

## Een Zon op Aarde: Kernfusie

Een bijdrage van Ap Cloosterman



ITER complex [ITER bouwen](#) oktober 2021

### Voorwoord

De regisseurs, die vanuit de onlangs afgetreden Overheid betrokken zijn geweest bij de totstandkoming van het Klimaatakkoord (2019) hebben bijna allemaal, behalve de heer Ed Nijpels, het hazenpad gekozen. **Zij** zijn er verantwoordelijk voor, dat professionals en wetenschappers op het gebied van kernenergie op ondemocratische wijze bij de klimaattafels zijn geweerd.

Nu, drie jaar verder, zijn er honderden miljarden Euro's verkwanseld aan werkzaamheden door Rijks- en Gemeenteambtenaren, consultancy bureaus, voorlichtingen, het optuigen van 30 RES-organisaties, organiseren van bijeenkomsten voor burgers en het samenstellen van ongeldige MER-rapporten.

Het aantal protesterende burgers tegen het plaatsen van windturbines en het verplicht "van het gas afgaan" is enorm toegenomen, maar de Overheid dramt toch met geweld door.

Drie jaar lang is er voor gewaarschuwd, dat het never en nooit met windturbines en zonnepanelen zal lukken om aan de energievraag te voldoen en op die manier een halt toe te roepen aan het gebruik van fossiele brandstoffen en het tegengaan van het vernietigen van zuurstof producerende en klimaat regelende bossen.

Nu we te maken hebben met enorme tegenslagen en problemen, zoals COVID, hoge ziektecijfers, dreigende aardgastekorten, gevolgen van

aardbevingen, personeelstekorten in de zorg, onderwijs en de politie organisatie, de kinderopvangtoeslagaffaire, box-3 renteheffing, stijgende energieprijzen en een torenhoge inflatie moet Barbertje (lees: de burger) hangen.

Eindelijk gaat de Overheid door de knieën en staat zij de bouw van twee kerncentrales toe: veel te laat en veel te weinig!

Ik vrees dat er weinig van terecht zal komen met een klimaatminister, die vóór zijn aanstelling nog faliekant tegen kernenergie was.

Je zou toch verwachten, dat de Overheid zich nu tot het uiterste zal inspannen om de burger te informeren over kernenergie.

Niets van dit alles!

Hoewel het mijn taak niet is, probeer ik de burger met dit artikel toch enigszins wegwijs te maken.

## I. INLEIDING

Materie is opgebouwd uit moleculen en dit zijn verbindingen van atomen. Een molecuul is het kleinste deeltje van een stof waarvan de eigenschappen nog steeds identiek zijn aan de stof zelf.

Een molecuul is opgebouwd uit meerdere dezelfde atomen of uit meerdere verschillende atomen. Zo is bijvoorbeeld het watermolecuul ( $H_2O$ ) opgebouwd uit twee atomen Waterstof (H) en een atoom Zuurstof (O) en is het Koolzuurdioxide molecuul ( $CO_2$ ) opgebouwd uit een atoom Koolstof (C) en twee atomen Zuurstof (O).

Tot 1911 beschouwde men het atoom (afgeleid van het Griekse woord: atomos = ondeelbaar) als het kleinste deeltje.

Ernest Rutherford ontdekte in 1911 dat een atoom uit nog kleinere deeltjes bestond, namelijk uit een kern met daarin neutrale neutronen en positieve protonen met om deze kern negatieve elektronen.

In de kern zitten evenveel positieve protonen als negatieve elektronen rondom de kern en daarmee is het atoom stabiel.

Pas in de jaren '60 is de theorie ontwikkeld, dat protonen en neutronen uit nog kleinere deeltjes bestaan, namelijk quarks.

Voor ons artikel houden we het bij de kern van het atoom.

### **Kernsplitsing**

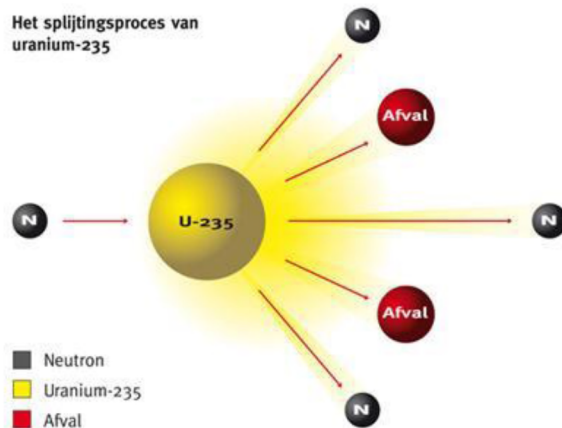
Er wordt onderscheid gemaakt tussen zware kernen en lichte kernen.

Een zware kern is opgebouwd uit zeer veel protonen en neutronen, bijvoorbeeld Uranium-235 bestaat uit 143 neutronen en 92 protonen.

De kern is hierdoor zeer instabiel en valt uiteen. Dit noemen we radioactief verval.

Bij het verval of de splitsing botst een neutron tegen de kern van een atoom Uranium waarbij o.a. 3 neutronen vrijkomen en deze neutronen botsen weer op drie andere uranium atomen waardoor opnieuw atomen

gesplitst worden, een zgn. kettingreactie.  
Zie afbeelding:



Bij dit proces komt enorm veel energie vrij. Vergelijk: Bij de splijting van 1 gram Uranium ontstaat evenveel energie als bij de verbranding van 3000 kg kolen of 2500 liter benzine.

Maar er komt ook gevaarlijke radioactieve straling vrij.

De afvalstoffen zijn ook zeer radioactief en moeten voor vele duizenden jaren veilig worden opgeslagen. Ondergrondse oude zoutmijnen zijn hiervoor o.a. geschikt.

## Kernfusie

Kernfusie is het samensmelten van de kernen van verschillende lichte atomen, waarbij een zwaardere atoomkern wordt gevormd. Wanneer atomen van lichte elementen zoals waterstof samensmelten, is de natuurkundige wet van behoud van massa niet van toepassing, omdat een deel van de interne bindingsenergie vrijkomt.

De energie die vrijkomt is te berekenen met de formule van Einstein:

**$E = mc^2$**  (massa en energie kunnen in elkaar worden omgezet).

$c$  = lichtsnelheid = 300.000 km/sec.  $c^2$  = 90.000.000.000 km/sec.

Er is dus maar heel weinig massa nodig om een enorme hoeveelheid energie op te wekken!

**Bij kernfusie van 1 gram Waterstof komt 10 miljoen maal zoveel energie vrij als bij de verbranding van 1 gram Waterstof.**

## II. KERNFUSIE IN DE ZON

De huidige samenstelling van de Zon bestaat uit:

74 % waterstof – 25% Helium en 1 % overige elementen.

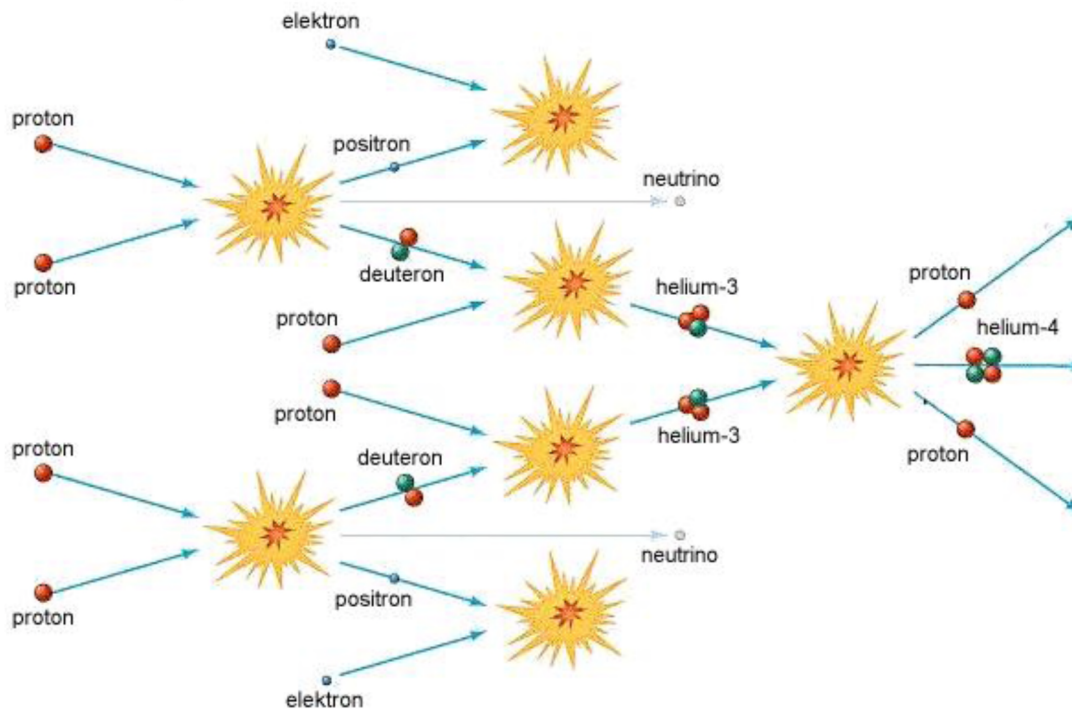
In de kern van de Zon wordt per seconde bij een temperatuur van 15 miljoen °K 600 miljoen ton Waterstof omgezet in 596 ton Helium.

Er gaat dus 4 ton aan massa verloren, dat in energie wordt omgezet:

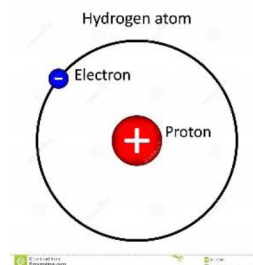
**$E = mc^2 \rightarrow 4000 \times 90.000.000.000$  Joules**

**Dit komt overeen met het verstoken van 80 miljard ton kolen per seconde.**

Het fusieproces van Waterstof naar Helium, dat in de kern van de Zon plaats vindt is verre van eenvoudig, zoals ook uit onderstaand reactie schema blijkt.



[De Zon | Volkssterrenwacht Urania](#)



Waterstof is als kern = proton aanwezig.

Deze fusiereactie vindt plaats bij een druk van **200 miljard bar**.  
Vergelijk: autoband: 2,5 bar en de uitlaat van een straalmotor: 52 bar.  
Eenzelfde proces bij een druk van 200 miljard bar is op Aarde niet uitvoerbaar. Kernfusie op Aarde zal dus volgens een ander proces moeten worden uitgevoerd.

Er ontstaan 2 soorten Helium: Helium-3 en Helium-4.  
Helium-4 is het gas dat in zeer kleine hoeveelheden op Aarde aanwezig is.  
Over Helium-3 komen we verderop in dit artikel terug.

### III. KERNFUSIE OP AARDE

O.a. in de Franse plaats Cadarache (zie afbeelding) wordt de eerste experimentele kernfusiecentrale gebouwd met de naam ITER (International Tokamak Experimental Reactor).

Het waren de presidenten Reagan en Gorbatsjov, die het initiatief hebben genomen. Een internationale samenwerking tussen de EU, India, China, Japan, Korea, Rusland, Canada en de VS realiseren nu de bouw van ITER.



Het kernfusieproces in ITER wijkt af van het fusieproces in de Zon en vindt plaats met Deuterium en Tritium.

Waterstof bevat een kern met één proton en heeft twee zusjes: Deuterium en Tritium; dit zijn de zogenaamde isotopen van Waterstof.

Deuterium ( $^2\text{H}$ ) heeft een kern met dus ook één proton, maar bovendien ook nog één neutron. Deuterium komt voor in zeewater en er is voldoende voorraad voor 40 miljard jaar.

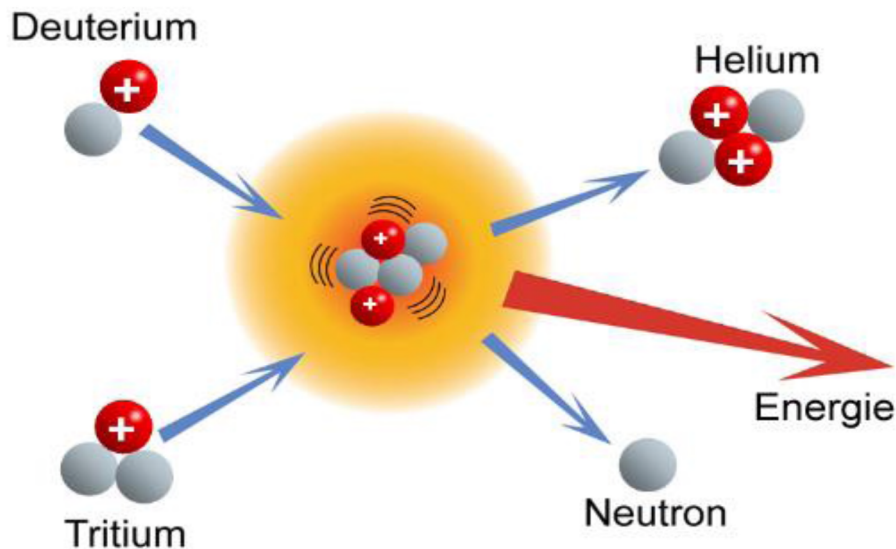
Tritium ( $^3\text{H}$ ) is de andere isotoop van Waterstof en bevat in de kern ook één proton met daarbij twee neutronen. Zie afbeelding.

Tritium is radioactief en is maar beperkt houdbaar en komt niet meer in de natuur voor en moet kunstmatig aangemaakt worden uit Lithium.

Lithium komt ook in zeewater voor en daarin zit een voorraad van 12 miljoen jaren om de hele wereld van energie te kunnen voorzien.

Een 1000 MW kolencentrale verbruikt 2,7 miljoen ton kolen per jaar.

Een 1000 MW fusiecentrale gebruikt 250 kg Deuterium/Tritium per jaar.



Behalve het onschadelijke Helium produceert de fusiecentrale geen afvalstoffen. Wel wordt de warmtewisselaar licht radioactief, maar bij vernieuwing van de warmtewisselaar is de radioactiviteit binnen 100 jaar verdwenen.

Doordat **in** de centrale uit het niet-radioactieve Lithium het radioactieve Tritium wordt geproduceerd is transport van radioactief materiaal over de weg gelukkig niet nodig.

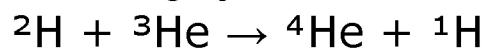
Het afvalproduct Helium is niet radioactief.

#### IV. KERNFUSIE MET HELIUM-3

Bij het kernfusieproces in de Zon wordt naast He-4 ook He-3 gevormd en vormt een bestanddeel van de zonnewind. He-3 is een stabiele isotoop van He-4 en is niet radioactief. Op Aarde is er slechts 200 kg He-3 te vinden. Als dit He-3 in aanraking komt met onze atmosferische gassen wordt het onmiddellijk omgezet in He-4.

Op de Maan heerst vacuüm en dat betekent dat het He-3 door instraling van de zonnewind onveranderd in de maanbodem ligt opgeslagen en wel in een hoeveelheid van 1 miljoen ton.

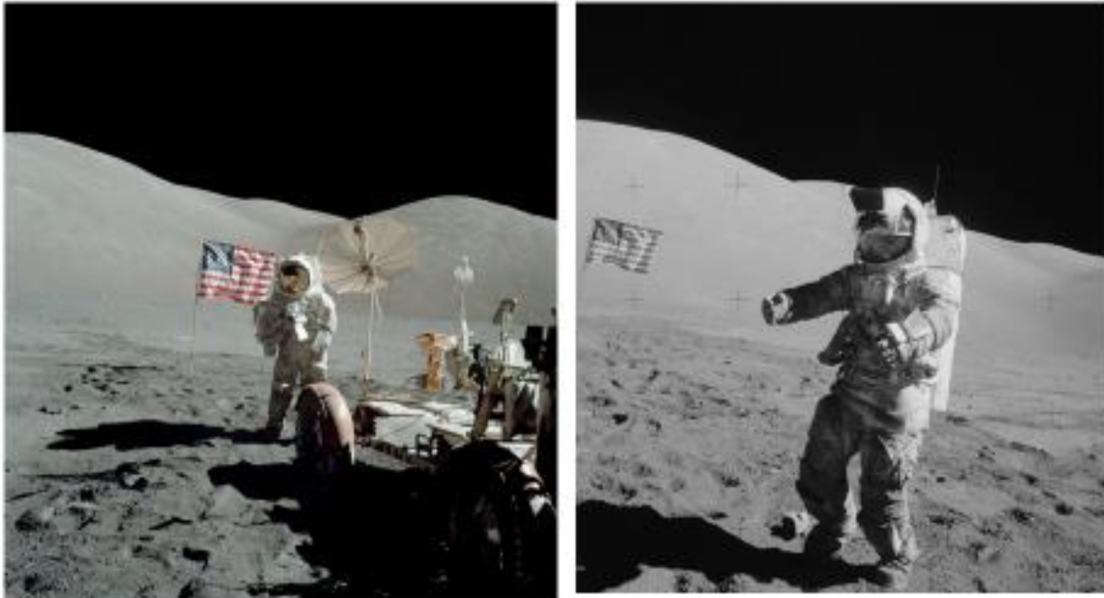
Het is mogelijk om He-3 te fuseren met Deuterium:



waarbij het onschadelijke Helium-4 ontstaat.

Astronaut prof.dr. Jack Schmitt heeft in 1972 met de Apollo 17 maangrond mee teruggebracht en men heeft kunnen vaststellen dat deze maangrond He-3 bevatte.

## Prof.dr. Jack Schmitt op de maan (Apollo 17 - december 1972)



108 kg maangrond mee terug gebracht

Verdere informatie over dit onderwerp kunt u vinden in het artikel, dat op 26 oktober 2018 op Climategate is gepubliceerd:

*"Een mogelijk nieuwe energiebron: kernfusie met Helium".*

[Een mogelijk nieuwe energiebron: kernfusie met Helium-3 - Climategate Klimaat](#)

### **V. Tot slot**

Ik denk, dat het wel 2050-2060 zal worden voordat een kernfusiecentrale operationeel zal zijn. Het zou dan een mooi alternatief zijn voor de windmolens die dan aan vervanging toe zijn.