

GOEDBODEMBEHEER

# Stoffen in de bodem

Een kwalitatieve benadering



**Stikstof, koolstof, fosfor, kalium, magnesium,  
zwavel, zuurstof, zuur en basisch**

Jan Bokhorst

# Stoffen in de bodem

Beter omgaan met stoffen door ze te kennen

Jan Bokhorst

2017

[info@goedbodembeheer.nl](mailto:info@goedbodembeheer.nl)

[www.goedbodembeheer.nl](http://www.goedbodembeheer.nl)

[www.gaiabodem.nl](http://www.gaiabodem.nl)

# Inhoud

	Blz.
1. Inleiding	7
2. Stikstof	11
3. Koolstof	15
4. Wisselwerking stikstof en koolstof	17
5. Fosfor	41
6. Kalium	49
7. Magnesium	53
8. Zwavel	57
9. Zuurstof	61
10. Zuur en basisch	65

## Voorwoord

Wanneer je in de landbouw kippen, geiten, varkens of koeien verzorgd is het goed om het karakter van de dieren te kennen. Des te beter je de dieren kent des te beter kun je er mee omgaan.

Hetzelfde geldt ook voor stoffen die bij de plantengroei een rol spelen. Des te meer ik probeer het karakter van deze stoffen te leren kennen des te meer besef ik hoe belangrijk het is het inzicht te gebruiken bij de keuze van landbouwkundige maatregelen. Deze tekst is een poging om dit duidelijk te maken. Met dank aan Manfred von Mackensen die mij stimuleerde in deze richting verder te gaan.

Uw reactie is welkom.

# 1. Inleiding

Kunnen we beter omgaan met stoffen bij bodembeheer in de landbouw wanneer we ze beter kennen? Dat is de vraag waar in het volgende op wordt ingegaan. Hoe kunnen we te weten komen wat stoffen eigenlijk zijn. En hoe kunnen we dat vertalen naar landbouwkundige maatregelen. Vaak hoor je dat het zo belangrijk is aandacht voor de levende bodem te hebben en dat de stofgerichte benadering niet toereikend is. Deze gedachte leidt makkelijk tot verwaarlozing van aandacht voor stoffen. Stoffen zijn ook binnen het leven weer te herkennen. Ook in jezelf kun je ze tot leven brengen.

Er zijn weinigen die zich daar mee bezig hebben gehouden. Na de ontdekking van het belang van voedingsstoffen richtte alle aandacht zich op de wijze van toepassing met het doel zo veel mogelijk voedsel te produceren. De aandacht voor inzicht in het gebeuren verflauwde steeds meer. Het gebeuren is misschien te vergelijken met de geologie. Toen de winning van voor de mens nuttige mineralen centraal kwam te staan nam de aandacht voor inzicht in geologische processen af (Westbroek, 2013). Toch is er ook gezocht naar andere benaderingen rond stoffen. Twee namen vallen in dit kader extra op: Frits Julius en Manfred van Mackensen. Julius heeft een en ander beschreven in het boek “Grundlagen einer phänomenologischen Chemie” (Julius, 1965) en Mackensen in vele publicaties, vaak gericht op het onderwijs. Een samenvattende publicatie is “Prozesschemie aus spirituellem Ansatz” (Mackensen, 1994). Rudolf Steiner (1925) verdiept zich in de landbouwcursus ook in een aantal stoffen en komt zo tot aanbevelingen rond omgaan ermee in de landbouw.

In het volgende enkele ideeën rond de weg om inzicht in de rol van stoffen bij bodemkundige vraagstukken te krijgen.

De gebruikelijke wijze om ergens inzicht in te krijgen is eerst een hypothese te formuleren en deze vervolgens te toetsen. Als voorbeeld de werkwijze om de hoogte van de stikstofbemesting te bepalen. De vraag is hoeveel stikstof er met mest moet worden gegeven. Door nu op proefvelden verschillende hoeveelheden stikstofhoudende mest te geven en met behulp van voldoende herhalingen dit statistisch te verwerken wordt duidelijk welke hoeveelheid stikstof het beste is. Op deze wijze komen we tot wat de beste bemesting lijkt. Op zich lijkt hier niets mis mee. Het werkt toch? Je geeft zo niet teveel en niet te weinig mest. Wanneer we met een dergelijke werkwijze werken is er toch wel iets opmerkelijks aan de hand. We werken met stikstofmest, met gewassen en een specifieke bodem en van alle drie weten we eigenlijk nog niets wanneer we dit experiment uitvoeren. Het enige wat we weten is bij welke bemesting in deze specifieke situatie de plant het hardste groeit. We kunnen veel beter te werk gaan wanneer we wat meer wisten van waar we mee bezig zijn.

In de volgende hoofdstukken worden voorbeelden gegeven hoe een meer kwalitatieve benadering van een aantal elementen die in de landbouw van belang zijn tot een betere keuze van landbouwkundige maatregelen kan leiden. Hierbij wordt vooral aandacht aan stikstof en koolstof besteed. Andere elementen wordt kort, eigenlijk te kort, behandeld. Er is nog veel werk te doen.



*Twee standaardwerken rond het leren kennen van elementaire stoffen van Julius en Mackensen*





## 2. Stikstof

Het element stikstof is overal om ons heen en we ademen er iedere dag grote hoeveelheden van in. Toch valt stikstof in het geheel niet op. Dat geldt ook voor zuurstof, maar daarvan merk je snel dat je tekort komt wanneer de omgeving te weinig zuurstof bevat. Als kind kon je dat ervaren door via een stofzuigerslang adem te halen; dan werd je benauwd. In theorie kun je stikstof wel ervaren door lucht in te ademen met een hoger zuurstofpercentage dan de gebruikelijke 20%. Dan wordt zuurstof giftig en stikstof heeft dus de rol om een te sterke werking van zuurstof wat in te perken. In het dagelijks leven is stikstof evenwel de stof waar je eigenlijk het minste van merkt. Je zou kunnen zeggen dat stikstof zich in de lucht thuis voelt en niet zo nodig op de voorgrond hoeft te treden.

### **Stikstof binden**

Nu ga je stikstof binden aan waterstof. In een stikstofbindingsfabriek heb ik dat kunnen zien omdat in de wand van de cilinder waarin dat gebeurt een raampje zit en het proces zichtbaar wordt. Je ziet dan een roodgloeiend rooster en er boven een rood/gele vlam. Lucht die ontdaan is van zuurstof en bijna alleen uit stikstof bestaat wordt gebonden aan waterstofgas dat gemaakt wordt uit aardgas. Fijne ijzerdeeltjes en wat kali en aluminiumoxide dienen hierbij als katalysator. Het gebeurt onder hoge druk en bij ca 500 oC. Er is voor dit proces buitengewoon veel energie nodig. Voor 1 kg zuivere stikstof ca 135 liter ruwe olie. De ammoniak die zo ontstaat kan verder in het proces eenvoudig worden omgezet in nitraat.

Dit is de grondstof voor kunstmest, maar ook voor explosieven en wanneer deze explosieven tot ontploffing komen wordt duidelijk hoeveel energie er in deze stikstofhoudende stof is gestopt. Het is wonderlijk dat op een akker

met vlinderbloemigen dezelfde binding van stikstof aan waterstof plaatsvindt en alleen het gezoem van wat bijen te horen is. Ook hier is evenwel zeer veel energie nodig die daar geleverd wordt door het blad dat met zonlicht, water en koolzuur de energierijke suikers maakt. Wanneer de stikstofverbindingen in de bodem komen komt er dus veel energie in de bodem en bij explosieven zien we dat duidelijk, maar is dat bij stikstof in de bodem ook te zien? Voordat we op een antwoord op deze vraag ingaan is het van belang dat stikstof in gesteenten nauwelijks voorkomt. Stikstof tussen gesteentes bevindt zich in een voor stikstof vreemde wereld en het is te verwachten dat stikstof weer terug naar de lucht wil. Mackensen (1994) noemt stikstof een beweeglijk luchtelement dat zich niet makkelijk laat veranderen en wanneer het wel verandert is in nood via een explosie de weg naar de lucht kiest. Gebonden stikstof is als het ware een “bom” vol energie die zich bevindt in een wereld waar die zich niet thuisvoelt. Hoe ga je met zo’n situatie om? Dit is best een belangrijke vraag want het antwoord bepaalt wel de voeding van de mens op de wereld, het schoonhouden van het oppervlaktewater en het zuinig omgaan met fossiele energie. Iets wat barst van de energie voelt zich niet thuis in zijn omgeving en geeft problemen. Moeten we bij een psycholoog te rade gaan? Misschien wel, maar laten we eerst eens kijken hoe stikstof zich uit in de natuur.

## **Stikstof in de landbouw**

In het beheer van de bemesting is stikstof moeilijk te grijpen. Stikstof is een van de meststoffen die het sterkst de productie bepaalt, maar in de bodemanalyse was nooit een stikstofanalyse te vinden. Tegenwoordig wordt het stikstofleverend vermogen, het NLV, vaak wel aangegeven, maar dat wordt berekend uit het totaalstikstofgehalte en de stikstof die jaarlijks vrijkomt uit het totaalsikstof is slecht 1% van alle stikstof in de organische stof in de grond en deze inschatting van het stikstofleverend vermogen is zeer onbetrouwbaar. Stikstof, bomvol energie, gaat alle kanten op en is niet met een-

voudige regels te pakken te krijgen. Met simulatiemodellen gaat het wel wat beter, maar de ingewikkeldheid van de processen maakt een nauwkeurige modellering onmogelijk. Er gebeurt van alles met stikstof in de grond: bij weinig lucht gaat nitraat snel over in ammonium en ammonium kan in enkele dagen bij voldoende temperatuur weer overgaan in nitraat. De stikstof uit mest- en plantenresten verschijnt eerst als ammonium die zich kan binden aan klei en humus via adsorptie. Ammonium kan tussen kleiplaatjes kruipen en is dan gefixeerd. Nitraat spoelt heel snel uit bij regen want nitraat bindt zich vrijwel nergens aan. Is er luchtgebrek dan kan nitraat als stikstofgas of lachgas de lucht in gaan. Op zich is dit interessant. Wanneer er lucht in de grond zit kan stikstof zich wel enige tijd in de bodem handhaven, wanneer die ontbreekt krijgt stikstof het als het ware benauwd en zoekt zelf de lucht weer op. De veelheid aan vormen en processen past in het beeld van veel



*In Texas in de VS ontplofte in 2013 een stikstofbindingsbedrijf. De grote hoeveelheid energie die in gebonden stikstof zit werd zichtbaar.*

energie en niet thuisvoelen. Hoe krijg je nu orde in deze chaos en wordt die beheersbaar? Is koolstof hierbij een oplossing. In het volgende hier meer over.

### **Samenvattend: stikstof in de landbouw**

- Gaat alle kanten op. Gaat de lucht weer in bij luchtgebrek, spoelt uit bij neerslagoverschot
- Breekt de organische stof af
- Komt in de bodem in veel vormen voor
- Bij bodemanalyse niet goed te pakken
- Stikstof geeft explosieve groei, planten worden ziektegevoelig en verliezen smaak
- Stikstof geeft beweging. Veel bij mens, dier en bacterie en weinig bij plant en schimmel
- Ammoniakemissie is niet goed te meten
- Stikstof, vol energie, voelt zich in de bodem niet thuis

### 3. Koolstof

Koolstof zit in de lucht, vooral de lucht dicht bij het aardoppervlak, maar het grootste deel van de koolstof op aarde zit in de aardkorst in verschillende vormen als steenkool, olie, veen en dergelijke. Interessant is dat wanneer grote hoeveelheden plantenresten dieper in de aarde komen de verschillende stoffen in de plant zoals stikstof en zuurstof verdwijnen en alleen de koolstof is het die blijkbaar prima vindt om op 1000 meter of dieper in de aarde te blijven.

In de plant is koolstof overal aanwezig. Bijna alle stoffen in de plant bevatten koolstof. Die koolstof is afkomstig uit de lucht en bij de fotosynthese in de plant ontstaan eerst suikers. Een suiker is een wit poeder dat makkelijk in water oplost, is daarom goed transporteerbaar en speelt overal in de plant een belangrijke rol. Uit suikers kan cellulose worden gevormd. Celwanden bestaan voor een deel uit cellulose en geven hier stevigheid aan. Het koolstofgehalte van cellulose is hoger dan van suiker. Een volgende fase is de vorming van houtstof, lignine, dat nog weer meer koolstof bevat. Cellulose kennen we van papier en cellofaanzakjes. Het is lichtdoorlatend en flexibel. Houtstof zit in alle planten en geeft samen met cellulose stevigheid. Die stevigheid is wat te vergelijken met gewapend be-



*Steenkool*

ton. Cellulose bestaat uit vezels, te vergelijken met het ijzervlechtwerk gericht op trekkrachten en lignine is de vulstof, gericht op druk weerstaan. Wanneer plantenresten in de grond komen worden ze afgebroken. Suiker gaat heel snel, cellulose wat trager en lignine zeer traag.

## 4. Wisselwerking tussen stikstof en koolstof in de landbouw

Ik heb eens een veehouder horen zeggen dat landbouw eigenlijk de kunst is om met stikstof en koolstof om te gaan. Er komt natuurlijk nog wel wat meer bij kijken, maar het is interessant om eens naar deze visie te kijken. In het voorgaande zagen we dat stikstof vooral in de lucht zit en koolstof vooral diep in de aarde. In de bouwvoor komen ze samen en de wijze waarop is afhankelijk van hoe de teler te werk gaat. Koolstof heeft de neiging om in koolstofrijke verbindingen te verstarren. Stikstof heeft de neiging om uit de bodem te verdwijnen. Uitspoelen als nitraat of overgaan in stikstofgas. In eiwitachtige verbindingen neemt stikstof deel aan de bodemprocessen. Landbouw wordt hiermee als het ware kunst. Twee stoffen, stikstof en koolstof, die ieder hun eigen eenzijdigheid hebben en in hun eentje niet in staat zijn om iets moois, iets vruchtbaars te maken, worden in de landbouw met elkaar in contact gebracht en kunnen dan iets heel nieuws tot stand brengen. Ze kunnen een grond maken waar een plant op groeit die een hoge voedingskwaliteit heeft.

Niet altijd lukt dat. In het volgende voorbeelden van situaties waar het niet goed ging en wat ideeën hoe het beter had gekund en voorbeelden waar het wel lukt.

### Voorbeeld 1 Stikstof overheerst; drijfmest Leusden

De foto hiernaast onder is gemaakt op een maisakker in de jaren 80 van de vorige eeuw. In die tijd was er nog geen beperking aan de maximaal te geven hoeveelheid mest en dat was de reden dat op dit bedrijf bij Leusden op een wat hoger gelegen perceel veel drijfmest werd gegeven omdat de lage en natte gronden een deel van het jaar niet berijdbaar waren. Drijfmest bevat veel makkelijk beschikbare stikstof. In de grond heeft het bodemleven bij een grote drijfmestgift een overmaat aan stikstof tot zijn beschikking en kan daar zijn eiwitrijke lichaamssubstantie mee opbouwen, maar er zijn in verhouding te weinig koolstofrijke verbindingen als energiebron. Het gevolg is dat het bodemleven de makkelijk omzetbare koolstofrijke verbindingen in de organische stof van de bodem gaat aanspreken. Dat is nu net de organische stof die zanddeeltjes aan elkaar kit. Door de afbraak van deze organische stof komen de zanddeeltjes los te liggen en verspoelen bij regen. Als een witte zandlaag zien we ze aan de oppervlakte liggen. Dit proces trad op grote schaal op zandgronden, maar ook op zavelgronden op. De grote drijfmestgiftten zijn nu niet meer toegestaan, maar het proces treedt, zij het wat minder sterk, overal nog op waar een overmaat aan stikstofrijke verbindingen is. Ook kunstmeststikstof kan dit proces op gang brengen. Omdat de makkelijk verteerbare organische stof vaak stikstofrijk is kan het zijn dat er meer stikstof vrijkomt dan er met de mest gegeven is. Dit wordt ook wel “priming effect” genoemd (Kuzyakova, 2000).





*Een enkeerdgrond bij Leusden (Den Treek)*



*Een overmaat van stikstof uit drijfmest heeft ertoe geleid dat de makkelijk verteerbare organische stof als koolstofbron is gebruikt. Deze organische stof verzorgde de binding van de zanddeeltjes onderling. Nu die binding er niet meer is ligt het zand als losse deeltjes aan het oppervlak.*

## Wisselwerking stikstof en koolstof

### Voorbeeld 2. Stikstof overheerst, IJlelieperceel Beilen, Drenthe

Grote delen van het zandgebied van Nood-, Oost- en Zuid-Nederland bestonden vroeger uit natte heidevelden. Dopheide, Pijpenstrootje, Veenbies, Zonnedaauw en andere planten vormden hier de vegetatie. Na vertering van de plantenresten ontstond een stikstofarme en koolstofrijke organische stof in de grond. Na ingebruikname als landbouwgrond werd stikstofrijke organische stof aangevoerd in de vorm van onder meer stalmest en gewasresten. In de tweede helft van de 20e eeuw werd stikstofrijke en koolstofarme drijfmest in vaak grote hoeveelheden toegepast. Het bodemleven kreeg hierdoor een relatief koolstoftekort en de verteerbare koolstofhoudende organische stof in de grond werd afgebroken. Wat overbleef was de zeer koolstofrijke oude organische stof uit de heideperiode. Deze heeft ongunstige eigenschappen, onder meer een sterke zwel en krimp. Verder bindt deze humus zich niet met de zandkorrels. Bij veel regen spoelt deze naar lagere delen en ieder kan dan heel goed zien welke soort humus je in de grond niet teveel moet hebben.



#### ***Natte heide in Drenthe.***

*Hieruit ontstaat een koolstofrijke organische stof met minder goede eigenschappen.*



*Op dit lelieperceel is op de voorgrond wit zand zichtbaar dat de binding met de humus is verloren omdat de actieve kittende organische stof door eenzijdig gebruik van stikstofrijke drijfmest is verdwenen. In de verte in het lager liggende gedeelte een donkere vlek. Zie volgende afbeelding.*



*Foto van het laaggelegen gedeelte. Dit is zeer oude heidehumus met voor de landbouw minder gunstige smerende eigenschappen. Deze is zeer koolstofrijk en bestand tegen omzetting. De actieve humus die de zanddeeltje aan-een kitte is actief en minder stabiel en verdwenen.*

## Wisselwerking stikstof en koolstof

### Voorbeeld 3. Stikstof overheerst, preiteelt Kaatsheuvel

Niet de zover van de Efteling (De eersteling, de eerste ontginning) lag vroeger een groot gebied met natte heide. Wanneer de bodemvruchtbaarheid wordt verwaarloosd door gebruik van drijfmest en kustmeststikstof zien we ook hier de goede organische stof verdwijnen en wat overblijft is de oorspronkelijke heidehumus die zich niet aan zand bindt en naar de lage gedeelten tussen de aangeaarde rijen met prei er op spoelt.



*Preiteelt in Noord-Brabant bij Kaatsheuvel*



*Ook hier door toepassing van veel drijfmest een scheiding tussen witgebleekt zand en zwarte koolstofrijke zeer oude humus met ongunstige eigenschappen.*

## Wisselwerking stikstof en koolstof

### Voorbeeld 4. Stikstof overheerst; proefveld Mest als Kans, Lelystad

Stikstof voelt zich thuis op de kermis. Deze kalkrijke zavelgrond met als bodemgebruik groenteteelt zou je onder de bodems de kermis kunnen noemen. In het voorjaar worden ruggen opgebouwd (hier voor de teelt van pastinaak) en in de herfst wordt bij de oogst in veel teelten weer een intensieve groundbewerking toegepast. Op deze wijze komt er lucht in de grond en is er door de vele bewerkingen veel te doen en daar voelt stikstof zich thuis. In de bodem domineren stikstofrijke bacteriën boven koolstofrijke schimmels en dan krijgt koolstof het moeilijk. Op deze grond ligt het proefveld Mest als Kans waar mest en compostsoorten worden vergeleken en het proefveld laat zien hoe snel de koolstofrijke verbindingen weer uit de grond worden gewerkt en als koolzuur de lucht in gaan. Bij de veldjes waar ruim groencompost wordt ingewerkt in mei is in de herfst al niets meer terug te vinden van deze compost; zelfs geen takjes en ander grof materiaal. Stikstof is hier de baas en koolstof moet weg. Een wisselwerking tussen beide is door bodem, vele bewerkingen en gewassen die weinig organische stof leveren nauwelijks mogelijk.



*Op een kalkrijke zavelgrond met veel bodembewerkingen is het moeilijk om het organischestofgehalte te verhogen.*



## Wisselwerking stikstof en koolstof

### Voorbeeld 5. Koolstof overheerst, preiteelt Kaatsheuvel

*Op dit perceel wordt champignonmest gebruikt. Aan de bewaring wordt weinig aandacht besteed en de mest is te heet geworden. Stikstofrijke verbindingen zijn als gas de lucht ingegaan. Koolstofrijk stro overheerst.*



*Resten van champignonmest na enkele jaren. Ze verteren nauwelijks en blijven in de grond liggen zonder dat er een wisselwerking met de omliggende grond ontstaat. Het karakter van koolstof komt naar voren. Verstarring die lang kan duren.*





*Champost op een perceel waar preiteelt plaats zal vinden.*



*Te heet geworden champost in detail.*

**Voorbeeld 6. Koolstof overheerst; Tongeren, België,  
wintertarwe op löss**

Wat is hier aan de hand? Op dit tarweperceel bij Tongeren in België stond het vorige jaar korrelmais. De mais is geoogst en resten van stegels, blad en kolven zijn ondergeploegd. Dit overwegend koolstofrijk materiaal is in een compacte laag op ca 20 cm diepte terecht gekomen en verteert niet, maar conserveert. De beworteling van de ondergrond wordt erdoor belemmerd. De bodem heeft te weinig bodemleven en stikstofrijk materiaal om de processen op gang te brengen. Meer egaal en minder diep door de grond brengen en combineren met een bemesting van bijvoorbeeld wat drijfmest had kunnen voorkomen dat koolstof zo duidelijk zijn karakter kon tonen.

Op deze plek gaat het om twee dingen. Enerzijds is er het probleem dat er een overmaat aan koolstof aanwezig is en te weinig stikstof; anderzijds is er het probleem dat de grond humusarm en verdicht is en er geen zuurstof voldoende voorhanden is. Er kan geen ademing voldoende plaatsvinden. Ademing in de grond en een goede verhouding tussen koolstof en stikstof zijn twee belangrijke elementen bij een vruchtbare bodem.



21

*Ondergeploegde gewasresten*

## Wisselwerking stikstof en koolstof

### Voorbeeld 7. Koolstof en stikstof in blijvend grasland; Benschop, Utrecht.

In de biologische landbouw is grasland met een voldoende aandeel klaver essentieel. De klaver bindt stikstof uit de lucht. Deze stikstof komt ook beschikbaar voor het gras en zo kan een opbrengst van het gras/klaver mengsel van ca 15.000 kg droge stof per ha per jaar ontstaan. Door de wisselwerking tussen gras en klaver treedt ook een verbetering van de bodemkwaliteit op. De bodemstructuur verbetert en de beworteling van de bodem wordt intensiever. De stikstofrijke klaver hoort evenwel thuis in een omgeving waar veel gebeurt, bijvoorbeeld daar waar regelmatig geploegd wordt. Wanneer de bodem van een grasland niet regelmatig bewerkt wordt en gras/klaver opnieuw ingezaaid wordt verdwijnt de klaver. Het koolstofrijke gras gaat overheersen in deze “rustige” omgeving en verbetert de bodem verder, maar zonder de klaver als stikstofbron. De opbrengst is daarom niet zo hoog als in de klaverrijke fase en wordt op een gegeven moment te laag om een goed functionerend bedrijf in stand te houden.

De oplossing is niet gemakkelijk maar het gras met een wiedeg bewerken en klaver bijzaaien is een mogelijkheid (van Eekeren, 2012). De bewerking met de wiedeg betekent dat de “rust” wordt doorbroken en de zode enigszins bewerkt wordt. Verder moet de pH niet te laag zijn. Een wat hogere pH stimuleert de processen in de bodem en brengt beweging in de bodem. Verder is een goede kaliumvoorziening van belang. Wanneer dit allemaal niet lukt is grondig beweging in de bodem brengen de oplossing. Dit betekent ploegen en opnieuw inzaaien, maar dit betekent ook een achteruitgang van de bodemkwaliteit.





*Boven, In het eerste jaar na inzaai een goed groeiend gewas met gras en klaver; onder de oudere gras/klaver waar de klaver vrijwel geheel uit verdwenen is*



*Boven: de bodem onder de recent ingezaaide gras/klaver heeft een matige beworteling en matige bodemstructuur; onder: de bodem onder de oude wei heeft een goede structuur en een goede beworteling.*





## Wisselwerking stikstof en koolstof

### Voorbeeld 8. Stikstof en koolstof in evenwicht: synthese; Marle (bij Deventer)

Bij Marle langs de IJssel kan bij een proef waarbij klaver gras en gras/klaver werden vergeleken de invloed op de bodem van deze drie gewastypen worden bestudeerd (van Eekeren et. al., 2009, 2010).

Na twee jaar waren er duidelijke verschillen bij beworteling, bodemstructuur en bodemleven.

Op de foto's links is de onderkant van een plag van 20x20 cm op 20 cm diepte te zien.

Wanneer er een mengsel van gras en klaver wordt ingezaaid gebeurt er iets wat gras en klaver afzonderlijk niet kunnen. Er zijn veel wortels, er zijn wormen (nu in twee soorten links *lumbricus terrestris* en rechts *a. calliginosa*) en de opbrengst is hoger dan bij de gras of de klavervariant.

Dat wortels belangrijk zijn voor de bodemstructuur laat de variant met alleen gras zien. Hier veel wortels. Er zijn weinig regenwormen omdat vlinderbloemigen (en dierlijke mest) vooral regenwormen stimuleren.



*Op de voorgrond proefveld met gras en klavercombinaties bij Marle langs de IJssel.*



*Alleen klaver. De grond is sterk verdicht, maar er zijn wel regenwormen en wormgangen.*

*Wanneer er uitsluitend klaver wordt ingezaaid blijft de grond verdicht omdat klaver weinig wortels maakt. De pendelende worm, lumbricus terrestris, vindt zijn voedsel aan de oppervlakte en maakt verticale gangen in de verdichte grond.*



*Alleen gras. Veel wortels, een goede structuur en weinig regenwormen.*



*Klaver en gras. Wortels, goede bodemstructuur, regenwormen en de hoogste opbrengst.*

## Wisselwerking stikstof en koolstof

### Voorbeeld 9. Mest en regenwormen, stikstof en koolstof wel en niet in evenwicht.

Bij voorbeeld 1 zagen we dat drijfmest een ongunstige invloed op de bodem kan hebben. Geheel anders is dat wanneer er naast de stikstofrijke drijfmest veel koolstofrijk gras en graswortels aanwezig zijn. Regenwormen kunnen dan gestimuleerd worden. Minder dan bij vaste mest, maar meer dan bij compost waar wat drijfmest aan is toegevoegd en meer dan bij minerale bemesting.

#### Proefveld Bakel (grasland, zand) (van Eekeren e.a., 2010)

<u>Mestsoort</u>	<u>gram regenwormen per m<sup>2</sup></u>
NPK	125
Drijfmest	231
Stalmest	269





***Proefveld bij Bakel in Noord Brabant.***

*Gedurende 8 jaar zijn er op dit proefveld meststoffen vergeleken. Bij een bemesting met stikstofrijke drijfmest is er, bijvoorbeeld in de akkerbouw, niet veel voer voor regenwormen. In de weidebouw, bij een combinatie van koolstofrijk gras en stikstofrijke drijfmest, zoals hier, vinden regenwormen wel voer. Bij stalmest is er ook een evenwicht tussen stikstof uit met en koolstof uit stro en worden regenwormen nog sterker gestimuleerd.*

### Voorbeeld 10. Koolstof en stikstof in evenwicht

Dit is de bodem onder een hoogstamboomgaard bij Tiel. Hier zien we het resultaat van eeuwenlange synthese tussen stikstof en koolstof. Stikstof is afkomstig van klavers die in het gras groeiden en van mest die de koeien produceerden die in de boomgaard liepen. Koolstof is vooral afkomstig van het gras dat in de hoogstamboomgaard groeide. Het resultaat is een van de mooiste bodems ter wereld. De humushoudende laag is meer dan 60 cm dik. De oorspronkelijke gelaagdheid die onderin het profiel nog te zien is, is door het bodemleven verdwenen. De donkere verticale strepen en de stippen zijn de gangen van regenwormen. De wortels kunnen diep de grond in. Deze grond is eigenlijk het ideaal waar ieder bodembeheerder naar moet streven. Wat hij dan moet doen is hier ook te zien. Breng voldoende verteerbare koolstofrijke verbindingen in de grond (hier het gras) en breng voldoende stikstof in de grond (hier mest en klavers) en laat de natuur het werk doen (hier onder meer de regenwormen).

#### Tenslotte, wat hebben we bij de 10 voorbeelden gezien.

Er zijn gronden waar stikstof veel aandacht moet hebben. Op andere gronden geldt dit voor koolstof. Ook zijn er gronden die van nature of door langdurige landbouwcultuur een evenwicht, een doordringing, tussen beide laten zien. Bij deze laatste gaat het om onderhoud van het evenwicht.



*Met stikstof is niks mis. Stikstof is heel belangrijk voor de groei van planten. Met koolstof is ook niks mis. In de bodem is koolstof heel belangrijk voor structuur, bodemleven, vochthoudendheid enzovoort. Maar alleen kunnen ze het niet. Stikstof leidt tot afbraak van juist het belangrijkste, het verteerbare, deel van de organische stof. Koolstof verdicht de grond. Het stimuleert het leven niet. In de wisselwerking van koolstof en stikstof komt het beste van ieder naar voren en wordt de grond vruchtbaar. Een veehouder zei eens: landbouw is het leren omgaan met stikstof en koolstof.*

## Wisselwerking stikstof en koolstof

### 11. Landbouwkundige maatregelen gericht op een wisselwerking tussen stikstof en koolstof

Uit het voorgaande blijkt dat de wisselwerking tussen stikstof en koolstof van belang is bij een goed beheer van de bodem. Bij maatregelen om dit te bereiken hoeft niet direct gedacht te worden aan het aanvoeren van stikstof of koolstof in een bepaalde vorm. Bijna iedere maatregel rond de bodem heeft wel op enige manier invloed op de genoemde wisselwerking. Zo betekent een intensieve bodembewerking een omgeving waar koolstof niet thuishoort en verdwijnt, maar stikstof in een actieve vorm overgaat en bijvoorbeeld opgenomen kan worden door de plant. Het afwezig zijn van bodembewerking betekent ophoping van koolstof. Het is een omgeving die past bij koolstof. Stikstof voelt zich hier niet thuis en gaat de lucht of grondwater in.

Vanuit dit gezichtspunt zijn vele teeltmaatregelen te beoordelen:

- Vaste mest overal goed, maar wenselijke composteringsduur wisselt per bodemtype
- Drijfmest zo snel mogelijk in contact met koolstofrijke verteerbare materialen laten komen (niet vlinderbloemige groenbemesters, wel graan en gras)
- Kippenmest en geitenmest met houtachtige materialen mengen
- Vlinderbloemigen in mengsel met gras telen
- Voorzichtig met maaimeststoffen op arme grond
- Vruchtopvolging: evenwicht tussen koolstof- en stikstofrijke gewassen
- Bodembewerking is stikstof actief inzetten en koolstof verliezen
- Overal waar stikstof vrij komt in de landbouw deze direct in contact brengen met verteerbare koolstof

## 5. Fosfor

Fosfor is in de plant een belangrijk element. Tegenwoordig is de aanvoer van fosfor uit gesteenten een belangrijke fosforbron in de landbouw, maar die voorraden raken op en daarom moet alles zich richten op het in een kringloop houden van fosfor. Om te weten hoe je dan met fosfor om moet gaan moet je fosfor kennen. In het volgende een nadere kennismaking met fosfor en ideeën over beheer van fosfor vanuit inzicht in zijn aard.

### Fosfor in de natuur

Fosfor komt voor in gesteenten. Op het schiereiland Kola in het noorden van Rusland bij Moermansk wordt fosfor gewonnen uit stollingsgesteenten, maar elders op de wereld vindt de winning vooral plaats uit gesteenten die uit afzettingen in oceanen zijn ontstaan en later door tektonische bewegingen aan de oppervlakte zijn gekomen. Deze afzettingen ontstaan nu ook nog en het is interessant de omstandigheden na te gaan waaronder fosforrijke gesteenten daar ontstaan. Het is zo dat voor de westkust van Afrika en Zuid-Amerika koude voedselrijke en warme voedselarme zeestromen elkaar ontmoeten. Dit heeft een enorme opbloei van leven in de oceaan tot gevolg. Een belangrijk organisme hier is Kril. Het gewicht van deze Kril op de wereld is vergelijkbaar met dat van alle mensen op de wereld. De Kril is het voedsel van vele soorten organismen. Op de stranden van West Afrika en West Zuid-Amerika waar zoveel leven in de zee is spoelen veel organismen aan en deze zijn berucht vanwege de rottingslucht die daar hangt. Onder meer walvissen vinden in deze delen van de oceanen hun voedsel. In deze zee, zo rijk aan leven, zakt fosfor naar de bodem. Als fosforietknollen komt het op de bodem van de oceaan te liggen. Het zijn vooral calciumfosfaten die bezinken. Bij dit sedimentatieproces worden ook andere stoffen opgevangen, onder meer zware metalen zoals cadmium en lood. Deze gebieden worden daarom ook wel de vuilnisbak van de wereld genoemd. Wanneer door tektonische bewegingen dergelijke zeebodems aan de oppervlakte komen te liggen kan het fosfaat gewonnen worden. Op deze wijze komen ook de zware metalen mee. Alleen de fosfaaterts van het schiereiland Kola is relatief arm aan zware me-

## Nederland



Drenthe, heide

## Wereld



Noord Europa, Taiga



Doorn, gemengd bos



Oost Polen, gemengd bos



Leusden, elzenbos



Zuid Amerika, regenwoud

Aan het landschap is het gedrag van fosfor al af te lezen:

- boven: heide en taiga. Zuur en uitgeloozd. **Fosfor beweeglijk**
- midden: gemengd bos. **Fosfor in organische vorm en beschikbaar**
- onder: elzenbos en oerwoud: **Fosfor wordt vastgelegd aan mineralen**

talen van wege hun afwijkende herkomst.

In de oceanen bezinkt fosfaat dus op plaatsen waar heel veel leven aanwezig is.

In bodems wordt fosfaat sterk aan calcium, ijzer en aluminium vastgelegd. Op gronden die rijk zijn aan deze elementen treedt daarom snel fosfaatgebrek op. Calciumrijke gronden zijn jonge zeekleigronden. Deze kenmerken zich door een hoge bacterieactiviteit en snelle omzettingen van plantenresten en mest. ijzerrijke gronden zijn bijvoorbeeld grond in de beekdalen van het zandgebied. Het karakter van de bodemprocessen is ook zichtbaar in de natuurlijke vegetatie op de gronden. In de beekdalen groeit van nature het weelderige elzenbroekbos. In de tropen kennen we de ijzer- en aluminiumrijke gronden onder het weelderige oerwoud.

Onder gronden waar van nature heide of een bos met een zure werking op de bodem groeide wordt fosfor nauwelijks vastgelegd. Is dan makkelijk beschikbaar voor de plant, maar spoelt daar ook uit. De vegetatie van de heide en het bos met een zure invloed is weinig weelderig. Een nadere karakterisering van de kwaliteiten van bossen is te vinden in Bokhorst, 2013.

Bij de mens treffen we fosfor veel aan in de botten in de vorm van calciumfosfaat. In het zenuw-zintuiggebied is weinig fosfor aanwezig, maar is daar wel actief bij de processen betrokken.

De conclusie is dat overall waar veel activiteit is fosfor gebonden aan andere stoffen vastgelegd wordt en beperkt beschikbaar is voor levensprocessen.

Daar waar de levensprocessen minder uitbundig zijn kan fosfor actief zijn.

De conclusie zou kunnen zijn dat fosfor de neiging heeft om de zwaarte op te zoeken en zich te binden aan de materie. Mackenzen (1994) en Julius (1965) noemen dit bijvoorbeeld. Julius wijst er op dat wanneer elementaire fosfor verbrandt wordt het oxide even in de lucht blijft (bij rookbommen wordt fosfor verbrand) en dan op de aarde neerdwarrelt. Bij bijvoorbeeld zwavel of koolstof gebeurt dat niet. Naast deze zienswijze is toch ook een andere mogelijk. Op rijkere veen zijn 's nachts soms dwaallichten zichtbaar. Dat is een blauwachtig licht veroorzaakt door  $\text{PH}_3$  (Phosphine). Waterstof lukt het dus om juist fosfor uit het veen omhoog te brengen en fosfor verlicht daarna de omgeving omdat het spontaan verbrandt. Ook is het opvallend dat landschappen met veel licht, bijvoorbeeld heide en bossen die licht op de grond laten vallen (eik, berk en den) fosfor niet vastgelegd wordt aan andere stoffen en beweeglijk is en zijn eigen aard kan laten zien. Het Griekse woord phosphoros betekent ook lichtdrager. Je zou dus kunnen stellen dat fosfor niet de zwaarte opzoekt, maar in zware, donkere landschappen zoals





*Fosfaaterts: Calciumapatiet*

elzenbroekbos en tropisch regenwoud wordt overmeesterd door de zwaarte en zijn eigen karakter niet meer kan laten zien.

### **Fosfor en de plant**

Wanneer een plant fosforgebrek heeft wordt deze gedrongen, het blad kleurt donker, soms ook paars en bloei en vruchtzetting worden geremd. Mackensen (1994) ziet overeenkomsten tussen plant en andere verschijnselen. De stimulerende werking van cola hangt ook met het hoge fosforgehalte samen. Stimulering van ADHD bij kinderen en uitbundige algenbloei in oppervlakte water, beide door fosfor bevordert, ziet hij als verwant met de invloed op de plant van fosfor.

### **Beheer van fosfor in de landbouw**

Uit het voorgaande valt af te leiden dat bij te grote activiteit van fosfor zwaarte in de grond ingebracht moet worden en bij de weinig activiteit licht. Zwaarte breng je in de grond door bekalken. Is er teveel uitspoeling van fosfor dan helpt de verhoging van de pH-waarde door bekalken. Is er te weinig fosfor actief dan moet er licht in de grond gebracht worden zodat fosfor zich in zijn omgeving als het ware thuisvoelt. Hoe breng je licht in de grond? Dat is eenvoudig, dat gaat via de zon en dus via de koolstof die door de zon boven de grond in de plant wordt gebonden. Deze gebonden koolstof heeft een verzurende invloed op de bodem en dat is weer gunstig om fosforbinding aan kalk tegen te gaan. Op ijzerrijke en aluminiumrijke gronden van beekdalen helpt verzuring niet maar kan de koolstof er wel voor zorgen dat fosfor gebonden wordt in de organische stof. De afbraak van de organische stof maakt fosfor in het groeiseizoen weer beschikbaar.

Aanvoer van verteerbare koolstof is dus belangrijk. We komen dan evenwel in een complexe problematiek terecht. In tegenstelling tot bijvoorbeeld nitraat en kalium kan fosfor maar beperkt in beschikbare vorm in de bodem aanwezig zijn. Het wordt snel aan andere bodembestanddelen vastgelegd en in een bodem is maar ca 1 kg P2O5 per ha in beschikbare periode dat het voldoende warm en vochtig is voor een actief bodemleven, groeien er gewassen die de vrijgekomen fosfaat direct opnemen. De vrije fosfaat kan dus niet worden omgezet in slecht oplosbare minerale verbindingen, wat bij fosfaat een groot probleem is, en kan ook niet uitspoelen.



***Fosforgebrek bij mais.***

*Roodverkleuring van het blad in combinatie met gedrongen groei.*

vorm aanwezig terwijl de plant gemiddeld 45 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> per ha nodig heeft. De plant heeft evenwel meerdere mechanismen om fosfaat uit de bodem vrij te maken. Dat gaat dan door uitscheiding van koolstof (licht) bevattende stoffen of door samen werken met schimmels die met behulp van koolstof uit de plant fosfor vrijmaken. Dat gebeurt allemaal in de directe omgeving van de wortel en bodemstructuur en bewortelingsintensiteit worden bij de fosforopname dan cruciaal. Bodemstructuur en beworteling zijn moeilijk te meten en dit is natuurlijk een gruwel voor een landbouwsysteem dat een industriematige aanpak voorstelt. Dat bij potproeven met weer vochtig gemaakte droge fijngemalen grond er een zekere relatie is met gehalten van water oplosbare en in (ammoniumlactaatazijn) zuur oplosbare fosfor wil nog niet zeggen dat die relatie er ook is in een situatie met een meestal niet optimale structuur en wisselend bodemleven op de akker. Stimuleren van organisch fosfaat middels gewassen die veel oogstresten achterlaten en organische mest, verzorgen van de bodemstructuur en keuze van rassen met een intensieve beworteling moet centraal staan bij een goed fosforbeheer.

## **Fosfor op Zonnehoeve**

Het bedrijf Zonnehoeve bij Zeewolde in Zuidelijk Flevoland is in 1982 als biologisch-dynamisch bedrijf gestart. De bodem van Zonnehoeve bevatte in 1982 weinig voor de plant beschikbaar fosfaat. Er waren nog grondmonsters beschikbaar uit de beginfase van Zonnehoeve. Onderzoekers van het Louis Bolk Instituut hebben onlangs dezelfde percelen opnieuw bemonsterd. ook de oude grond hebben ze opnieuw geanalyseerd op het gehalte aan fosfaat dat aan organische stof gebonden is.

Tijdens een studiebijeenkomst van de BD-Vereniging op Zonnehoeve op 11 januari 2014, presenteerde bodemonderzoeker Petra Rietberg deze onderzoeksresultaten, die een bijzonder interessant inzicht geven in de situatie. De totale hoeveelheid fosfaat in de bovenste 25 cm van de akker steeg minimaal (van 1660 kg/ha in 1983 naar 1690 kg/ha in 2013), maar het deel van de fosfaat dat aan organische stof was gebonden steeg spectaculair: van 21,6% naar 31,3%, ofwel een stijging van 45%.

Wat is hier nu aan de hand? Nader onderzoek is wenselijk, maar voorlopig lijkt de beste verklaring dat het bodemleven de fosfaatprocessen in de bodem is gaan beheersen. De bodem bevat organische stof, waarin fosfaat aanwezig is. Dit komt vrij wanneer het bodemleven actief is. Juist in de peri-

Hier blijkt onder meer dat de gebruikelijke bodemanalyse geen goed beeld geeft van de fosfaathuishouding. Momenteel is de combinatie van drie analysemethodes populair: wateroplosbaar fosfaat (Pw), verdund zoutoplosbaar fosfaat (PCaCl<sub>2</sub>) en ammoniumlactatazijnzuur oplosbare fosfaat (P-Al) . Maar al deze analyses richten zich op mineraal fosfaat en niet op organisch fosfaat. Op een dode grond met een verdichte structuur of bij potproeven gaat deze methode beter op, maar niet bij duurzame gronden die vruchtbaar gehouden worden met organische mest, groenbemesters en een bodemverbeterende vruchtwisseling. Het is allang bekend, dat organisch fosfaat beschikbaar kan komen voor de plant. Hier wordt echter weinig aandacht aan besteed, omdat het op gronden die met kunstmest zijn bemest niet veel aanwezig is. Ook zijn de analyse en interpretatie ervan ingewikkeld.

Uit het bovenstaande kunnen we leren dat, om fosfor uit de verstarring te krijgen de grond rust moet hebben. Dat betekent gewassen telen die weinig grondbewerking nodig hebben en weinig onrust in de grond brengen. Dat zijn granen en grassen. Ook gewassen telen die voeding voor het bodemleven geven zoals opnieuw granen en grassen en verder vlinderbloemigen. Hierdoor kan fosfor overgaan in organische vorm. In de vruchtwisseling van Zonnehoeve domineren granen, grassen en vlinderbloemigen.

## 6. Kalium

Kalium heeft op verschillende wijzen invloed op de plant:

- De vorming van suiker en zetmeel wordt gestimuleerd
- Het transport van suikers wordt beïnvloed
- Minder last van droogte door betere vochtopname van de wortels en minder verdamping
- Minder gevoelig voor nachtvorst
- Betere weerstand tegen vooral schimmelziekten
- Steviger stro bij granen
- Betere smaak, kleur, geur en houdbaarheid
- Meer klaver in het gras

Gezien deze eigenschappen van kalium heeft kalium blijkbaar niet in de eerste plaats invloed op de opbrengst, maar meer op kwalitatieve eigenschappen. Meerdere van deze eigenschappen hebben ook met warmte, met afrijping te maken

### De stof kalium

Pure kalium is grijsachtig/zilver van kleur. In contact met water geeft het een heftige reactie. Een violet-rose vlam is zichtbaar en vaak gaat dit gepaard met een knal. De reactie is veel heftiger dan bijvoorbeeld de verwante stof natrium laat zien.

In kruit wordt kaliumsalpeter of kaliumchloraat gebruikt omdat dit veel heftiger reageert dan wanneer andere stoffen als natrium zouden worden toegepast.

Ook magnesium kan zeer fel reageren. Magnesiumlicht werd als flitslicht bij de fotografie gebruikt. Heeft de verwantschap van kalium met magnesium iets te maken met hun onderlinge wisselwerking in de bodem? Waar veel magnesium is, is de kans op kaliumgebrek groter en andersom

### Kalium in de bodem

De voor de plant beschikbare kalium<sup>46</sup> in de bodem is positief geladen en



*Kalium in een vlam*

kan zich daarom goed binden aan de negatief geladen humus- en kleideeltjes. Te verwachten zou zijn dat uitspoeling van kalium daarom geen probleem is in de landbouw. Op een grond met een hoog gehalte aan klei of organische stof spoelt kalium daarom ook niet veel uit in de winter. Op zandgronden met weinig organische stof kan de uitspoeling wel fors zijn. De grond in de winter bedekt houden is dan belangrijk. Met de bodemanalyse is kalium redelijk te volgen. Kalium is de enige voedingsstof waarvoor dit geldt. Bij alle andere voedingsstoffen komt bij de extractie voor de bodemanalyse maar een klein deel van de voedingsstof vrij van de hoeveelheid die het komende groeiseizoen werkelijk beschikbaar is. Het bodemleven verzorgt ook de beschikbaarheid van voedingsstoffen. Dit geldt heel sterk voor de belangrijke voedingsstoffen stikstof en fosfor. Voor kalium geldt het ook wel, maar veel minder dan bij de andere. Op jonge gronden met veel nog niet verweerde mineralen en op zandgronden waar regelmatig mest of compost op is gebruikt wordt de vrijmaking van kalium door het bodemleven tijdens het groeiseizoen belangrijker.





***Kaliumgebrek bij suikerbiet.***

*Bruine randen aan het blad duiden op kaliumgebrek bij veel ge-  
wassen*

## 7. Magnesium

Wanneer magnesiumpoeder in een vlam wordt gestrooid ontstaat er een buitengewoon fel licht. Het licht is zo fel dat het voor de ogen gevaarlijk kan zijn. Er ontstaat bij dit verbranden magnesiumoxide. Er is geen stof die zo wit is als magnesiumoxide. Wit betekent dat alle licht weer wordt weerkaatst. Nemen we geen poeder, maar een dun staafje magnesium en houden die in de vlam dan gaat het staafje branden. Wanneer we door die vlam de zon laten schijnen dan is de schaduw zwart. Dat betekent dat alle licht van de zon in de vlam wordt opgenomen en dat betekent weer dat het licht van de magnesiumvlam zeer dicht bij dat van zonlicht zit. Magnesium heeft dus iets met licht. Dat blijkt bijvoorbeeld ook als we magnesium vergelijken met calcium. Calcium geeft de bodem een goede structuur en daarmee stevigheid. In de oceanen zinkt calcium als kalk naar de bodem. De zwaartekracht doet dus iets met calcium. Magnesium is boven in de plant, in het groene blad van de plant, essentieel om het zonlicht op te nemen en om te zetten in koolhydraten. In de oceanen zien we ook dat algen dicht onder het wateroppervlak magnesium nodig hebben om het zonlicht te kunnen binden. Magnesium en calcium zijn in de natuur in zekere zin dus tegengesteld. Calcium geeft stevigheid, structuur, zwaarte; magnesium heeft iets met licht. Nu heb je een kleigrond met een hoog magnesiumgehalte. Onder natte omstandigheden begint de grond te zwellen en is niet meer te berijden. Doe je dat wel dan gaat de bodemstructuur nog meer achteruit. Magnesium werkt dus andersom dan calcium, dat wel, maar heeft dat iets met licht te maken?

De oplossing ligt mogelijk in het volgende: Zoals we bij de bespreking van de verschillende stoffen steeds zien is er een overeenkomst tussen verschijnselen rond stoffen in de dode natuur en in levende organismen. Door naar dode en levende natuur te kijken kunnen we een beeld opbouwen over de aard van een stof. Het gaat dan om de wisselwerking met andere stoffen. Nu heeft een stof ook een puur fysiek karakter. Magnesiumionen zijn klein en zijn sterk geladen (tweewaardig). Ze binden daarom veel water en drijven zo de kleideeltjes uiteen waardoor de grond nat en smerend wordt. Dit staat enigszins los van het gedrag van magnesium in de wisselwerkingen in de dode en levende natuur. Bij kalium speelt iets vergelijkbaars. Kalium heeft binnen de plant invloed op suiker-



*Ontbranden van magnesium*



*Magnesium heeft iets met licht. Wanneer er te weinig magnesium is wordt het blad tussen de nerven licht van kleur en kan er geen licht worden opgevangen en is er geen fotosynthese. Het gebrek is het duidelijkst bij het oudere blad. Hier bij tomaat.*

transport, smaak, ziektegevoeligheid en andere kwalitatieve eigenschappen. Dat zware zure kleigronden heel sterk kalium kunnen fixeren omdat de kaliumionen precies tussen de plaatvormige lutumdeeltjes passen hoeft niet direct iets te maken hebben met kalium in wisselwerking met dode stoffen of in levensprocessen in de plant.

Stoffen kunnen, puur door grootte of lading, specifieke eigenschappen hebben die meer of minder los staan van het beeld dat ontstaat wanneer we de stof in wisselwerking met de omgeving bekijken.

Aardappeltelers zijn vaak fanatieke magnesiumbemesters. Bladbemesting met bitterzout (magnesiummeststof) geeft een donkerder blad en een hogere opbrengst van de zetmeelrijke knol. Wanneer een aardappelteler dat doet geeft hij magnesium de kans zich met het licht te verbinden

*Mackensen (2012) over magnesium:*

*Magnesium wordt eigenlijk gedwongen om in de aarde, in de vaste materie te zitten, maar wil dat eigenlijk niet.*

Mackensen zegt dit omdat magnesium zich veel gemakkelijker dan andere metalen uit zouten laat winnen; in heet water oplosbaar is en vanwege het felle licht dat ontstaat bij gebruik van magnesium als flitslichtpoeder.

# Stoffen in dode en levende natuur

Magnesium is een interessant materiaal om stoffen in de dode en de levende natuur te volgen.

Magnesium als onderdeel van zouten in oplossing trekt heel veel water aan. Kleigronden kunnen een buitengewoon slechte bodemstructuur krijgen met grote krimpscheuren bij droogte wanneer er veel magnesium aan de klei geadsorbeerd is. Bitterzout, magnesiumsulfaat, wordt als laxeermiddel gebruikt. In beide gevallen hebben we te maken met de puur fysieke kant van magnesium.

Wanneer magnesium gaat reageren met andere stoffen krijgen we een heel andere kant van magnesium te zien. Je zou kunnen zeggen dat het werkelijke karakter dan pas tevoorschijn komt. De reactie met zuurstof geeft licht; magnesium als essentieel bestanddeel van bladgroen maakt dat licht de fotosynthese op gang kan brengen en laat een ander, meer wezenlijk aspect van magnesium zien.

Van Tellingen (2001) verwijst naar een beek waar water in stroomt. Een obstakel in een beek is de oorzaak van een bepaalde golf die ontstaat en blijvend lijkt te zijn. Het water in de beek heeft evenwel de vorm van de beek gemaakt en die bepaalt weer de vorm van het water. Beek en water zijn wederzijds afhankelijk. Dat geldt ook voor magnesium wanneer het een reactie aangaat met dode of levende natuur.

## 8. Zwavel

Zwavel kreeg in de landbouw nooit veel aandacht. Bemesten met zwavel had nooit effect. Dat is niet zo gebleven. Door afname van de uitstoot van zwavel uit brandstoffen werd bemesten met zwavel soms noodzakelijk.

Zwavel is wel degelijk een belangrijk bestanddeel van de plant.

Niet alleen als meststof voor planten valt zwavel op, maar ook in de bodem zelf. Bij verdichting van de grond kunnen er blauwe plekken ontstaan die naar zwavelverbindingen ruiken. Dat gebeurt daar waar eiwithoudende resten van dode planten of mest in de grond aanwezig zijn. Zwavel is een bestanddeel van eiwit en kan er onder anaerobe omstandigheden uit vrij komen en als gasvormige verbindingen vanwege de geur opvallen. Dat kwam vroeger maar weinig voor. Daar is verandering in gekomen. Achteruitgang van de bodemstructuur door intensievere bouwplannen, zwaardere machines en latere oogsttijdstippen van nieuwe rassen speelt hierbij een rol. Er speelt ook nog iets anders. 1998 is daarbij een cruciaal jaar. Het was het eerste jaar van een periode met regelmatig een regenrijke herfst. Sinds 1998 zijn de blauwe plekken en de geur van zwavelverbindingen steeds vaker te vinden. Mogelijk hangt het samen met de klimaatverandering.

### **Wat is zwavel?**

Zwavel kunnen we als stof direct ervaren. Bij vulkanen slaat het uit de lucht neer als zwavelbloem. Een heldergeel poeder. Dit is evenwel niet de enige vorm waarin pure zwavel voorkomt. Wanneer zwavel verhit wordt en gaat smelten en vervolgens in koud water wordt gegoten ontstaan een bruine kneedbare massa. Dit gaat gepaard met blazende en knorrende geluiden. Het wateroppervlak wordt bedekt met blauwe zwammen. De bruine donkere massa zwemt op en neer in het water: het zwavelbeest. In de gele zwavelbloem laat zwavel een lichte kant zien. Bij het zwavelbeest een donkere kant.

### **Zwavel in de landbouw**

In de bodem zijn ook de twee kanten van zwavel aanwezig. Bij luchtgebrek en bij aanwezigheid van eiwithoudende verbindingen wordt de



*Zwavelbloem, de lichte kant van zwavel*



*Het zwavelbeest, de donkere kant*

grond blauw en gaat stinken naar  $\text{H}_2\text{S}$  en naar mengsels van  $\text{H}_2\text{S}$  en andere verbindingen die in deze omstandigheden ontstaan. Bij voldoende lucht, eiwithoudende organische stof en voldoende bodemleven komt nitraat beschikbaar voor de plant in de vorm van sulfaat. Sulfaat is negatief geladen en bindt zich daarom nauwelijks aan humus en klei en spoelt snel uit bij veel regen. Hierin licht een overeenkomst met stikstof. Ook voor stikstof is eiwitrijke organische stof, lucht en bodemleven nodig en het nitraat dat gevormd wordt spoelt snel uit. Stikstof bevordert evenwel de groei en niet de afrijping. Zwavel bevordert ook de groei, maar juist vooral de afrijping. Hierin komt de lichtkant van zwavel tot uiting. Afrijping hoort bij kleur, geur, warmte, droogte.





*Stoffen in de bodem zijn vaak moeilijk direct te ervaren. Bij zwavel is dat anders. Wanneer er niet voldoende lucht in de grond komt en er eiwitrijke verbindingen aanwezig zijn ontstaat de rotte eierenlucht van zwavelverbindingen.*

## 9. Zuurstof

### Zuurstof in de bodem

Zuurstof in de bodem is misschien wel het meest verwaarloosde element bij het bodembeheer. De aandacht licht bij voldoende voedingsstoffen, vooral stikstof, fosfor, kalium en magnesium. Verder ligt de aandacht bij voldoende water en daar blijft het vaak bij.

Planten groeien evenwel alleen als de wortels voedingsstoffen op kunnen nemen en het bodemleven voedingsstoffen vrij kan maken. Voor deze laatste twee processen is zuurstof nodig.

Bij het beheer van de bodem moet eigenlijk altijd de vraag gesteld worden of de bodem wel genoeg zuurstof krijgt. Dat wordt te weinig gedaan, terwijl zuurstof nog gratis is ook. Door zuurstof kan de bodem ademen. Die ademhaling gebeurt alleen wanneer er koolstofhoudende stoffen aanwezig zijn. Het eindproduct van de ademhaling is koolzuur. De zuurstof moet de grond in kunnen; de koolzuur (die door de zwaarte de neiging heeft om in de grond te blijven) moet er weer uit kunnen. Goethe beschrijft de ademhaling van de mens op de volgende wijze, maar voor de bodem kan dit mogelijk ook gelden:

*Im Atemholen sind zweierlei Gnaden:  
Die Luft einziehen, sich ihrer entladen;  
jenes bedrängt, dieses erfrischt;  
so wunderbar ist das Leben gemischt.  
Du danke Gott, wenn er dich preßt,  
und dank ihm, wenn er dich wieder entläßt!*

Vertaald:

*In het ademen is er tweemaal genade  
De lucht inhalen, en haar laten gaan  
Het eerste benauwt, het laatste verfrist;  
Zo wonderbaar is het leven gemengd.  
Dank God, als hij je 'samendrukt',  
En dank hem, als hij je weer laat gaan*

### Het karakter van zuurstof

Mackensen (1994) beschrijft zuurstof op de volgende wijze: Zuurstof maakt



Wanneer de bovengrond dichtslaat kan er geen zuurstof in de grond komen  
(kalkloze klei bij Drempt in de Achterhoek)

de stoffen minder vast (bijvoorbeeld roestend ijzer). Bij reductie is zuurstof niet meer aan andere stoffen gebonden. De stoffen verstarren dan weer. Zuurstof zet stoffen in beweging. Bijvoorbeeld bij het verteren van blad in de grond gebeurt dit. Het gebeurt ook bij het aanblazen van het vuur door de smid. Door zuurstof worden materialen open voor verandering. Zuurstof ontsluit de elementen voor het spel op aarde. Zuurstof maakt de koolwaterstoffen voor het leven toegankelijk: aardolie is dood, van koolzuur kan een plant leven.

Op de mens heeft zuurstofgebrek de volgende invloed.

- tussen 20 en 12 % zuurstof maakt het gehalte niet zoveel uit bij inademen.
- onder 12% voelt men zich iets verdoofd
- bij 9% wordt je blauw en treedt heel geleidelijk bewusteloosheid op
- bij 3% treedt snelle verstikking op

Opmerkelijk is dat de bodem ook blauwkleuring op kan treden bij stikstofgebrek en dat bij mens en bodem eiwitten hierbij een rol spelen.

Julius(1965) zegt over zuurstof: zuurstof haalt stoffen uit hun isolering en brengt ze naar grote kringlopen.

Steiner, die Julius en Mackensen inspireerde, spreekt van zuurstof als draager van het leven, als de stof die koolstof uit de verstarring haalt.

Bij de beoordeling van bodems kan al snel duidelijk worden wat de rol van zuurstof, van de ademhaling van de bodem is. Soms is de grond verdicht en kan zuurstof de grond niet in komen en soms juist wel. Soms vindt zuurstof wel plantenresten in de grond om iets mee op te bouwen en soms niet. Soms zijn er wel plantenresten, maar kan zuurstof er niet bij komen.

Teveel zuurstof is ook niet goed. Bij intensieve bodembewerking, waarbij de grond heel luchtig wordt treedt afbraak van organische stof op. Vooral wanneer er al weinig organische stof is gaat het leven uit de grond. Teveel inademen is dan een doodsproces (Robert de Haan).



*Poriën in de grond zorgen er voor dat zuurstof in de grond kan komen. Zuurstof is onmisbaar voor de wortelprocessen en het vrijmaken van voedingsstoffen door het bodemleven. Zuurstof maakt de stoffen minder vast. Dat zien we boven de grond ook, bijvoorbeeld bij ijzer als dat roest.*

## 10. Zuur en basisch

Er zijn gronden met veel kalk en die zijn basisch. Bijna alle gronden in Nederland zijn kalkrijk afgezet. Veel zavel- en kleigronden zijn dat nu nog. Een deel van de kleigronden is al bij de afzetting onder moerassige omstandigheden ontkalkt. De dekzandgronden in Noord-, Oost- en Zuid-Nederland zijn lang geleden ook kalkrijk afgezet, maar al vele duizenden jaren kalkloos. Ook de lössgronden waren ooit kalkrijk.

Kalkrijke gronden zijn gunstig voor bacteriën die plantenresten snel afbreken. Kalk houdt de grond ook luchtig waardoor het bodemleven zuurstof krijgt om te ademen. Bij kalkrijke gronden is humusopbouw daarom vaak moeilijk.

In heel zure gronden leven geen bacteriën en andere bodemdieren en zijn het schimmels die domineren. Gebrek aan bodemleven en de vorming van zwarte zure smerende humus maakt de gronden dicht. Door de zure humus zijn ze smerend.

Gronden moeten niet te zuur en niet te basisch zijn. Planten en dieren hebben invloed op de zuurgraad. De reden is eigenlijk vrij eenvoudig. Planten ademen koolzuur in en worden daarmee zuur. Dieren ademen koolzuur uit en worden daarmee basisch. Wanneer er alleen maar planten groeien, gaat de bodem dood. Zoals bij heide en hoogveen. Het is de zon die dat, samen met de koolzuur uit de lucht, doet. De zon is evenwel ook de bron van leven, maar kan dat niet alleen. De mineraal- en kalkrijke grond moet in contact met de plantenresten komen en dan ontstaat een vruchtbare grond. In stal mest zitten resten van zowel planten als van dieren en stal mest heeft daarom een vrij neutrale invloed op de bodem.

Is de bodem erg zuur dan is aanvoeren van kalk noodzakelijk. Is de bodem erg basisch dan kan eigenlijk alleen met plantenresten of plantencompost de grond zuurder worden gemaakt. Een chemische weg, aluminiumfosfaat of zwavel, is er ook wel, maar duur en vaak niet nodig. Vaak hebben kalkrijke gronden hoge pH-waarden, iets of ver boven de 7. Dat is niet gunstig. Een pH (pH-KCl) van 6,8 is op een kalkrijke grond de ideale waarde. Dat kan alleen bij een wat hoger organische stofgehalte; wat boven de 3%.

Verstandig omgaan met de bodem pH is een belangrijk hulpmiddel om een goede bodemkwaliteit te krijgen





*Kalk is afkomstig van dierlijke resten*

# Literatuur

- Bockemühl, J., 1982. Levensprocessen in de natuur. Vrij Geestesleven, Zeist.
- Bockemühl, J., 1984. Het stervende bos. Louis Bolk Instituut.
- Bockemühl, J., 1992. Elementen en ethersoorten. Louis Bolk Instituut.
- Dam, J. van, 1999. Het zesvoudige pad. Vrij Geestesleven, Zeist.
- Eekeren, N.J.M. van, 2012. Zorgen om klaver. Ekoland 3 p 14,15.
- Eekeren, N.J.M. van, J.G. Bokhorst, L. Brussaard., 2010. Roots and earthworms under grass, clover and a grass-clover mixture. p. 27-30. In 19th World Congress of Soil Science, Soil Solutions for a Changing World. Brisbane, Australia. 1 - 6 August 2010
- Eekeren, N. van, Liere, D. van, Vries, F. de, Rutgers, M., Goede, R. de, Brussaard, L., 2009. A mixture of grass and clover combines the positive effects of both plant species on selected soil biota. Applied Soil Ecology 42, 3, p. 254-263.
- Julius, F.H., 1965. Grundlagen einer phänomenologischen chemie. Verlag freies Geistesleben, Stuttgart.
- Y. Kuzyakova, J.K. Friedelb, K. Stahra, 2000. Review of mechanisms and quantification of priming effects. Soil Biology & Biochemistry 32, 1485-1498
- Mackensen, M. von. 1994. Prozesschemie aus spirituellem Ansatz. Pädagogischen Forschungsstelle Abt. Kassel. Bildungswerk Beruf und Umwelt Kassel.
- Marti, T., 1997. Mensch und Landschaft eines alpinen Hochtales, Bern/Stuttgart.
- Matthijssen, M.C., 2007. [www.Paidos-boeken.nl](http://www.Paidos-boeken.nl)
- Poppelbaum, H. Tier-Wesenskunde, Dornach, 1954; A New Zoology, Dornach 1954
- Romunde, D. van, 2000. Over vormende krachten in de plantenwereld. Louis Bolk Instituut Driebergen.
- Schad, 1971. Säugetiere und Mensch, Stuttgart.
- Steiner, R. 1917. Von Seelenrätseln (GA 21), Dornach 1983
- Steiner, R. 1925. Geisteswissenschaftliche Grundlagen zum Gedeihen der Landwirtschaft (GA 327), Dornach, 1999.
- Steiner, R. 1917. Mijn levensweg (GA 28). Vrij Geestesleven, Zeist, 1993.
- Suchantke, A. 1994. Metamorphosen im Insektenreich, Stuttgart.
- Suchantke, A., 2002. Metamorphose – Kunstgriff der Evolution. Freies Geistesleben, Stuttgart.
- Tellingen, C. van, 2001. Biochemistry from a phenomenological point of view. Louis Bolk instituut, Driebergen.
- Thienemann, A. (1956). Leben und Umwelt - Vom Gesamthaushalt der Natur. Hamburg: Rohwolt Taschenbuch Verlag.
- Timmermans, B., W. Sukkel en J.G. Bokhorst, 2012. Telen bij lage fosfaatniveau's in de biologische landbouw, achtergronden en literatuurstudie. Louis Bolk Instituut Driebergen publicatienummer 2012-29 lbp.
- Vahle, 1998. Auf der Suche nach der Leitidee der nordwestdeutschen Kulturlandschaft, in: A. Suchantke (Hrsg): Goetheanistische Naturwissenschaft, Bd. 5: Ökologie, Stuttgart.





