

Een kort college over Stikstof

We zitten midden in een Stikstofcrisis, maar wat is Stikstof, wat doet het en wat kunnen we er mee? Een beetje achtergrondinformatie kan misschien geen kwaad.

Elementaire scheikunde voor beginners

Stikstof is het zevende element in het periodiek systeem, aangeduid met de "N" vanwege de Griekse naam Nitrogenium. Het heeft een atoommassa van 14 wat betekent dat het 14 keer zo zwaar is als het eerste en lichtste element Waterstof dat wordt aangeduid met de "H" van Hydrogenium. Stikstof volgt op het zesde element Koolstof, aangeduid met "C" van Carbonium en wordt opgevolgd door het achtste element Zuurstof, aangeduid met een "O" vanwege Oxygenium.

Dit minicollege gaat over de vele verbindingen tussen H, C, N en O. Zouden we hier ook nog de verbindingen met de elementen Zwavel "S" en Fosfor "P" aan toevoegen dan hebben we bijna het grootste deel van alle levende materie op aarde. S en P laten we hier even buiten beschouwing.

Vele verbindingen

Het element Stikstof komt niet vrij voor, maar onze atmosfeer bestaat voor 80 % uit stikstofgas dat bestaat uit moleculen met twee atomen "N₂". Het is niet schadelijk, maar zou het percentage hoger worden richting de honderd dan stikken we, vandaar de naam Stikstof. Verder moet je alleen voor stikstofgas oppassen bij het duiken, vanwege de zogenaamde caissonziekte.

Het element Stikstof kan verbindingen vormen met Koolstof "C", met het kleinste element Waterstof "H" en met Zuurstof "O". Met maximaal drie atomen waterstof kan Ammoniak (NH₃) gevormd worden en met maximaal drie atomen zuurstof Nitraat (salpeterzuur HNO₃).

De eenvoudigste verbinding met Koolstof is Cyanide (blauwzuur HCN) en dat is een uiterst giftig stofje waarmee je ratten kunt bestrijden.

Nitraat NO₃⁻ is goed in water oplosbaar maar komt niet voor in gasvorm. Je kunt het zonder al te veel problemen eten en drinken. In het sap van spinazie zit soms een halve gram per liter. Ammoniak NH₃ is wel een gas en goed te ruiken maar lost tot een bepaalde mate ook in water op en vormt dan met een molecuul water (H₂O) een molecuul ammoniumhydroxide NH₄(OH). Samen met het Chloride (Cl⁻) uit keukenzout krijg je Salmiak (NH₄Cl) en dat weer gemengd met droppoeder geeft zwartwit en dat vinden we soms heel lekker.

Planten kunnen meer dan dieren

In alle planten en dieren zit Stikstof gebonden in eiwitten. Het zit dan met twee atomen waterstof als een aminogroep (NH₂) gebonden met verschillende combinaties van koolstof en zuurstof. Eiwitten zijn gecompliceerde macromoleculen met twintig verschillende bouwstenen in wisselende volgorde. De volgorde van de verschillende bouwstenen wordt per soort door het DNA bepaald.

Planten kunnen zelf hun eiwit maken door Koolzuurgas (CO_2) te verbinden met Ammonium of via Nitraat uit de bodem, maar ze kunnen dat gek genoeg niet uit het ruimschoots in de lucht aanwezige Stikstofgas (N_2). Dieren kunnen zelf geen nieuw eiwit maken uit Ammonium of Nitraat maar vormen wel hun eigen eiwitten met de bouwstenen van afgebroken eiwitten uit het voedsel.

In het lichaam van dieren worden eiwitten voortdurend afgebroken en weer nieuw gemaakt. Het kleinste afbraakproduct, Ammoniak zou in het bloed schadelijk zijn en gelukkig ontstaat het onschuldige Ureum dat bestaat uit twee Aminegroepen en een CO-groep $(\text{NH}_2)_2\text{CO}$.

Bacteriën en schimmels zijn nog beter

De talrijke soorten bacteriën op aarde zijn met elkaar veel knapper dan planten en dieren en kunnen diverse omzettingen met stikstofverbindingen verrichten. Sommige soorten kunnen Ammonium (NH_4OH) oxideren tot nitraat (NO_3^-). Dat heet Nitrificatie en gebeurt in de toplaag van bijna elke bodem met voldoende zuurstof. Het verloopt echter wel eens onvolledig waardoor er een tussenvorm ontstaat met twee zuurstof atomen. Dit Nitriet (NO_2^-) is erg giftig voor dieren. Een andere groep bacteriën is in staat om nitraat om te zetten in Stikstofgas (N_2). Dit heet denitrificatie en gebeurt ook in grond maar dan als er geen zuurstof in zit, bijvoorbeeld in een slootbodem of in een weiland dat onder water staat. Ook dit verloopt niet altijd volledig waarbij een deel Nitriet (NO_2^-) als tussenproduct kan ontstaan of een ander tussenproduct met nog maar één zuurstof atoom, het lachgas (N_2O). Naar schatting wordt ongeveer 1 % van alle Stikstof in kunstmest omgezet tot lachgas. Lachgas is algemeen bekend van de patronen voor de slagroomsput en tegenwoordig ook vanwege de bedwelmende werking als party drug. Veel ernstiger is het effect op het klimaat. Lachgas is bijna 300 keer zo schadelijk als kooldioxide (CO_2). Gelukkig is de hoeveelheid niet zo groot omdat Nederlandse weilanden zelden onder water staan, maar bij een ander waterbeheer zou het veel meer kunnen worden. In buitenlucht zit duizend keer zo weinig lachgas als CO_2 en de bijdrage aan de klimaatopwarming is ongeveer 6%. Een ernstiger effect van lachgas is dat het net als de CFK gassen Ozon uit de atmosfeer wegneemt. Ozon beschermt ons tegen gevaarlijke straling en we moeten zuinig zijn op de Ozonlaag.

Stikstof armoede

Omdat bodembacteriën de stikstof uiteindelijk ofwel tot gassen N_2 of N_2O , ofwel tot nitraat (NO_3^-) omzetten en nitraat uiteindelijk uitspoelt naar het diepere grondwater, zal elke bodem die niet bemest wordt op den duur stikstofarm worden. Dat wordt nog versterkt als het gewas wordt geoogst en afgevoerd zonder dat er een bemesting tegenover staat. Dat gebeurde vroeger op zogenaamde blauwgraslanden of schraalgraslanden die te nat waren voor beweiding. Het gebeurde ook op de heidevelden als de schapen 's nachts in de potstal de mest achterlieten voor op de akkers. Het gebeurt ook nog steeds op hoger gelegen bergweiden in de Alpen. Dat de verschraling van de grond kan worden tegengegaan door bemesting is al

meer dan 10.000 jaar bekend, maar de natuur zelf heeft echter nog veel eerder wat andere kunstjes uitgevonden.

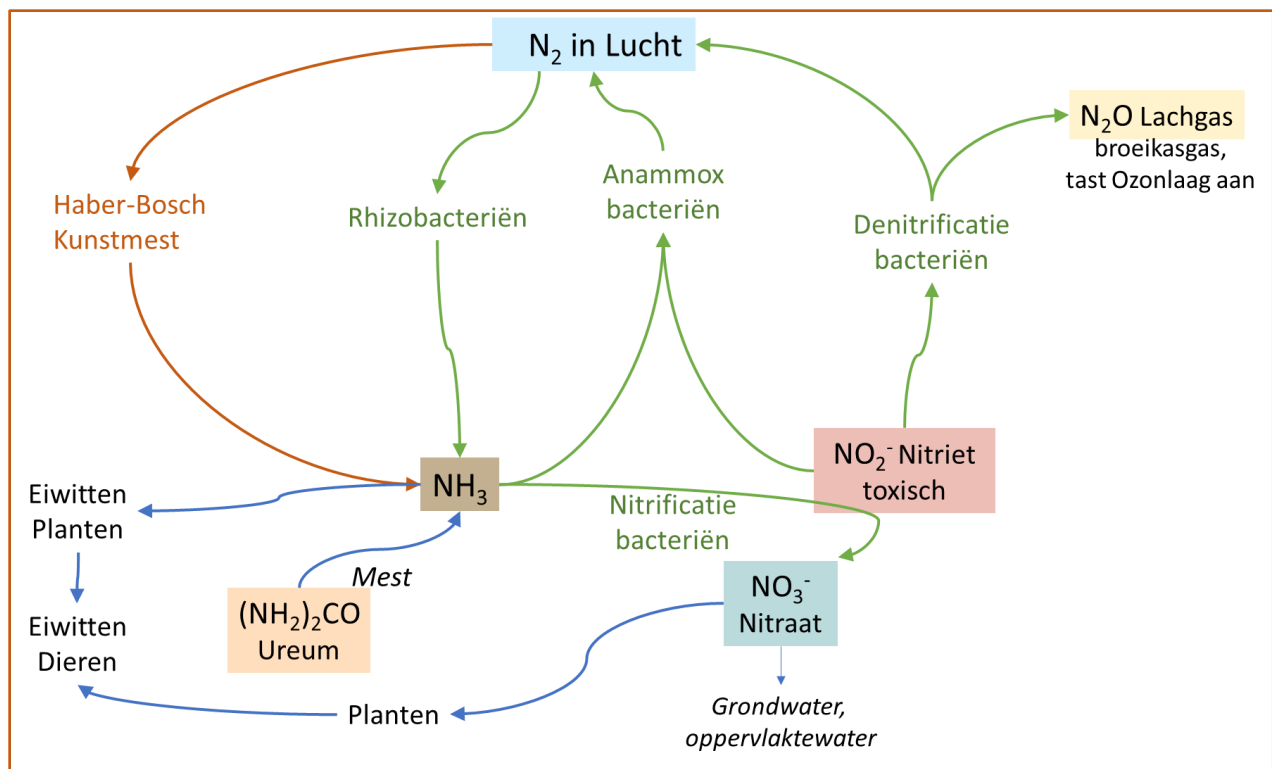
Ten eerste zijn er heel veel plantensoorten die dermate efficiënt met de stikstof om kunnen gaan dat ze met heel weinig kunnen volstaan. Dat zijn natuurlijk niet de snel groeiende soorten die wij graag als voedsel verbouwen, maar juist de langzame groeiers die omdat ze elkaar niet verdringen, een samengestelde flora van ongelofelijke biodiversiteit doen ontstaan. We moeten dan denken aan heidevelden die niet vergrassen of aan bloemrijke weiden met enkele honderden soorten bloemen en weinig gras, of oerbossen met vele tientallen soorten bomen door elkaar, veel dood hout en een rijke ondergroei. Over het algemeen kun je stellen dat de hoeveelheid stikstof in de bodem omgekeerd evenredig is met de soortenrijkdom. Er zijn zeldzame soorten die zelfs vrijwel helemaal geen stikstof verdragen zoals de wilde orchideeën. Naarmate de stikstofhoeveelheid in de bodem toeneemt zullen snelgroeiende en stikstofminnende plantensoorten gaan domineren. In het uiterste geval houden we alleen een vegetatie van braamstruiken en brandnetels over.

Een tweede uitvinding van moedertje natuur is de samenwerking tussen schimmels en bomen. Vrijwel alle boomsoorten hebben, als het goed is, rondom de haarwortels schimmeldraden. De schimmel verteert dode bladeren en takken en geeft de vrijkomende stikstof door aan de boomwortels in ruil voor een beetje suiker van de boom. We noemen dit Mycorrhiza (myco = schimmel en rhiza = wortel). In de herfst vormen die schimmeldraden vaak paddenstoelen, zoals de bekende vliegenzwam bij de berk, en de kastanjeboleet bij de beuk etc. Veel van deze mycorrhiza-vormende paddenstoelen zoals de Cantharel houden niet van een bodem met veel stikstof.

De derde uitvinding van moedertje natuur is nog vernuftiger. Een zeer speciale groep bacteriën is in staat om zich in plantenwortels te vestigen en daar een knobbeltje te vormen. In deze wortelknolletjes wordt stikstofgas (N_2) omgezet tot voor de plant opneembare ammoniak. Dat kost energie maar die wordt door de plant geleverd in de vorm van suikers. Vroeger dachten we dat alleen Klaver, Lupine en Els deze knolletjes met Rhizobacteriën konden maken, maar we weten intussen dat veel meer soorten dit kunnen. Men heeft kunnen meten dat een veld met ingezaaide klaver in een seizoen wel 400 – 500 kg stikstof vanuit de lucht naar de grond kan brengen.

Sinds 1910 kunnen ook mensen Stikstofgas (N_2) omzetten in Ammoniak (NH_3). Dat gebeurt via het zogenaamde Haber-Boschproces in kunstmestfabrieken. Die gebruiken zeer veel aardgas als energiebron en produceren veel CO_2 en leveren daardoor een grote bijdrage aan de klimaatopwarming.

Nog geen dertig jaar geleden is er in een Delfts laboratorium een groep bacteriën ontdekt die nog een heel ander kunstje kunnen. Deze Anammox bacteriën kunnen Ammoniak en Nitraat of Nitriet met elkaar laten reageren tot Stikstofgas. Gebleken is intussen dat deze tegenhangers van de stikstofbindende Rhizobacteriën overal in de natuur voorkomen waar weinig of geen zuurstof aanwezig is.



De stal

Ureum dat door dieren wordt uitgescheiden is reukloos en wateroplosbaar maar wordt zeer snel door vele soorten bacteriën in de mestput omgezet tot Ammoniak. Dat is boven elke mestput te ruiken. De geur van mest wordt echter ook bepaald door organische geurstoffen en eventueel door Zwavelwaterstof, bekend van de rotte eieren (H₂S). In een moderne gesloten varkensstal kan de stallucht door een biologische gaswasser worden geleid. Op het filterpakket groeien nitrificerende bacteriën zodat het spoelwater Nitraat bevat. Ook geurstoffen en Zwavelwaterstof worden redelijk goed omgezet. Hiermee wordt voorkomen dat een stal tot in de wijde omgeving is te ruiken. Omdat de stikstof in Ammoniak wordt omgezet tot Nitraat, verplaatst het zich van lucht naar water. Zonder gaswassing zou Ammoniak in regen oplossen en na enige kilometers de bodem bereiken. We noemen dit depositie. Dat is ongecontroleerd en gebeurt dus ook eventueel in aangrenzende natuurgebieden. Door de grote hoeveelheid vee in Nederland (12 miljoen varkens en circa 4 miljoen stuks rundvee) is de gemiddelde depositie in Nederland ook aanzienlijk. Alleen door het vee bedraagt dat tussen 5 en 15 kg N per hectare per jaar. Samen met alle andere bronnen van stikstof bedraagt de totale depositie tussen 20 en 25 kg/ha per jaar en dat is 2 tot 4 keer zo veel als in de rest van Europa.

[file:///C:/Users/Beheerder/Downloads/Stikstofproblematiek -
emissies en depositie van stikstof in Nederland - TNO.pdf](file:///C:/Users/Beheerder/Downloads/Stikstofproblematiek_-_emissies_en_depositie_van_stikstof_in_Nederland_-_TNO.pdf)

Maximaal Bemesten

Behalve dat stikstof via depositie op het land komt, wordt er natuurlijk ook mest over landbouwgrond uitgereden. Dat gebeurt ook met het Nitraat-houdende water uit de luchtwassers. Hiertoe bestaan per grondsoort richtlijnen voor de maximaal toelaatbare

hoeveelheid Stikstof. Deze bedraagt voor dierlijke mest uit stallen gemiddeld 170 kg N/ha per jaar. Dat is dus veel meer dan de gemiddelde depositie.

Snelgroeïende grassen, granen, mais, aardappelen, koolzaad en bieten leveren dankzij de intensieve bemesting met een paar honderd kg stikstof per hectare een opbrengst van 20 tot 40 ton per hectare. Een fors deel van de stikstof wordt in de eiwitten van het gewas vastgelegd en afgevoerd. Een deel verdwijnt echter doordat Nitraat uitspoelt naar het grondwater of afspoelt naar het oppervlaktewater. Tijdens het uitrijden van mest kan ook een deel als Ammoniak naar de aangrenzende percelen of natuurgebieden overwaaien.

In gebieden waar al jaren rijkelijk wordt bemest, komt er op den duur veel Nitraat in het grondwater. Dan kan oplopen tot een paar honderd milligram per liter. Vanaf 50 milligram per liter is dit water niet meer geschikt als drinkwater voor mens en dier. In het maagdarmsstelsel waar geen zuurstof aanwezig is (zoals bij rundvee en schapen) kan dan teveel nitriet ontstaan waardoor de dieren doodgaan.

De Nederlandse landbouwers zijn verplicht een mineralenboekhouding bij te houden. Dat is voor stikstof nog niet zo eenvoudig vanwege de verschillende verbindingen waarin het voorkomt en vanwege de verschillende compartimenten waarin het zit (mest in kelder en in opslag, gas, eiwit in melk, eiwit in vlees, eiwit in voedsel).

Uit de crisis

Willen we in ons kleine landje 4 miljoen stuks rundvee en 12 miljoen varkens houden, het oppervlaktewater schoon houden, het grondwater als drinkwater geschikt houden, het klimaat niet te veel opwarmen en tussen de rijkelijk bemeste akkers ook nog natuur met hoge biodiversiteit behouden, waarbij we eigenlijk minder dan 5 kg stikstof per hectare moeten nastreven, dan willen we iets dat bijna niet kan.

Maar niets is echt onmogelijk. De eenvoudigste oplossing is een verplaatsing van de intensieve veehouderij naar bijvoorbeeld Frankrijk, waar honderden dorpen leeg staan door gebrek aan jonge boeren en er een groot tekort aan stikstof voor de landbouw is. Een andere oplossing is dat we de mest in bio-vergassers gaan verwerken tot een droge korrel die geen ziektekiemen meer bevat, zodat we het droge residu kunnen exporteren.

Een lastiger en veel duurdere oplossing zou zijn om het rundvee voor een deel van de dag ook in gesloten stallen met gaswassers te houden. Een andere technisch moeilijker en kostbare oplossing is een aanpassing van stalvloeren zodat urine en mest gescheiden wordt opgevangen. De Stikstofhoudende urine kan dan met biologische en andere processen behandeld worden tot exporteerbare meststof of gecontroleerd worden omgezet tot Stikstofgas. Tenslotte zou een deel van de stikstof die via krachtvoer geïmporteerd wordt, kunnen worden vervangen door eiwithoudende gewassen gekweekt op eigen bodem op de eigen meststoffen. Zo zouden we bijvoorbeeld kroos kunnen kweken en dat aan het vee voeren. Aan elke oplossing zit een prijskaartje. Uiteindelijk zal de consument per ons vlees meer moeten gaan betalen en dat is niet zo erg als de consument tegelijk wat minder vlees gaat eten.

Vinden we dit allemaal te moeilijk of te kostbaar, dan zullen we moeten accepteren dat we in Nederland geen natuurgebieden met een stikstofarme grond kunnen behouden.

Hebben we een stikstofcrisis? Nee, alleen een keuzestress omdat we van alles te veel willen .