
 - meten ozon laag
 - landbouw
 - bemesting grond
 - detectie ziekte en plagen

- raketten
 - Russische en Amerikaanse vluchten naar de ruimte (zie pagina 2 en 3) met allerlei type raketten. Later ook andere landen.
 - particuliere bedrijven zoals bijvoorbeeld SpaceX van Elon Musk en Virgin Galactic van Richard Branson
 - Apollo-vluchten
 - Spaceshuttle
- ruimtestations
 - MIR
 - Skylab
 - ISS

ISS is samengesteld uit vele modules

- verbindingmodules
 - sommige hebben koppelpoorten voor spaceshuttle, ATV, Sojoez
- dienstmodules
 - communicatie
 - materiaalvoorziening
 - huisvesting
- wetenschappelijke modules
- zonnepanelen (spanwijdte van 100 meter)

Bekijk algemene film en vervolgens film opbouw

https://www.youtube.com/watch?v=oLrOnEmy_GA&feature=youtu.be

<https://www.youtube.com/watch?reload=9&v=rfYJEI6KjFg&feature=youtu.be>

ISS

- Gewicht 455 ton (455.000 kg)
- 1 kg vracht naar ISS kost 10.000 euro
- langste punt 80 meter
- gemiddeld 44,5 m breed
- inhoud 1200 m³ (inhoud Boeing 747; 565 passagiers)
- drie personen
- hoogte 355 kilometer (elke dag daling 100 m door zwaartekracht; motoren moeten dan ontbranden)
- gemiddelde snelheid 27.744 km/h
- elke 45 minuten wisseling dag en nacht
- buitentemperatuur wisselt van min 157 graden Celsius tot plus 120 graden

ISS

- samenwerking Amerika, Rusland, Canada, Japan en Europa
- ESA (European Space Agency)

- onderzoekslab Columbus
- ATV (Automated Transfer Vehicle)
- wetenschappelijke tak is ESTEC (Noordwijk)

Hoofdstuk 2 Het “dagelijks” leven op het ISS

https://www.nasa.gov/mission_pages/station/main/suni_iss_tour.html

Verschil vlam bij zwaartekracht en bij gewichtloosheid

- hete lucht is niet lichter zonder zwaartekracht en stijgt dus niet op
- verbranding alleen aan oppervlakte van de bol

Bevoorrading

- Sojoez
- Spaceshuttle (o.a. Atlantis; niet meer in gebruik)
- SpaceX
- Progress (onbemand)
- ATV (onbemand)
 - ESA
 - Ariane 5 raket (Frans Guyana)
 - 5 dagen onderweg
 - 20.000 kg
 - 8000 kg bevoorrading, brandstof en experimenten, cadeaus bemanning
 - 12000 kg brandstof voor de vlucht
 - bij terugkeer vuilniswagen (6000 kg)
 - verbrand bij terugkeer in dampkring

Energievoorziening

- elektrische energie via zonnepanelen
- per zonnecel vermogen 120 kW (120.000 J/s)
- energie wordt gemeten in kilowattuur/ 1000 kWh is geleverde energie in kW gedurende een uur
- brandstof voor “motoren” ISS

Voeding

- gewichtloosheid brengt problemen met zich mee
 - vloeistof zweeft in de vorm van kleine druppeltjes, kan apparatuur beschadigen
 - drinken via speciaal rietje dat afsluit via klemmetje als je niet drinkt
 - geen koolzuurhoudende drankjes
 - belletjes stijgen niet op en drankje ook na inslikken blijft schuimig

- problemen met boeren
 - darmklachten
- kruimels vliegen ook alle kanten op
- voedselbederf
 - (nog) geen eigen voedsel produceren
 - lange tijd moet voedsel goed blijven (niet iedere week vers voedsel)
 - altijd 23 graden Celsius
 - conserveren van voedsel
 - thermo-gestabiliseerd (hitte behandeling zoals in blik bij de Russen en aluminiumzakken bij de Amerikanen)
 - gedroogd voedsel dat naderhand gehydrateerd wordt
 - magnetron/speciale oven

Voedingsmiddelen zijn producten die mensen voor hun voeding gebruiken.

Voedingsstoffen zijn de stoffen die je lichaam uit de voedingsmiddelen opneemt

Zes groepen met voedingsstoffen

- Koolhydraten (organische stof; bouwstof en brandstof; aardappelen, graan, brood, pasta, mais, rijst)
- Vetten (organische stof; brandstof en bouwstof en warmte isolatie en reservestof; olie, boter, noten, pinda's)
- Eiwitten (organische stof; bouwstof en soms brandstof; vlees, vis, zuivelproducten, eieren, zaden)
- Vitaminen (organische stof; beschermende stof, fruit, granen, groente, vis, vlees, zuivel)
- Mineralen (anorganische stof; bouwstof en onderdeel chemische processen; komt voor in vele voedingsmiddelen zoals melk, granen en fruit)
- Water (anorganisch; bouwstof, betrokken bij chemische reacties, oplosmiddel, transportvloeistof, warmtebuffer)

Voedingsstoffen zijn onder te verdelen in:

- brandstoffen (energierijke stoffen) (vooral koolhydraten en vetten)
- bouwstoffen (vooral eiwitten, vetten, mineralen en water)
- beschermende stoffen (vitaminen, mineralen, voedingsvezels)
- reserve stoffen (vet, glycogeen)

Een organische stof bevat zowel een C, H als een O atoom. Een anorganische stof is geen organische stof.

Mineralen (anorganische stoffen nodig voor osmotische waarde, bouwstof, onderdeel enzymen en hormonen)

- Calcium
 - botopbouw, ook spierwerking en werking zenuwstelsel

- IJzer (Fe^{2+})
 - aanmaak rode bloedcellen
- Fosfor
 - productie ATP
- Jodium
 - productie schildklierhormoon

Vitaminen (organische moleculen spelen rol bij stofwisseling)

- vitamine A
 - productie lichtgevoelig pigment netvlies
- B-vitamines
 - zenuwcellen
 - dissimilatieprocessen
 - celdelingen
- vitamine C
 - bindweefsel
- vitamine D
 - afzetting kalk in botten

Vitaminen zijn nodig in kleine hoeveelheden. Van vet oplosbare vitaminen zoals vitamine A, D en B kan je niet te veel innemen, omdat deze dan ophopen in het lichaam en je ziek wordt. Een teveel aan wateroplosbare vitaminen (vitamine C) plas je uit.

ADH is de aanbevolen dagelijkse hoeveelheid

Eetgewoonten astronauten

- Astronauten eten drie keer per dag
- Elke astronaut krijgt zijn eigen dieet
- avondmaal kan zijn garnalencocktail, biefstuk, macaroni met kaas, fruitcocktail, aardbeiendrank en limoenthee
- de volgende formule wordt gebruikt om voldoende energie per dag binnen te krijgen
Aantal Kcal/dag nodig = $1,7(15,3xW + 679)$

Zuinig met water

Op aarde gemiddeld 130 L water per dag.

- 40 L douchen
- 36 L doorspoelen toilet
- 23 L kleren wassen
- 31 L rest

Een astronaut gebruikt voor wassen drinken voedselbereiding 10 L water per dag.

Problemen met water

- Water moet worden gerecycled omdat het te duur is om aan te voeren. Water dat gerecycled wordt is afkomstig van:
 - vocht uit de lucht (zweet en adem)
 - waswater
 - urine
- Rondzwevende druppels kunnen rondzweven
 - druppelvorming door gewichtloosheid in combinatie met oppervlaktespanning van het water (bolvorming)
 - daarom vloeistof in afsluitbare houders en rietje met klemmetje
 - zweet en uitgeademde lucht zou voor sauna zorgen
 - daarom koude (condensatie) heen en weer bewegende trilplaat (grotere belletjes vormen zich) met afzuiginstallatie

Douchen

- vochtige washandjes
- doekjes behandeld met ontsmettende lotion
- speciaal soort shampoo om haar te wassen (met doek droogwrijven)
- 4 l water voor persoonlijke verzorging

Tanden poetsen

- in de ruimte minder speeksel aanmaak leidt tot grotere kans op tandplak
- tandpasta doorslikken of in doekje spugen

Toilet

- pijp met afzuigstelsysteem voor ontlasting
- rubber slang met afzuigstelsysteem voor urine
- allerlei doekjes voor reiniging
- urine wordt verzameld voor recycling
- via elektrolyse wordt hierbij ook zuurstof gevormd
- afval gaat naar ATV en wordt in de atmosfeer verbrand

Frisse lucht

- huid droogt sneller door geringe doorbloeding haarvaatjes huid
 - hart hoeft in de ruimte minder hard te pompen
 - astronaut verliest 2 maal zo veel huid als normaal
 - na half jaar halve kilo huidcellen (maal drie voor drie astronauten)
- stofdeeltjes
- ongewenste geuren en gassen
 - zweet
 - koolstofdioxide
- maatregelen
 - goed filtersysteem (levensonderhoud systeem)
 - geen hygiënische producten op alcoholbasis (dronken!)
 - geen parfum en luchtverfrissers

Kleding en luchtdruk

- drukpak
 - voor lancering en terugreis
 - oranje pak met bijpassende helm
 - zorgt voor dat bloed goed circuleert en niet naar voeten zakt en dus niet flauw valt
- kleding voor in ISS
 - broek
 - jack
 - T-shirt
 - klitte band voor gereedschap
 - na drie dagen vervangen en naar afval
- EMU pak
 - werk in de ruimte
 - beschermt tegen extreme hitte (plus 121 aan zonkant) en koude (min 157 aan schaduwkant)
 - beschermd tegen ruimtestof en kosmische straling
 - bevat zuurstofvoorraad
 - bevat waterkanaaltjes voor constante temperatuur
 - tegendruk van 0,8 atmosfeer voorkomt uit elkaar rukken van astronaut
 - bij dalende druk ook decompressieziekte. Stikstofbelletjes komen vrij uit bloedplasma en verstoppen haarvaten en veroorzaken schade aan hersenen en hart
 - bevat elektriciteit
 - urineren en drinken gebeurt in het pak
 - helm houdt UV licht en IR licht tegen
 - met dit pak kan een ruimtewandeling worden gemaakt van 8 uur

Dagelijkse bezigheden

- Fitness
 - door gewichtsloosheid worden spieren en botten zwakker
 - door lichaams oefeningen (o.a. 2 uur fietsen per dag) wordt botontkalking en spierzwakte tegengegaan
- Onderzoek
 - effect langdurig verblijf in de ruimte in gewichtloze toestand
 - leiden tot toepassingen op aarde
 - trilvest ter voorkoming ruimteziekte door desoriëntatie
 - testen van plasmalampen
 - uitvoeren van weefselkweken
 - meten bloeddruk over lange periode (wordt lager)
 - medicijnonderzoek
 - onderzoek plantengroei
 - verbrandingstechnieken
- Vrije tijd zoals lezen, bellen, schrijven, muziek luisteren of naar de aarde kijken

Hoofdstuk 3 Gewichtloosheid op het ISS

Gewichtloosheid geeft problemen bij alledaagse handelingen zoals:

- eten
- drinken
- douchen
- tandenpoetsen
- toilet

Wat zijn de gevolgen van langdurige gewichtloosheid op het lichaam zelf?

Wat is gewichtloosheid?

Gewichtloosheid voor de astronauten ontstaat niet zozeer door het ontbreken van zwaartekracht. Op gemiddeld 300 kilometer hoogte is de zwaartekracht maar een paar procent minder.

Echter, gewichtloosheid komt door een constante toestand van vrije val van het ISS.

De snelheid om de aarde is ongeveer 8 km/sec (rond de 28.000 km/h)

<https://www.youtube.com/watch?v=P7-IDNF5eM4> Uitleg natuurkunde

Massa is de hoeveelheid materie in een bepaald voorwerp ongeacht het volume van dat voorwerp en de krachten die erop worden uitgeoefend. De massa drukken we uit in kg.

Het gewicht van een voorwerp is de zwaartekracht die de aarde op dat voorwerp uitoefent. Gewicht drukken we uit in Newton (N).

Voor formules zie pagina 26 en 27.

In een lift die met constante snelheid omhoog of omlaag gaat dan geldt dat een weegschaal met dezelfde kracht terugduwt als je gewicht.

Dit is anders als de lift met een versnelling naar beneden gaat als de zwaartekrachtversnelling. De weegschaal geeft dan 0 N aan. Ga je omhoog met een versnelling van $9,8 \text{ m/s}^2$ (2G) dan geeft de weegschaal een twee maal zo groot gewicht aan.

Bij de lancering ervaart een astronaut meerdere g krachten. In het ISS ervaart de astronaut gewichtloosheid (gewicht is 0 N), echter er is wel zwaartekracht.

Gewichtloosheid is een toestand waarin een voorwerp geen gewicht ervaart, omdat dat voorwerp geen ophanging of ondersteuning heeft in die specifieke toestand. Dit is het geval tijdens een vrije val, dat wil zeggen wanneer op het voorwerp geen enkele kracht wordt uitgeoefend, behalve de zwaartekracht. Men voelt dan niet de gevolgen van de zwaartekracht. De g-kracht is nul.

Staande op de grond of zittend op een stoel word je door de zwaartekracht van de aarde aangetrokken. Wat je ervaart als een gevoel van gewicht is de reactiekracht die opgewekt is waar je

staat of onder je zitvlak. Zonder ondergrond is er geen gewicht en zou je je gewichtloos voelen. Zodra er weer sprake is van een ondergrond houdt de toestand van gewichtloosheid weer op.

In het dagelijks taalgebruik worden [gewicht](#) en [massa](#) door elkaar gebruikt, hoewel gewicht het gevolg is van de combinatie van massa, zwaartekracht en de aanwezigheid van een ondergrond die dingen tegenhoudt. Gewicht wordt uitgedrukt in [newton](#), de eenheid van kracht, terwijl massa wordt uitgedrukt in [kilogram](#). Gewichtloosheid betekent niet dat je geen massa meer bezit. Bron wikipedia.

Het internationale ruimtestation ISS draait in een baan om de aarde op een hoogte van slechts een paar honderd kilometer. Natuurlijk voel je daar de zwaartekracht van de aarde nog. Zelfs de maan, op 384.400 kilometer afstand, wordt door die zwaartekracht in zijn baan gehouden. Waarom ben je dan aan boord van het ruimtestation toch gewichtloos?

De reden is dat het ruimtestation (en elke andere satelliet in een baan om de aarde) eigenlijk continu in vrije val verkeert. Het ruimtestation valt voortdurend in de richting van de aarde (als gevolg van de zwaartekracht!), maar door de hoge baansnelheid van ca. 8 kilometer per seconde komt het nooit echt op aarde terecht.

Vergelijk het met een kogel die je horizontaal afvuurt vanaf een hoge toren. Ook die valt naar beneden door de zwaartekracht. Hoe sneller de kogel gaat, des te langer duurt het voordat hij op de grond terecht komt. Als de snelheid zeer hoog is, gebeurt dat misschien pas na een halve omloop rond de aarde. En als de snelheid 8 kilometer per seconde bedraagt, draait hij helemaal om de aarde heen.

Ook het ruimtestation verkeert op die manier in een constante vrije val. En een voorwerp in vrije val is feitelijk gewichtloos. Dat voel je al een beetje als je in een lift stapt die plotseling snel naar beneden gaat - je voelt je dan even wat lichter. Als de lift echt in vrije val zou zijn, zou je in de liftkooi rond kunnen zweven doordat je met kooi en al naar beneden valt, en er dus geen reactiekrachten op je worden uitgeoefend.

Waarom is een astronaut op de maan dan *niet* gewichtloos? De maan verkeert toch ook continu in vrije val rond de aarde? Dat klopt, maar de maan is relatief groot en zwaar en oefent zelf zwaartekracht uit - ongeveer een zesde van de zwaartekracht die je op het aardoppervlak voelt. Bron sterrenkunde.nl

Effect zwaartekracht op ons lichaam.

Effect op:

- spieren
- botten
- hart en bloedvaten
- evenwicht

Spieren

Het bewegingsapparaat bestaat uit:

- spieren
- gewrichten (met gewrichtskapsel en banden)
- botten
- pezen
- zenuwen

Een pees verbindt bot met een spier. Een band verbindt twee botten.

<http://www.bioplek.org/animaties%20onderbouw/spiereneenvoudig.html>

http://www.bioplek.org/animaties/spieren_botten/bouwspier.html

http://www.bioplek.org/animaties/spieren_botten/spiersubmicroscopisch.html

Spieren:

- skeletspier (dwarsgestreept)
 - bestaat uit spierbundels
 - in spierbundel liggen spiervezels (met elkaar vergroeide spiercellen, bevat meerdere kernen aan de buitenkant)
 - witte (type 2) of snelle spiervezels, raken snel vermoeid, belangrijk voor sprinten, springen
 - rode of langzame (type1) spiervezels, raken minder snel vermoeid, belangrijk voor duursporten. Vezels zijn rood door myoglobine. Myoglobine is vergelijkbaar met hemoglobine. Het vervoert echter geen zuurstof maar is nodig voor zuurstofopslag
 - ieder mens verschilt in de hoeveelheid witte of rode spiervezels
 - wordt genetisch bepaald (bijvoorbeeld vrouw relatief meer type 1 dan mannen)
 - bij bedlegerige mensen verschuift het naar type 2
 - door specifieke training is er ook een verschuiving en kan daarnaast een bepaald type vezel worden versterkt, beter doorbloed, meer mitochondriën etc.
 - het aantal spiervezels verandert niet
 - in spiervezels liggen spierfibrillen (myofibrillen)
 - in de spierfibrillen liggen actine en myosine filamenten
 - deze filamenten bestaan uit actine en myosine moleculen
 - actine en myosine filamenten glijden langs elkaar heen en verkoren hierdoor de spiervezel
 - sarcomeer is de kleinst samentrekkende eenheid van een spiervezel.
 - dwarsgestreepte spieren zijn door de wil te beïnvloeden
- Gladde spieren
 - Gelegen rond holle organen (bloedvaten, darmen)
 - Trekken traag samen en raken niet snel vermoeid
 - Spiercellen zijn langwerpige met 1 kern per cel
 - Spierfibrillen liggen kriskras door elkaar waardoor geen dwarsstreping zichtbaar
 - Niet door de wil te beïnvloeden
- Hartspierweefsel
 - Spiercellen met 1 kern per cel
 - Spiercellen vertakt, waardoor netvormig en geen dwarsstreping zichtbaar
 - Trekken snel samen en raken niet snel vermoeid
 - Niet te beïnvloeden door de wil

Gewichtloosheid heeft de volgende effecten op de spieren:

- spieratrofie. Spieratrofie is het dunner en minder krachtig worden van de spieren.
- selectief verdwijnen van actine filamenten, waardoor spier minder krachtig kan samentrekken
- verschuiving van type spieren: minder type 1 en meer type 2
- in de ruimte gaan spieren over op minder vetverbranding en meer koolhydraatverbranding (glucose/glycogeen), waardoor spieren eerder moe worden
 - spieren gebruiken onder normale omstandigheden vooral vet als brandstof
 - bevat per molecuul meer energie en geeft minder afvalstoffen
 - bij activiteit gaan spieren over op glucose (reservestof glycogeen) verbranding.
 - bij zuurstofgebrek is er anaerobe verbranding
 - hierbij komt melkzuur vrij
 - dit leidt tot verzuring van de spieren en mogelijk kramp
 - glucose kan anaeroob worden verbrand, vet niet
- atrofie van het hart

Effect op botten

- bot bestaat uit mineralen (calciumfosfaat) en eiwit (collageen)
 - mineralen zijn voor de stevigheid
 - collageen voor flexibiliteit
- bot wordt aangemaakt door osteoblasten
- bot wordt afgebroken door osteoclasten
- normaal is botopbouw en botafbraak in evenwicht
- botten verliezen stevigheid door gewichtloosheid
- osteoporose (botontkalking)
 - afname in botmassa en botdichtheid (vooral de trabeculaire structuur/netstructuur)
 - lijkt op osteoporose bij oudere mensen
 - minder actief
 - hormonale invloeden (vrouwen eerder door verlaging oestrogenconcentratie na menopauze, mannen later door minder testosteron)
 - minder vitamine D
 - botmineraaldichtheid wordt minder vooral in bekken en dijbeen
 - kans op botbreuken neemt toe
- bedlegerigheid geeft zelfde effecten als een langverblijf in de ruimte

Effect op hart en bloedvaten

- verandering verdeling vocht in het lichaam
 - lymfe
 - bloedplasma
 - meer vocht in het hoofd (hoofdpijn)
 - na terugkomst op aarde vaak last van orthostatische intolerantie
 - problemen met lang staan
 - bloed trekt weg uit het bovenlichaam
 - flauwvallen
- atrofie van het hart omdat hart minder hard hoeft te werken
- hartritmestoornissen door verlenging QT periode
 - normaal P top valt samen met samentrekking boezems
 - QRS top samentrekking kamers
 - T top valt samen met normalisering elektrische spanning (rust)
 - QT staat onder invloed van hartfrequentie en dus mate van inspanning

Effect op zintuigen en zenuwen

Evenwicht

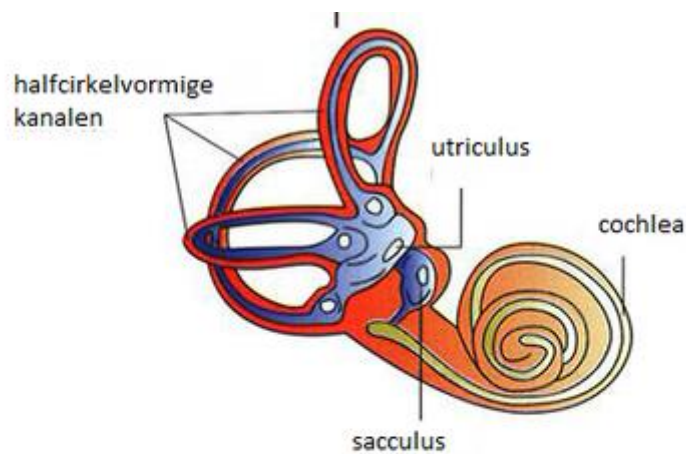
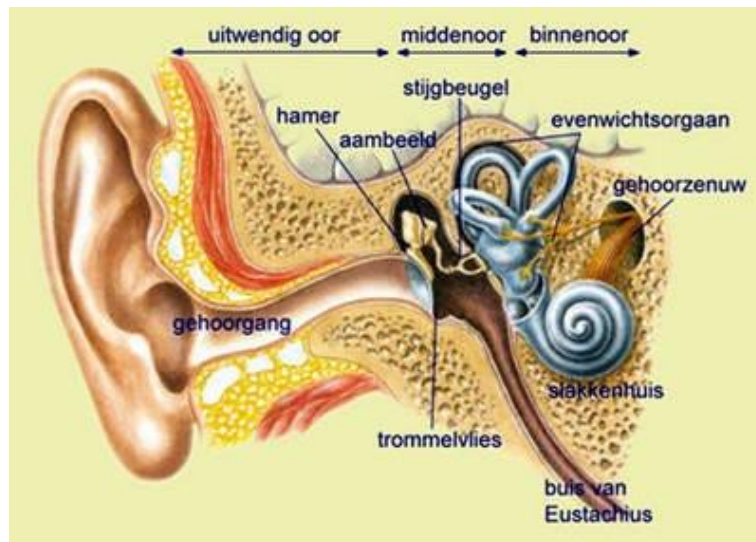
- Evenwichtsorgaan
- Ogen
- Spieren/gewrichten/pezen

Labyrint (gelegen in het rotsbeen)

- Slakkenhuis
- Evenwichtsorgaan

Evenwichtsorgaan verzamelt informatie over beweging en balans

- Halfcirkelvormige kanalen registreren draaiingsbewegingen in verschillende rotatierichtingen
- Otolietorgaan (vestibulum) registreert rechtlijnige versnelde bewegingen in verschillende richtingen en de positie t.o.v. het zwaartekrachtsveld



het evenwichtsorgaan en de cochlea(deel van het gehoororgaan)

- problemen met evenwichtsorgaan
 - ruimteziekte (70% van astronauten)
 - variërend van vreemd gevoel tot braken
 - verdwijnen na 24 tot 48 uur
 - desoriëntatie, moeite met lokaliseren en pakken van dingen (symptomen blijven langer)
 - lichaam past zich langzaam aan waardoor astronauten minder afhankelijk worden van het evenwichtsorgaan voor het bepalen van hun positie

Hoofdstuk 4 Stralend weer in de ruimte

4.1 Inleiding

Atmosfeer en magnetisch veld is belangrijk:

- handhaven van temperatuur nodig voor leven (broeikaseffect)
- bescherming tegen straling
- bescherming tegen ruimtepuin

Aarde is ongeveer 4,6 miljard jaar oud

- van 4,6 tot 2,8 miljard jaar geleden geen zuurstof op aarde (wel stikstofgas, koostofdioxide en methaan)
- leven (vanaf ongeveer 3,8 miljard jaar geleden) was anaeroob
- cyanobacteriën (vanaf 2,8 miljard jaar geleden) produceerden zuurstof (fotosynthese)
 - restanten zijn stromatolieten (gesteenten die uit lagen kalk en lagen bacteriën bestaan)
- zuurstofconcentratie nam toe in de oceanen, echter nog niet in de atmosfeer
 - ferro-oxide werd in het water omgezet in ferri-oxide
 - ferri-oxide slaat neer
 - gebande ijzerformaties (rode steenlagen tussen grijze steenlagen)
- 2,3 miljard jaar geleden alle ferro-oxide omgezet
- concentratie zuurstof in zee neemt toe
- concentratie zuurstof atmosfeer neemt toe
- massale sterfte bacteriën
- opkomst aerobe organismen (o.a. eukaryoten)
- vorming ozonlaag
- UV straling weg gefilterd, waardoor leven buiten het water mogelijk werd
- sterke toename leven op het land

<https://media.hhmi.org/biointeractive/click/oxygen/>

4.2 Straling in de ruimte

Zon

- zichtbaar licht
- UV licht
 - bruin worden
 - snelle veroudering
 - huidkanker
 - UV-A 315-400 nm
 - UV-B 280-315 nm
 - UV-C minder dan 280 nm
 - ozon houdt UV straling tegen (vooral B en C en bijna geen A zie figuur 14)

- röntgenstraling

Straling

- niet-ioniserende straling
- ioniserende straling

Ioniserende straling is straling dat zoveel energie bevat dat elektronen uit de buitenste schil van een atoom worden geschoten. Er blijft een atoom met een lading over (ion).

- maakt moleculen kapot
- kan ruimteschip, apparatuur en bewoners ISS beschadigen

Ioniserende straling

- deeltjesstraling
 - protonen, neutronen, elektronen, alfa deeltjes (heliumkernen) en ijzeratoomkernen
- elektromagnetische straling
 - fotonen (gamma straling/röntgenstraling)

In deeltjesfysica wordt energie in elektronvolt (eV) weergegeven en niet in Joule (J).

- een elektronvolt is de energieverandering die een vrij deeltje met de lading gelijk aan een elektron ondervindt, wanneer het in een elektrisch veld een weg aflegt tussen twee punten die een onderling potentiaalverschil van 1 Volt hebben.
- vanaf 5eV is straling ioniserend

4.3 Stralingsbronnen

Stralingsbronnen

- straling zon
 - zonnwind
 - zonne-uitbarsting
- kosmische straling

Deeltjes afkomstig zonnwinden

- buitenste laag zon (corona) temperatuur miljoen graden Celsius
- atomen en moleculen bestaan niet meer en vallen uiteen in plasma van atoomkernen en elektronen
- atoomkernen (waterstof/protonen en helium/alfa deeltjes) worden van de zon weggeslingerd met snelheid van 400km/s
- zonnwind is dus de stroom weggeslingerde deeltjes
- aardmagnetisch veld* buigt zonnwind af
- een deel van zonnwinddeeltjes blijft om de aarde zwermen (Van Allen gordels)
 - binnenste gordel bestaat uit protonen (700-10.000 km boven aardoppervlak)
 - buitenste gordel bestaat uit elektronen (16.000- 60.000 km)
- ISS geen last van zonnwind en deeltjes, echter wel wat effect bij Zuid-Atlantische anomalie (500 km)

Protonen binnenste gordel hebben wel veel energie (meer dan 100 MeV).

Voor natuurkundige formules over cirkelbeweging ISS zie kader op pagina 40.

*Het aardmagnetisch veld (ook wel aardmagneetveld genoemd) is het magnetisch veld dat de Aarde omringt. Het aardmagnetisch veld ontstaat door een mengsel van vloeibaar ijzer en nikkel in de buitenkern van de aarde. Doordat de aarde draait, beweegt deze vloeistof om de vaste kern heen, waardoor een magneetveld ontstaat.

[Is het aardmagnetisch veld bezig om te keren? | Volkssterrenwacht Mira](#)

Zonne-uitbarstingen

- vergelijkbaar met zonnwind, echter deeltjes worden met grotere snelheid weggeslingerd (bijna lichtsnelheid)
- periodieke cyclus van ongeveer 11 jaar
- miljoenen tonnen materie wordt de ruimte in geslingerd
- protonen/alfa deeltjes en elektronen
- deel wordt door aardmagnetisch veld afgebogen
- bij polen komen deeltjes dicht bij de aarde
- botsing in hogere atmosfeer is te zien als poollicht (botsing tegen zuurstofmoleculen zorgt voor groen licht, botsing tegen stikstofmoleculen zorgt voor rood/roze licht)

- stroom geladen deeltjes kunnen voor onverwachte verschijnselen in elektriciteitsnet zorgen
- storingen elektrische apparatuur

Kosmische straling

- bron van verschijnselen waarbij zeer veel energie vrijkomt
 - ver buiten ons zonnestelsel in nabije en verdere melkwegstelsels
 - supernova's (ontploffende sterren)
 - pulsars (zeer snel ronddraaiende neutronensterren)
 - zwarte gaten (geïmplodeerde sterren)
 - quasars (snel verwijderende stralende astronomische objecten)
- gamma straling/protonen/helium kernen/elektronen/kernen van zwaardere elementen
- van deeltjesstraling is 90% protonen, 9% heliumkernen
- energie tot wel 10^{20} eV

4.4 Effecten van straling

Kenmerk ioniserende straling is dat het moleculen kan veranderen

- beschadiging eiwitten minder erg want kunnen worden bijgemaakt
- beschadiging DNA problematischer
 - DNA
 - dubbel keten
 - bouwstenen A,G,C,T
- direct
 - botsing met ioniserend deeltje
- indirect
 - vorming van radicalen (o.a. water of zuurstof)

Aard mutatie

- hangt af van intensiteit straling (hoeveelheid)
- type straling (ionisatie vermogen)

Breuk in een of beide ketens

Mutaties kunnen meestal worden hersteld door DNA herstel mechanisme.

Gevolgen mens

- bij grote intensiteit van straling of bepaald type straling raakt DNA zwaar beschadigd gaan cellen dood (necrose) en de persoon sterft.
- bij minder straling of bepaald type straling gaat gemuteerde cel zich ongebreideld delen en ontstaat tumor
- bij mutatie DNA geslachtscel worden erfelijke afwijking overerfbaar en leidt dit tot aangeboren afwijkingen

Plaatsen met gevaar voor stralingseffecten

- Kerncentrales
- Ziekenhuizen (röntgenafdelingen/radiodiagnostiek)
- ISS

Nodig goede stralingsbescherming en monitoring stralingsniveaus

Bij ruimtewandeling ISS oppassen voor zonnestorm namelijk kans op acute stralingsziekte.

- op korte termijn
 - misselijkheid
 - verminderde weerstand
 - tijdelijke onvruchtbaarheid
- op lange termijn
 - schadelijke gevolgen voor ontwikkeling embryo zwangere vrouw
 - kanker
 - overerfbare afwijkingen
- overlijden (haarverlies, massaal verlies van witte bloedcellen en interne bloedingen, sterfte binnen twee maanden)

Dosimetrische grootheden

Er zijn drie grootheden waarmee men de dosis straling kan aangeven, dosimetrische grootheden:

- geabsorbeerde dosis
- equivalente dosis
- effectieve dosis

De dosis (D) is de hoeveelheid stralingsenergie per kilogram materie (m) die een bepaald object opneemt. De eenheid ervan is Joule per kilogram of Gray (Gy)

Equivalente dosis of dosisequivalent (H) is een maat voor de hoeveelheid schade die de straling aanricht en is afhankelijk van het soort straling. Elke soort straling krijgt een stralingsweegfactor W_R (R staat voor radiation). Alfastraling is zeer schadelijk als gevolg van de grote lading van alfa deeltjes. Hierdoor treden gemakkelijk ionisaties op. De eenheid is de Sievert.

Effectieve dosis houdt rekening met de verschillende gevoeligheden die de afzonderlijke organen hebben. De weefselweegfactor W_T (T staat voor tissue) is bijvoorbeeld groter voor de geslachtsorganen. De eenheid is ook hier Sievert.

$$ED = (E/m) \cdot W_R \cdot W_T$$

ED is effectieve dosis

E is geabsorbeerde energie in J

m is massa in kg

4.5 Stralingsbescherming

Straling in sievert per jaar.

- gemiddelde dosis “normale” mensen 3,6 mSv per jaar
- mensen die met radioactief materiaal of met ioniserende straling werken gelden speciale voorschriften, maximaal 50 mSv straling per jaar
- astronauten 500 mSv per jaar

Straling kan worden tegengehouden door:

- alfa-straling en beta-straling kan met laagje papier of dun plaatje aluminium
- UV-licht met stukje karton
- gamma-straling alleen met een dikke laag lood

Lood is een stof met een kleine halveringsdikte. De halveringsdikte is de dikte van een bepaalde stof die de straling met een bepaalde energie doet halveren. Lood houdt per cm dikte dus veel straling tegen.

Het ISS moet zowel ruimtepuin als straling tegenhouden, maar mag niet te zwaar zijn.

Maatregelen om gezondheidsrisico's voor bemanning zo klein mogelijk te houden:

- metaal met een hoge dichtheid (lood) om gamma straling tegen te houden
- water nodig voor te drinken en om zuurstof te maken (elektrolyse) wordt ook gebruikt aan de buitenkant van het ISS. De dikke wand met water (31 cm) houdt meeste gamma straling tegen.
- materiaal met veel waterstofatomen (water en kunststoffen zoals polyethyleen) houden goed neutronen tegen die ontstaan door botsingen met bijvoorbeeld inslaande ijzerionen

Hoofdstuk 5 Levensonderhoud op het ISS

5.2 ECLSS

In de ruimte is geen zuurstof, water en geen luchtdruk. In het ISS en in een ruimtepak moet dit worden geregeld.

ECLSS is Environmental Control and Life Support. Dit is een levensonderhoudsysteem.

Blokken zijn de verschillende onderdelen

Pijlen geven het transport weer van vloeistoffen of gassen.

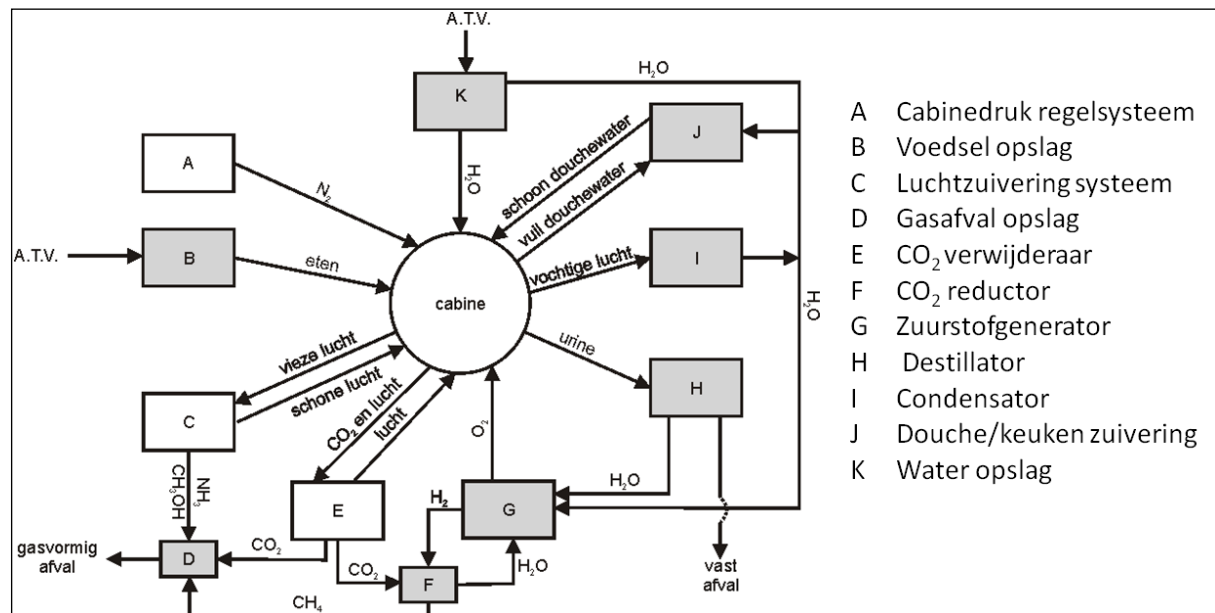
Pijlen tussen blokken zijn transport binnen ISS. Pijlen van of naar buiten zijn tussen ISS en aarde (via ATV)

Blokken A, C, E en D zijn nodig voor juiste samenstelling lucht aan boord

Blok G is voor zuurstofgeneratie

Blokken H, I, J en K zijn nodig voor waterhuishouding

Blok F is voor de reductie van CO₂



Figuur 22: schematisch blokschema van het ECLSS in september 2008.

5.3 De lucht (samenstelling) op het ISS

Samenstelling lucht op aarde

- 78 volume% stikstof
- 21 volume% zuurstof
- 0,03 volume% CO₂
- rest edelgassen en waterdamp

De samenstelling van de lucht moet geregeld worden.

Teveel zuurstof kan geen gevaar voor het lichaam, echter zorgt wel voor groter brandgevaar.

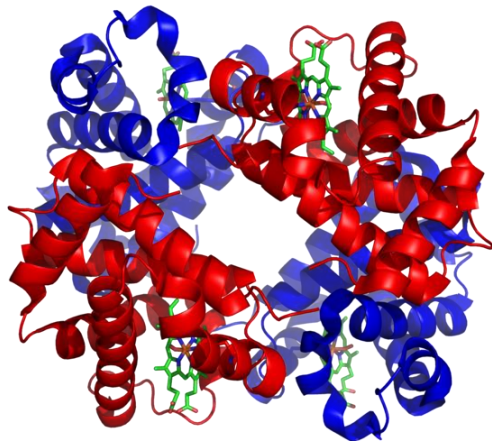
Teveel CO₂ maakt ons duf en slaperig.

Zuurstof en koolstofdioxide en H⁺ ionen worden gebonden aan hemoglobine.

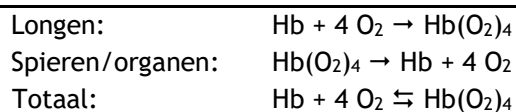
Hemoglobine (Hb) is een complex eiwit en bestaat uit:

- 2 moleculen alfa globine
- 2 moleculen bèta globine
- 4 heemgroepen
- 4 Fe²⁺ ionen

Zuurstof, koolstofdioxide en H⁺ ionen worden gebonden aan de ijzerionen.



De volgende reversibele reacties vinden plaats



In aanwezigheid van veel zuurstof gaan de reactie naar rechts, in het geval met weinig zuurstof gaat de reactie naar links (principe van La Chatelier)

Bij aerobe reacties in de mitochondriën ontstaat uit glucose of vet koolstofdioxide en water.

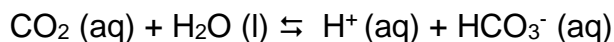
Toename van de koolstofdioxide concentratie verlaagd de pH. De koolstofdioxideconcentratie en de pH wordt door chemoreceptoren waargenomen. Hierdoor wordt de ademhaling aangepast en ga je frequenter en dieper ademhalen, waardoor de koolstofdioxide concentratie weer lager wordt.

De koolstofdioxideconcentratie is dus de prikkel die leidt tot het aanpassen van de ademhaling!

Koolstofdioxide wordt als volgt vervoerd in het bloed

- opgelost als gas (5%)
- gebonden aan hemoglobine (25%)
- 70% als HCO_3^-

Het HCO_3^- wordt gevormd in de rode bloedcellen met behulp van het enzym koolzuuranhydrase. Hierdoor wordt in eerste instantie H_2CO_3 gevormd dat instabiel is en uiteen valt in $\text{H}^+(\text{aq}) + \text{HCO}_3^-(\text{aq})$



H^+ ionen worden gebonden door Hb en ook door andere eiwitten in het bloed. Door bufferende werking blijft pH tussen 7,35 en 7,45

In een omgeving met veel zuurstof (longen) worden de H^+ ionen en de CO_2 van hemoglobine verdrongen door zuurstof.

In spierweefsel wordt brandstof verbrand en is dus veel koolstofdioxide aanwezig. Door anaerobe afbraak wordt er ook melkzuur gevormd, waardoor er veel H^+ ionen aanwezig zijn. CO_2 en H^+ ionen verdringen zuurstof in de spieren van het Hb. Zuurstof kan vervolgens worden gebruikt voor de verbranding.

Bohr- effect is de extra afgifte van zuurstof door hoge pCO_2 , een lage pH en een hoge temperatuur.

Dus bij hoge concentratie koolstofdioxide kan minder zuurstof worden vervoerd en wordt je duif en slaperig.

Regulatie

- hardlopen
- meer verbranding spieren om meer energie te genereren
- meer koolstofdioxide in het bloed en verlaging pH
- chemoreceptoren nemen dit waar
- frequenter en dieper ademhalen
- koolstofdioxide verlaat het lichaam
- er komt meer zuurstof in het bloed
- bij spieren wordt zuurstof verdrongen
- en kan er weer meer verbranding plaatsvinden

Zuiveren van de atmosfeer op het ISS

Uitademen en uitzweten van gassen

- koolstofdioxide
- methaan
- ammoniak
- methanol
- aceton

Alle gassen worden door adsorptie verwijderd via actieve kool filters behalve koolstofdioxide. Zuurstof, stikstof en waterdamp binden niet.

Door volle filters in contact te brengen met het luchtledige van de ruimte worden de filters geregenereerd.

Koolstofdioxide wordt gescheiden door zeolieten (halfdoorlatende minerale korrels). Een deel van de koolstofdioxide wordt chemisch verwerkt in systeem F.

De **MAC-waarde** staat voor de “Maximaal Aanvaardbare Concentratie” en wordt vaak gedefinieerd als: *“De maximale concentratie van een gas, damp of nevel of van een stof in de lucht op de werkplek, die bij inademing gedurende de arbeidsperiode in het algemeen geen nadelige gevolgen heeft op de gezondheid van de werknemers en hun nageslacht.”*

Dit is dus de concentratie waaraan een persoon gedurende 8 uur per dag, een leven lang, aan blootgesteld mag worden zonder dat hij of zij daar gezondheidsschade van op zal lopen.

5.4 Het watersysteem

Efficiënte waterrecycling is belangrijk.

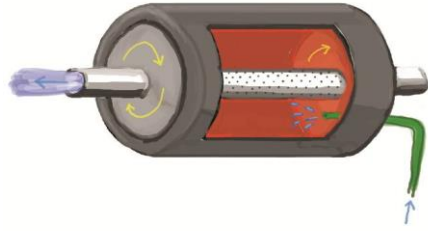
- niet goed hergebruikt water “verdwijnt”
- aanvullen vanaf de aarde kost veel geld

Recycling water

- water uit urine (98%) wordt via destillatie teruggewonnen
 - vaste residu (wat achterblijft bij een scheidingsmethode) wordt met ATF afgevoerd
 - gecondenseerd water loopt niet naar beneden, maar blijft zweven
 - gewichtloze destillatie
 - ronddraaiende cylinder
 - water wordt tegen wand gedrukt
 - wand wordt verwarmd tot boven 100 graden celsius
 - door onderdruk wordt verdampt water in binnenbuis gezogen
 - water gaat naar condensator om te laten condenseren
- water uit waterdamp (uitgeademde lucht) wordt via condensatie in combinatie met een koude trilplaat en afzuigsysteem verzameld
- water gebruikt voor wassen en keukenwater wordt gefiltreerd, hierbij gaat relatief veel water verloren. Filtratie is scheiden gebaseerd op de grootte van deeltjes. Het residu blijft op het filter achter.
- opgevangen water wordt onder hoge druk heet gemaakt (sterilisatie)
- omdat het water in de grote tanks weinig in beweging is wordt zilvernitraat (Russen) of natriumjodide (Amerikanen) toegevoegd om micro-organismen te doden

Water consumptie (L/persoon/dag)		Water winning (L/persoon/dag)	
Drinkwater en voedselbereiding	2,2	Waterdamp condensatie	5,4
Persoonlijke hygiëne	0,2	Water uit urine	1,4
Spoelwater in toilet	0,3	Water uit het CO ₂ reductie proces	0,5
Water voor zuurstof generatie	1,0	Recycling/zuivering hygiëne water	5,9
Watergebruik voor experimenten	4,0		
Hygiëne en waswater	6,0		
<i>Totaal</i>	13,7	<i>Totaal</i>	13,2

Figuur 26: waterconsumptie en winning per dag per bemanningslid.



Figuur 27: schematische weergave van een gewichtsloze destillatie.

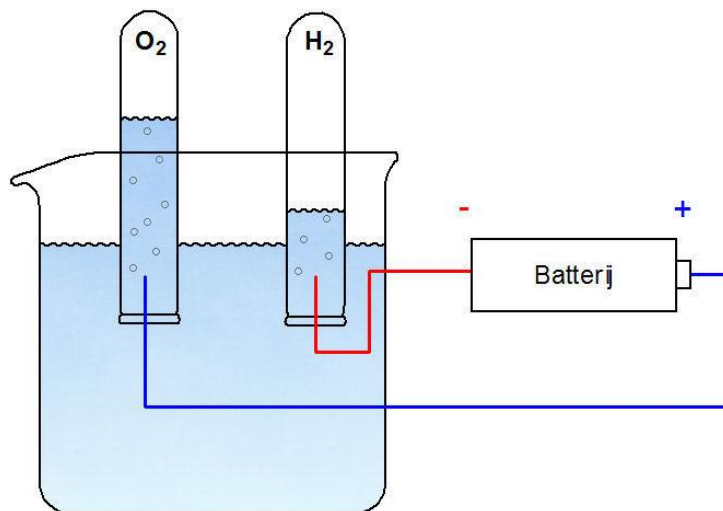
5.5 Zuurstofgeneratie

Regel van twee

- twee weken zonder eten
- twee dagen zonder water
- twee minuten zonder zuurstof

Zuurstof wordt gemaakt door:

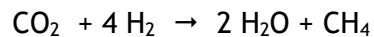
- zuurstofkaars (bij verwarming van NaClO_3 wordt zuurstof gevormd)
 - 0,6 kg NaClO_3 levert zuurstof voor 1 persoon voor 1 dag
- zuurstofgenerator (elektrolyse)
 - ontledingsreactie waarbij water wordt gesplitst in zuurstof en waterstof
 - waterstofgas wordt gebruikt bij CO_2 reductie
 - elektriciteit wordt gemaakt door zonnepanelen
 - omdat puur water niet geleid wordt natriumhydroxide toegevoegd (elektrolyt)



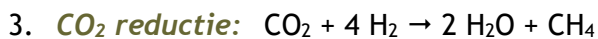
Figuur 28: de elektrolyse van water.

5.6 CO₂ reductie

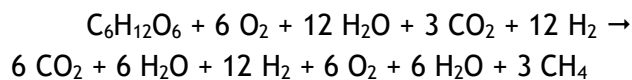
Waterstofgas dat gevormd wordt bij de elektrolyse wordt gebruikt om het vervuilende koolstofdioxide te verwijderen. Dit gaat volgens de volgende vergelijking:



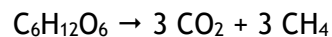
Echter niet alle koolstofdioxide kan op bovenstaande manier worden verwijderd, waardoor er toch nog CO₂ de ruimte in moet worden geloosd. Dit omdat de bij de verbranding van glucose vrijgekomen CO₂ niet geheel verbruikt wordt. Ook methaan wordt in de ruimte geloosd.



Alle drie verkregen reactievergelijkingen bij elkaar opgeteld levert:



Tegen elkaar wegstrepen van factoren die zowel links als rechts staan levert een opmerkelijk simpele reactievergelijking op:



Het resultaat van de totaalreactievergelijking geeft aan dat in principe er netto geen zuurstof nodig is op het station. Er hoeft ook netto geen water meegenomen te worden voor de zuurstofproductie.

Water wordt via verschillende systemen gemaakt en de energie hiervoor nodig komt van de zonnecellen.