

Ammonia, de Siamese tweeling van waterstof

Wat het is

Ammonia (NH_3 , een verbinding van stikstof en waterstof) is een gas dat heel goed oplost in water (meer dan 30% bij omgevingstemperatuur. Ter vergelijking: de oplosbaarheid van zuurstof is slechts 0,04 g/l, maar dat is genoeg voor de vissen.) Het kan verscheept worden in vloeibare vorm door het te koelen tot -33°C . De oplossing van ammonia heet ammoniak. Huishoud ammoniak bevat 5-10% ammonia.

Hoeveel

De huidige wereldproductie van ammonia is zo'n [180 miljoen ton per jaar](#) (tpy) maar productie *capaciteit* was al [230mln tpy in 2018](#), met een verwachte toename tot 280mln tpy in 2030. Een 78% bezettingsgraad van de huidige installaties maakt het mogelijk om meer toepassingen te vinden om ammonia te gebruiken, maar geeft weinig aansporing om nieuwe productie methoden te ontwikkelen. Toch zal dat moeten als we de klimaat doeleinden willen halen, zoals we verderop zullen zien. Als we ons even tot Nederland beperken: de 3 ammonia plants van Yara Sluiskil hebben een gezamenlijke capaciteit van 1,5mln tpy.

Waarvoor

80% van alle ammonia wordt verder verwerkt tot kunstmest; in Sluiskil bijna alles.

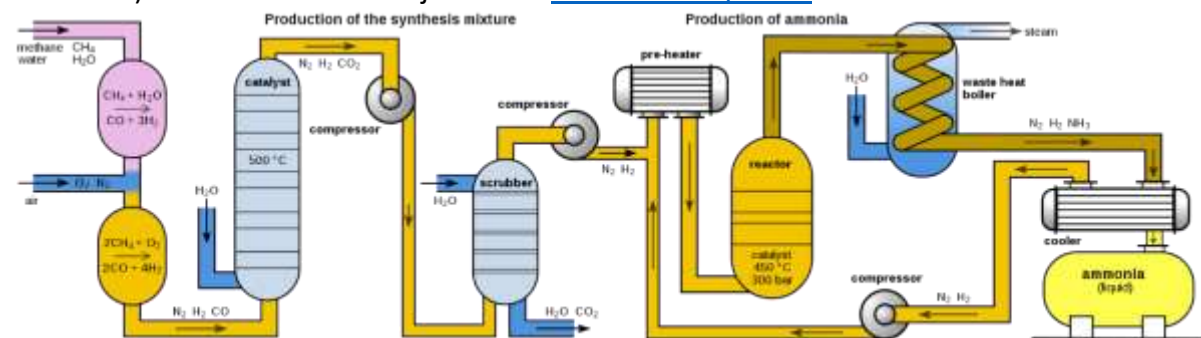
'Kunstmest' kan zijn in de vorm van ureum of in de vorm van nitraten.

Nog in ontwikkeling zijnde nieuwe toepassingen zijn brandstof, vooral als [vervanging van zware stookolie voor schepen](#) (hier werd in 2018 al gewag van gemaakt op de [site van NPT](#)), en een manier om 'groene' waterstof over grote afstanden te vervoeren.

How do they do it?

NH_3

Productie van ammonia vindt plaats onder hoge druk en temperatuur (150-250 atmosfeer en $400\text{-}550^\circ\text{C}$) in het meer dan 100 jaar oude [Haber-Bosch proces](#).



Het linker deel van de illustratie is de stoom reformer van aardgas, waarin waterstof wordt geproduceerd, gevolgd door een scrubber om de gevormde CO_2 te verwijderen. Het rechter deel is de HB-reactor en warmte terugwinning.

N_2

Om te beginnen heb je zuivere stikstof en zuivere waterstof nodig. (Niet verbazend).

Stikstof is geen probleem, lucht bestaat voor 78% uit stikstof. De zuurstof wordt weggebrand met cokes of aardgas onder vorming van CO_2 . Alleen al de winning van stikstof in Sluiskil is goed voor bijna een half miljoen ton CO_2 per jaar. Dit is alleen bedoeld als voorbeeld, *niet* als kritiek op Yara!

Het alternatief, [cryogene destillatie](#), is veel te duur. Groene waterstof om de zuurstof weg te branden is nog duurder en die groene waterstof is er (voorlopig) nog niet.

H₂

Waterstof is een ander verhaal: vrije waterstof bestaat niet op aarde. Het moet gemaakt worden. Voor de 1,5mln tpy ammonia in Sluiskil is 0,3mln tpy waterstof nodig, nu nog allemaal gemaakt m.b.v. "[Stoom methaan reforming](#)" (SMR). Met aardgas als grondstof komt 5,5 ton CO₂ vrij voor elke ton waterstof. Dat is dus, afgerond, 10mln ton CO₂ per jaar voor het maken van alleen de waterstof in Sluiskil. Daarom heet dit 'grijze' of soms 'bruine' waterstof. Er zijn andere manieren voor de productie van waterstof, zoals groene, blauwe en zelfs turquoise (blauwgroene) waterstof, die gepaard gaan met minder of geen uitstoot van CO₂, maar die zijn nog niet op industriële schaal toegepast en het product (de waterstof) is vele malen duurder dan de grijze variant. Hierover verderop meer.

De toekomst (zonder kristallen bol)

Ammonia is een groot product met een grote bijdrage aan de uitstoot van CO₂. Het is dus logisch dat er aan alle kanten gewerkt wordt om die uitstoot te beperken, vooral als nieuwe toepassingen hun intrede doen, zoals brandstof of als drager van waterstof om groene stroom te kunnen exporteren over grote afstanden. In "[A Roadmap to the Ammonia Economy](#)" wordt de toekomstige productie van ammonia verdeeld in 3 "generaties", met de huidige als 1^{ste} generatie.

De grootste winst in het beperken van de CO₂ uitstoot zit in de productie van waterstof. In de 2^{de} generatie ammonia blijft het HB proces gehandhaafd, maar met gebruik van "groene" of anders gekleurde waterstof.

2^{de} generatie ammonia (H-B, met een alternatieve bron van waterstof)

Voor alternatieve methoden om waterstof te produceren komen verschillende processen in aanmerking:

Groen

Gebruik 'groene stroom' (van zon en wind) om water te splitsen in waterstof en zuurstof door [elektrolyse](#). (Dit kan op [3 manieren](#).) Resultaat: waterstof zonder een grammetje CO₂. Alleen: die groene elektriciteit in voldoende hoeveelheden is er nog lang niet. Yara is van plan een [100MW elektrolyser](#) te bouwen, gevoed door offshore windenergie van Ørsted. Hiermee kan ongeveer 75.000 ton per jaar groene ammoniak worden geproduceerd. Dat is ongeveer 5% (!) van hun productie. Het project moet in 2024/2025 operationeel zijn, ervanuit gaande dat het door de overheid aangekondigde waterstof instrument en de juiste regelgeving eind 2021 gereed is.

Air Products en Saudi partners willen een [4 GW solar en wind park](#) bouwen in Arabië, waarmee ze 650 ton waterstof per dag hopen te produceren. Start up: 2025, kosten: \$5 miljard. Om de waterstof te kunnen exporteren wordt deze omgezet in 1,2 megaton ammonia per jaar. (Dit stemt niet overeen met geëxtrapoleerde getallen van Yara). De hele productie is minder dan die van Yara Sluiskil. Er zijn ook plannen om in de Australische woestijn op 6500 km² een zon-en-wind park te bouwen met een capaciteit van [3 GW](#).

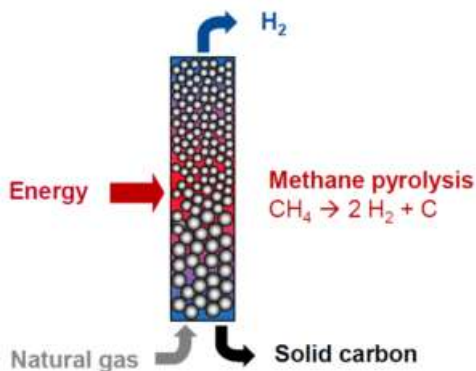
Blauw

Zolang 'groen' onvoldoende capaciteit heeft om de klimaat doeleinden te helpen behalen zal 'blauw' als tussenmaatregel uitkomst moeten bieden. Blauwe waterstof is grijze waterstof (d.w.z. met aardgas als grondstof), maar gevolgd door ondergrondse opslag van de gevormde CO₂. Dit is nogal controversieel, niet alleen vanwege de aversie tegen

ondergrondse opslag (denk aan Barendrecht), maar ook omdat de vrees bestaat dat investeren in 'blauw' de invoering van 'groen' zal vertragen. Laatste nieuws: H2Gateway wil een faciliteit ontwikkelen voor de centrale productie van ongeveer [0,2 megaton blauwe waterstof](#) per jaar.

Turquoise

Turquoise is eigenlijk blauw (want gebaseerd op aardgas) maar toch wel groener, want de koolstof komt vrij in een vorm die nuttig gebruikt kan worden.

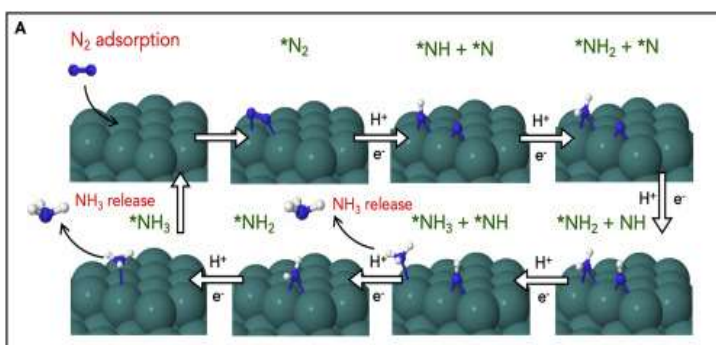


We spreken hier over de [pyrolyse van methaan](#). Gas wordt onder in een reactor gevoerd, die gevuld is met een vloeibaar metaal. Bij een temperatuur van 800-1000°C wordt methaan gekraakt met koolstof en waterstof als producten, die beide naar boven zweven/borrelen. Problemen zitten hem in de zuiverheid van beide producten en het vinden van een geschikte katalysator, die oplost in het gesmolten metaal en niet gedeactiveerd wordt door de koolstof. In een variatie, gepatenteerd door [TNO](#), drijft een laag gesmolten zout op het metaal, dat metaal resten van de koolstof deeltjes 'wast'.

De koolstof kan in de staalindustrie worden gebruikt; die gebruikt nu rond [0.6 ton](#) cokes per ton staal.

Intussen heeft het Amerikaanse Monolith Materials een methaan kraker ontwikkeld waar [geen gesmolten metaal](#) aan te pas komt. Grappig genoeg is waterstof voor hen een bijproduct; hun hoofdproduct is carbon black. (Voor elke 3 ton krijg je een ton waterstof cadeau.) Een fabriek voor de productie van 14000 ton carbon black per jaar is in de commissioning fase. Constructie op een naastgelegen site voor de productie van [180 000 tpy carbon black](#) wordt verwacht in 2021 te beginnen. Deze wordt geïntegreerd met een HB-ammonia faciliteit.

3^{de} generatie ammonia



De in 3^{de} generatie (elektro-reductie van stikstof) ligt nog ver in de toekomst. Hier wordt het HB proces vervangen door elektro reductie van stikstof.

De elektriciteit, die in Gen 2 nodig was voor de productie van waterstof, gaat nu rechtstreeks naar het eindproduct, met stikstof en water als grondstoffen.

Conclusie

Stikstof en waterstof zijn niet alleen chemisch met elkaar verbonden in ammonia, maar ook de toekomstige ontwikkelingen in de productie van ammonia en die van waterstof zijn onlosmakelijk met elkaar verbonden. Vandaar de titel.