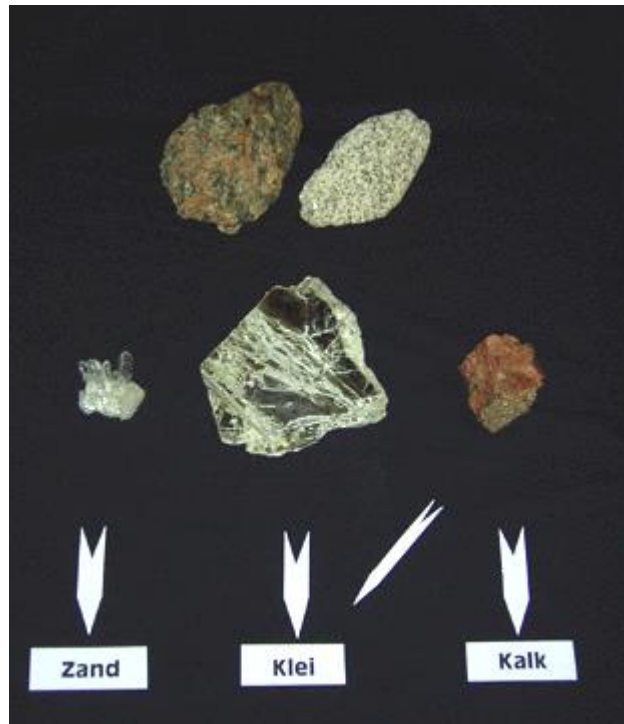


# Graniet wordt Kalk, klei & zand

Het ontstaan van de bodem en  
de rol van klei, zand en kalk



Ruud Hendriks

# Het ontstaan van de bodem: graniet wordt klei, zand en kalk

Het minerale deel van de bodem bestaat uit de componenten klei, zand en kalk. Deze zijn ontstaan uit graniet. Naast het minerale deel is er het organische deel met humus, verse organische stof zoals wortelresten en het bodemleven. In het navolgende wordt de herkomst van het minerale deel van de bodem verder uitgewerkt.

## 1. De herkomst van klei, zand en kalk

Een groot deel van de Nederlandse bodem is aangevoerd door water en wind. Het fundament is een pakket zeezand van 200 tot 400 meter dik. Daarop hebben rivieren uit het oosten en zuiden een laag van 100 tot 200 meter rivierzand afgezet. In de eerste van de twee ijstijden die ons landschap hebben gevormd, is dit rivierzand door gletsjers opgestuwd, waardoor we nu bijvoorbeeld de Holterberg en de Veluwe hebben. Een tweede, wat mildere ijstijd, ging gepaard met veel noordwestenwind waardoor vanuit het Noordzeebekken zand over ons land werd verspreid. Vooral de zandgebieden in het oosten zijn daardoor met een paar meter licht golvend zand verhoogd.

Het zandpakket waarop Nederland is gevormd is van oorsprong dus meegekomen met grote 'oerrivieren' uit Zuid- en Oost-Europa. Dit is langer dan 10.000 jaar geleden.

De klei in Nederland is 'recent' afgezet door rivieren en de zee. De klei is in bodemkundige leeftijd gesproken nog relatief jong. De oudste klei is ongeveer 10.000 jaar geleden afgezet.

De oorsprong van klei, zand en kalk zijn te vinden in *graniet*. Dit harde gesteente lijkt onverwoestbaar, je kunt er per slot van rekening granito aanrechtbladen van maken, maar als weer, wind en water maar lang genoeg de tijd krijgen, valt het toch wel uiteen. Mechanische en chemische verwerking doen langzaam maar zeker hun werk.

### Graniet

Als graniet door verwerking uit elkaar valt ontstaan de grondstoffen voor klei en kalk. Hoe meer aluminium en calcium het moedermateriaal bevat, hoe makkelijker het afbreekt. Zand blijft uiteindelijk over als een soort onverwoestbare reststof. Een stuk graniet is een gespikkelde steen met afwisseling van zwarte, roze en witte materialen. Graniet is een "zuur" gesteente met een lichte kleur. Zuur wil in dit geval zeggen dat er vrij veel kiezelzuur in de vorm van kwarts in zit. Deze vorm van zuur heeft dus niets met de pH te maken. Het kwarts zorgt voor de lichte kleur.

*Graniet* komt in de aarde voor als grote ondergrondse rotspartijen, waarvan de toppen als bergen of heuvels boven het aardoppervlak uit kunnen komen. Graniet ontstaat uit ondergrondse, langzame afkoeling van magma in tijden van vulkanisch activiteit. Doordat de afkoeling en stolling ondergronds langzaam gaat ontstaan goed zichtbare kristalstructuurtjes die samen hangen als grote stukken steen of rots.

*Basalt*, ook afkomstig van vulkanische activiteit, is een veel voorkomend basisch gesteente met veel plagioklaas (zie voor de samenstelling bij de uitleg onder

veldspaat, verderop op deze pagina). Het bevat weinig kiezelzuur (kwarts), dus is het donker van kleur. Het ontstaat in dezelfde tijd als graniet, maar dan aan het aardoppervlak. De afkoeling gaat dan sneller, waardoor ook de typische zeshoekige basaltzuilen kunnen ontstaan. In basalt heeft door de snelle afkoeling weinig zichtbare kristallisatie plaats gevonden. De componenten zijn veel fijner verdeeld dan in graniet, waardoor het een egaal zwartig gesteente is. Door de intensievere menging van de mineralen breekt het moeilijker af dan graniet, ook al zit er flink wat makkelijk oplosbaar calcium in.

### **Bouwstenen van graniet**

Zie ook de foto op het voorblad.

\* **Veldspaat** komt voor als witachtige of roodachtige korrels met een vettige glans. In graniet is dit het meest zachte en makkelijk verwerende en oplossende mineraal. Calcium is een belangrijk element van sommige soorten veldspaat zoals bijvoorbeeld plagioklaas, een mengsel van  $\text{NaAlSi}_3\text{O}_8$  (natriumveldspaat) en  $\text{CaAl}_2\text{Si}_2\text{O}_8$  (kalkveldspaat of zonnesteen). De calcium is na afbraak bijvoorbeeld terug te vinden in de skeletjes van waterdieren die het uit het water filteren. Via deze route, via het leven, is veldspaat de bron van de **kalk** in onze bodem. Calcium draagt ook bij aan het proces van kleivorming (wordt daar verder besproken). Een andere bekende veldspaat is  $\text{KAlSi}_3\text{O}_8$  (kaliveldspaat of orthoklaas). Veldspaten met daarin K, Na, Ca en Al zijn te vinden in lichter gekleurde minerale gesteenten.

\* **Hoornblende en glimmers** zijn de respectievelijk zwartdonkere korrels en de spiegelende korrels in graniet. Hoornblende en glimmers lossen in de loop der jaren langzaam op. Waar kalk oplost tot op het niveau van de individuele elementen, lossen hoornblende en glimmers colloïdaal op. Dat betekent dat de deeltjes zich gedragen als opgelost zout, dus ook in stilstaand water blijven zweven, maar in hun structuur nog wel het moedergesteente herkenbaar houden. Als het waren een beetje tussen vast en vloeibaar in. De opgeloste delen kunnen opnieuw uitkristalliseren in de vorm van **kleideeltjes**. Klei is dus een nieuw ontstaan materiaal met een gelaagde, kristalachtige structuur die nog uit het moedergesteente komt. Als kleilagen worden bedekt en onder druk komen te staan kan het veranderen in leisteen. Ook daarin is nog steeds die oorspronkelijke gelaagdheid van bijvoorbeeld glimmer (mica) te herkennen.

*Hoornblende* is chemisch geschreven:  $\text{Ca}_2(\text{Mg,Fe})_5(\text{OH})_2(\text{Si}_4\text{O}_{11})_2$ . Hoornblende met daarin Mg en Fe is een grondstof voor de donkergekleurde minerale gesteenten. Bij het oplossen van hoornblende komt ook calcium beschikbaar, wat verder in de keten weer kalk kan vormen.

*Glimmer* komt voor als  $\text{KAl}_2(\text{AlSi}_3\text{O}_{10})(\text{OH,F})$  (=muscoviet) of als  $\text{K}(\text{Mg,Fe})_3(\text{AlSi}_3\text{O}_{10})(\text{OH,F})_2$  (=biotiet). Glimmer kan Mg en Fe bevatten welke een donkere kleur veroorzaken, net als bij hoornblende. Er kan ook K en Al in zitten; in dat geval is het lichter gekleurd. Mica, vroeger gebruikt voor de ruitjes in kolenkachels, is een vorm van glimmer.

Uit de samenstelling van de grondstoffen wordt duidelijk dat metalen (kalium, ijzer, aluminium) en silicium grondstoffen zijn voor de nieuw te vormen klei. Omdat de klei een product is van een kristallisatieproces heeft klei een kristalachtige structuur met een vaste opbouw en vorm (plaatjesstructuur, zie foto).

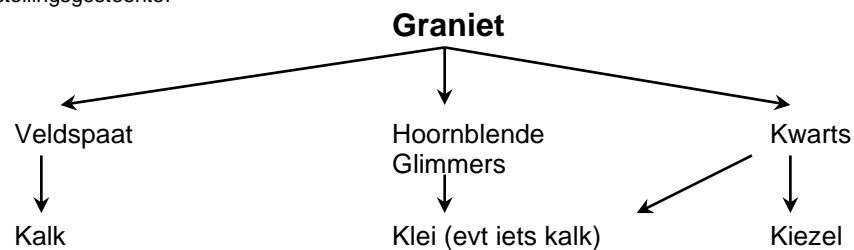
\* **Kwarts** blijft over wanneer hoornblende, glimmer en veldspaat zijn opgelost. Het zijn kleurloze of melkwitte korrels die zeer hard zijn. Bij transport door stromend water slijten ze wel af, maar ze zullen niet uitéén vallen. Uiteindelijk vormen ze een

belangrijke basis voor het **zand** in de bodem. Zand heeft dus nog steeds exact dezelfde kristalstructuur als waarin het ooit werd gevormd.

In een mooie landbouwgrond komen álle bouwstenen van graniet via diverse wegen weer bij elkaar. Een zavelgrond is een multifunctionele grond waarin kalk, klei en zand samen met de levende wereld (organische stof) de bodem vormen.

In een gemiddelde zandgrond gaan 46.000 korrels in een gram. Dat is al best veel in een pure kleigrond welke in Nederland overigens niet te vinden is, gaan 90.000.000.000 deeltjes in een gram. Het verschil in deeltjesgrootte is enorm! De oppervlakte van de gezamenlijke kleideeltjes in die ene gram kan 800 vierkante meter zijn!

Primair stollingsgesteente:



Secundair sedimentair gesteente:

Kalksteen

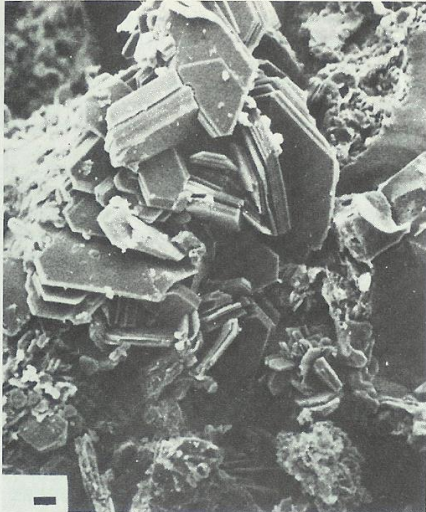
Leisteen

Zandsteen

## 2. Kleigrond

Kleideeltjes zijn die minerale deeltjes in de bodem die 0 tot 0,002 mm groot zijn. De formele benaming van deeltjes kleiner dan 0,002 mm is 'lutum'. De woorden klei en lutum worden veel door elkaar gebruikt. Klei slaat wat meer op het materiaal, lutum wat meer op het formaat. Lutum (een kleideeltje) is zo klein dat je een microscoop met een flinke vergroting nodig hebt om ze te kunnen zien. Kleideeltjes zijn ontstaan uit chemische vertering van de hoornblende en glimmers in gesteenten, bijvoorbeeld graniet. De opgeloste mineralen zijn dus opnieuw uitgekristalliseerd. Dit uitkristalliseren gebeurt in water. Als dit water voldoende tot rust komt bezinken de kleideeltjes. Als deze later onder druk komen kunnen ze verharderen tot gesteente zoals leisteen. De microscopisch kleine plaatjesstructuur van klei is daarin sterk uitvergroot te herkennen.





21 Foto  
Het kleimineraal kaoliniet, uitgekristalliseerd in de porie van een zandsteen. De kristallen zijn plaatvormig en meestal zeshoekig. Het monster is afkomstig van een boring op de Noordzee en werd gefotografeerd met een rasterelektronen-microscop. Het zwarte balkje stelt 5 µm voor. Keller, 1978: 3.

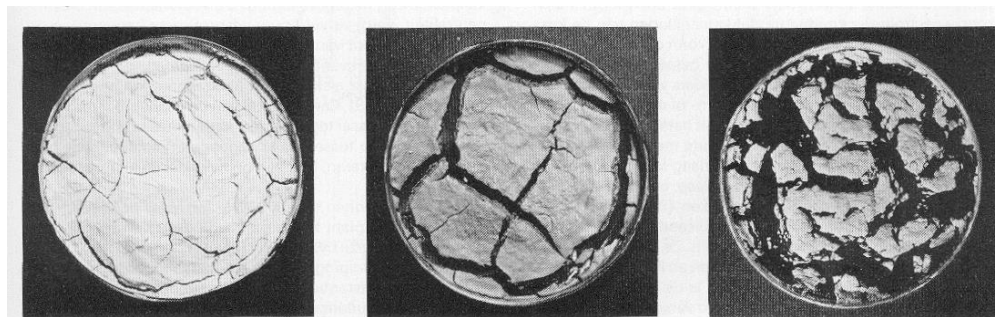
Er zijn veel verschillende soorten klei. Ze bevatten alle silicium, en verder een afwisseling van diverse metalen:

**Kaoliniet**  $\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4$ , een klei op basis van aluminium. Deze klei heeft weinig krimp en zwelvermogen (weinig scheuren bij uitdroging).

**Illiet**  $\text{K}_{1,2}\text{X}_{0,4}(\text{Al},\text{Mg})_4(\text{Si}_7\text{Al})\text{O}_{20}(\text{OH})_4$ , een klei op basis van kalium, aluminium en magnesium. Illiet heeft een sterk zwel en krimpvermogen.

**Montmorillinet**  $\text{X}_{0,8}(\text{Al},\text{Mg})_4\text{Si}_8\text{O}_{20}(\text{OH})_4 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ , gebouwd rond aluminium en magnesium. Bentoniet, een kleimineraal uit Frankrijk dat in de biologische landbouw wordt gebruikt in de composthoop of op zandgrond, bestaat voor een belangrijk deel uit montmorillinet.

De effecten van zwel en krimp zijn in navolgende figuur te zien.

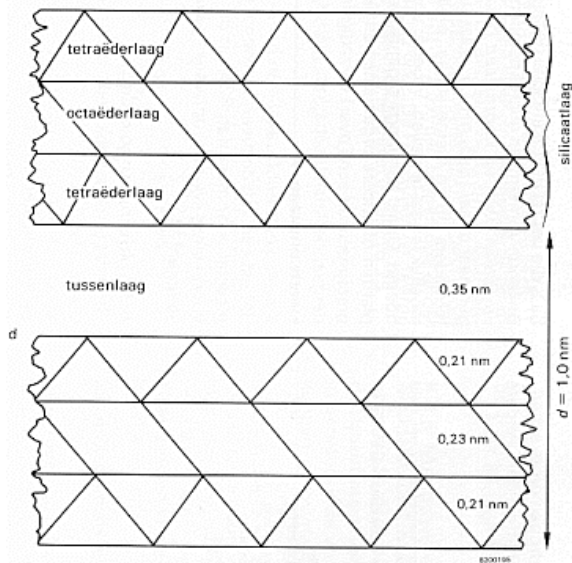


18 Foto  
Krimpverschillen van een aantal kleisoorten; a. kaolien, b. illietklei en c. smectiet-klei. Het lutumgehalte is bij alle monsters 100%; het organische-stofgehalte is zeer laag. Stiboka-foto's R53-215, -217 en -216.

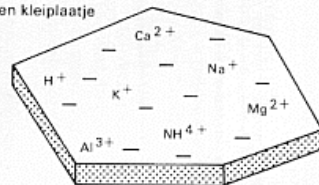
### Chemisch gezien negatieve activiteit

Door de uitkristallisering bij het stollen van graniet hebben kleideeltjes een, kristallijne lagenstructuur (zie tekening). Door die structuur ontstaan er kleine elektrische krachten in het deeltje. Aan de buitenkant zijn ze daardoor licht negatief geladen, in de kern licht positief; in werking is dat een beetje vergelijkbaar met de polariteit van een magneet. Omdat de negatieve kracht aan de buitenkant zit, bepaalt deze kracht de eigenschappen van het deeltje. Kleideeltjes stoten elkaar daardoor bijvoorbeeld onderling af. Positieve mineralen zoals opgelost calcium ( $\text{Ca}^{2+}$ ), kalium ( $\text{K}^+$ ) of magnesium ( $\text{Mg}^{2+}$ ) kunnen zich aan de negatief gepoolde kleideeltjes binden. Ze zijn ook in staat om een brug tussen twee kleideeltjes te vormen en op die manier de structuur te stabiliseren. Humus kan zich eveneens via  $\text{Ca}^{2+}$  aan klei binden. In dat geval ontstaat het zeer stabiele klei-humus complex. Stikstof kan in de vorm van  $\text{NH}_4^+$  (ammonium, positief geladen) aan klei- en humusdeeltjes hechten. In de vorm van nitraat ( $\text{NO}_3^-$ , negatief geladen) kan stikstof dat niet.

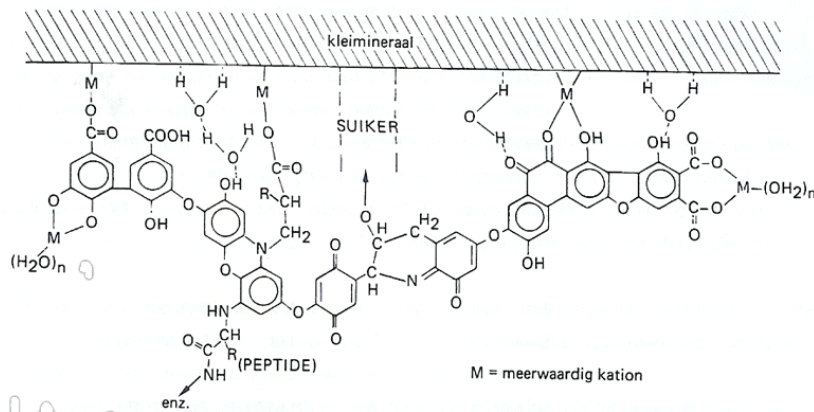




d. Negatief geladen kleiplaatje met kationen



Illiet is een klei waarbij elke structuureenheid uit 3 laagjes bestaat; een groot aantal van deze laagjes op elkaar vormen een kleiplaatje. Een kleiplaatje heeft aan de buitenkant een negatieve lading waardoor positief geladen mineralen er aan blijven hangen.



Een kleideeltje en een humusketen verbonden tot een klei-humus complex. M staat voor 'Meervoudig kation' ofwel een ion met dubbele positieve lading.  $Ca^{++}$  is het belangrijkste kation. Ook magnesium kan in de vorm van  $Mg^{++}$  op deze plaats zitten. (Bron: Bodemkunde van Nederland).

Door de mineralenbinding van kleideeltjes spoelt kalium op een kleigrond veel minder snel uit dan op een zandgrond. Dit geldt ook voor alle andere positief geladen mineralen. Dat is gunstig, want kleigronden bemest je in de biologische teelt in het najaar met organische mest, dus de voedingsstoffen in die mest krijgen nog een lange natte winter te verduren. De kleideeltjes voorkomen dan dat het water de mineralen meeneemt.

### **Kleigrond**

Kleigrond is grond waarbij vooral de kleideeltjes de eigenschappen bepalen. Al vanaf 25% lutum (=25%kleideeltjes) wordt een grond een kleigrond genoemd. Het grootste deel van de grond, 75%, bestaat dan uit silt, zand en eventueel wat grind. De klei bepaalt echter sterk de eigenschappen, dus ook de naam. De grond bewerkt zwaar. De grond is ook letterlijk zwaar, in gedroogde toestand ongeveer 1,4 kg per liter. Ter vergelijking: zandgrond weegt droog 1,0 - 1,2 kg per liter. Vanaf 35% lutum heet een grond al een zware kleigrond.

De eigenschappen van een grond met veel klei kun je niet makkelijk of snel veranderen. Toevoegen van zand of organische stof heeft alleen invloed als dat in grote hoeveelheden gebeurt.

#### **voorbeeld**

Een grondmonster van een klei-sediment blijkt te bestaan uit:

- *Lutum* (30 %), met daarin 5% kaoliniet, 40% Illiet, 10%vermiculiet, 10% montmorilloniet, 5%chloriet en 10% oxyden, 10% kwarts en veldspaten en 10% calciet.
- *Silt*, wat vooral bestaat uit kwarts, veldspaten en calciet.
- *Zand*, bestaande uit mineralen als calciet, augiet, hoornblende, muscoviet, biotiet, orthoklaas, albiet, anorthiet, goethiet, kwarts, epidoot en granaat.

De deskundige herkent in deze samenstelling mineralen uit magmatische gesteenten, metamorfe gesteenten en mogelijk secundaire materialen. Het is dus afkomstig uit stollingsgesteenten en metamorf gesteente en hun verweringsmateriaal. Het is een bodem met een grote natuurlijke chemische bodemvruchtbaarheid: er zit veel lutum en calciet in. In de zandfractie zitten in dit geval ook veel voedingsstoffen, maar die komen bijna niet vrij.

### **Zavelgrond**

Zavelgrond zit tussen zandgrond en kleigrond in. Het is een grond met een klein percentage kleideeltjes, tussen de 8 en 25 %. Zavelgrond combineert de gunstige eigenschappen van zand met die van klei. Het is dus enerzijds een grond die relatief makkelijk water doorlaat en die je daardoor weer snel kunt bewerken na een regenperiode. Aan de andere kant zorgen de kleideeltjes er voor dat de grond mineralen kan binden. In droge tijden zorgt de klei er voor dat water uit de ondergrond goed omhoog kan worden getransporteerd, in natte tijden zorgt het zand voor een voldoende open structuur om water snel af te voeren. Een grond met veel mogelijkheden!

Een nadeel van zavelgrond is de slempgevoeligheid. Slemp houdt in dat de bovenlaag van de grond dicht slaat door regenval. In een biologische teelt speelt dit aspect relatief sterk mee. Door het grote aantal oppervlakkige bewerkingen bij het schoffelen

en eggen, is de samenhang in de toplaag van de grond soms minder goed. Bij regenbuien kan daardoor makkelijk slemp ontstaan, waardoor eggen of schoffelen misschien opnieuw nodig is om er voor te zorgen dat er weer lucht in de bodem kan. Een goede verzorging van de grond via het bodemleven en via gewassen met structuurverbeterende eigenschappen helpt om slemp te voorkomen.

### 3. Zand

Zandgrond bestaat voor een groot deel uit kleine korrels kwarts ( $\text{SiO}_2$ ). Zand is in principe de fractie minerale delen tussen 0,05 en 2,00 mm. Wanneer graniet verweert, en over lange afstand wordt getransporteerd blijven de hardste delen, het kwarts, als laatste over. In de praktijk is dat het belangrijkste deel van de zandfractie. Dicht bij de bron, het gebergte, kan zand uit meerdere materialen bestaan, waaronder stukjes nog niet helemaal verweerde veldspaat en glimmer.

Rivieren en wind verplaatsen het kwarts om er veel verderop in de delta zandgrond mee te vormen. Water geeft een grofzandige bodem, bijvoorbeeld de zandstreken in de duingebieden en de grond dicht tegen een rivier; wind geeft een fijnzandige bodem, bijvoorbeeld het dekzand en de löss in oost- en zuidoost-Nederland.

Leem, de fractie van 0-0,05 mm, is fijner dan zand, maar is wat vorm en samenstelling betreft wel met zand vergelijkbaar. Door het fijne karakter van de deeltjes heeft een leemgrond ook klei-achtige trekjes. Leemgrond kan voor een deel ook lutumdeeltjes bevatten, dus kleiner dan 0,002 mm, maar dat zijn dan zeer fijne zanddeeltjes en geen kleideeltjes; het zijn brokjes in plaats van plaatjes. Leemgrond is meestal door wind afgezet.

#### Onaantastbare kristalbrokjes

Zandkorrels van kwarts zijn zeer hard en moeilijk stuk te krijgen. Verwering door de temperatuur of door activiteit van zuren in de bodem gaat uiterst langzaam. Zand verbindt zich ook heel moeilijk met andere stoffen. Kalk of humus kunnen er wel als een dun laagje omheen zitten, maar ze verbinden zich er niet mee. Het is meer een soort 'er aan hangen'. Zandgronden zijn daardoor nogal kwetsbaar. De samenhang tussen zand en humus moet door het bodemleven continue worden verzorgd. Gebeurt dat niet, dan kan een zandgrond snel zijn samenhang verliezen. Dat is merkbaar aan een verslechtering van de structuur en vochthuishouding op langere termijn aan verlies van bodemvruchtbaarheid. Als de humus slecht is verbonden met het zand ontstaan er op droge voorjaars- en zomerdagen soms flinke stofstormen. Dag bodemvruchtbaarheid.



Kwarts (bergkristal) in de pure en heldere vorm



Door de grofkorrelige structuur kan zandgrond water snel afvoeren, het loopt er makkelijk tussendoor. Mineralen die vrij in de grond aanwezig zijn, kunnen met dit water naar diepere grondlagen spoelen en daardoor buiten het bereik van het gewas terechtkomen. Dit maakt zand gevoelig voor mineralenverlies. In de mestwetgeving mag daarom op zandgrond minder stikstofmest worden gebruikt dan op kleigrond

Vrije mineralen spoelen in een zandgrond dus makkelijker weg dan op kleigrond. Daar komt nog bij dat een zandgrond relatief veel vrije mineralen heeft. De mineralen uit mest, vooral het kalium, kunnen zich niet binden aan het zand, waardoor ze vrij in de bodem zitten. Alleen binding aan humus of opname door het bodemleven of het gewas kan uitspoeling voorkomen. Daarom is het van belang om op een zandgrond meer organische stof te hebben dan op een kleigrond, denk aan minimaal 5% waar een kleigrond met 3% al mooi kan zijn.

Nitraat kan zich niet binden aan zand, maar ook niet aan humus, en zal dus ook makkelijk uitspoelen als het niet door het bodemleven of het gewas wordt opgenomen en vastgelegd.

### **Kalk- en humusbehoefte**

Kalk en humus kunnen zanddeeltjes bij elkaar houden. Het bodemleven is daarbij onmisbaar, omdat dit voor vermenging met en verkleving van de deeltjes zorgt. De Nederlandse zandgronden zijn meestal al oud en daardoor kalkarm of kalkloos. Dit is ongunstig voor het bodemleven en ongunstig voor de samenhang van de deeltjes, waardoor zandgrond over het algemeen kwetsbaar is. Bekalken en op de langere termijn opbouwen van humus helpt om de pH en de structuur goed te houden.

Zandgrond kan snel van karakter veranderen wanneer je met kalk of organische stof aan verbetering werkt. Een stijging van het percentage organische stof zal op zand veel sneller invloed hebben dan op klei. Dit komt deels doordat de korrelstructuur van zand makkelijk te beïnvloeden is, maar het komt ook omdat een liter zandgrond minder zwaar is dan een liter kleigrond. Daardoor heeft dezelfde dosis organische stof (compost) op zandgrond meer invloed dan op een kleigrond.

In de naamgeving is de invloed van humus op zandgrond terug te herkennen. Zandgrond met 2,5 tot 5% organische stof heet bodemkundig 'matig humeus'. Zware kleigrond moet meer organische stof bevatten, 4 tot 8%, om 'matig humeus' te heten.

## **4. Kalk**

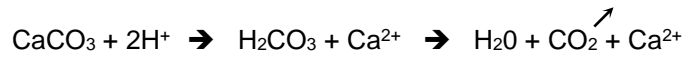
Kalk in de eenvoudigste vorm is calciumcarbonaat ( $\text{CaCO}_3$ ). De rol van kalk is drieledig:

- Het calcium in kalk is een voedingsstof voor planten.
- Het calcium doet dienst als structuurvormend element in de bodem.
- Het carbonaat draagt bij aan het tegengaan van verzuring.

Voor een goede structuur moet de pH van de bodem niet te laag zijn. Een lage zuurgraad betekent dat er veel zuurdeeltjes ( $\text{H}^+$ ) aanwezig zijn. Deze concurreren met  $\text{Ca}^{2+}$  en verdringen deze uit daardoor uit het klei-humuscomplex. Dat beïnvloed de structuur ongunstig.  $\text{H}^+$ -deeltjes zijn omhuld met een waterjasje en kunnen daardoor minder goed klei en humus binden dan  $\text{Ca}^{2+}$  dat kan. Zure klei is daarom een slappe klei. Daarnaast is een lage zuurgraad ook nog eens slecht voor de ontwikkeling van bodemleven. Voor klei is een pH boven 6,0 wenselijk, voor zand moet de pH niet

onder 5,0 komen. Een pH boven 6.0 is op zand niet ideaal omdat de afbraak van humus dan zo sterk wordt dat het moeilijk wordt om voldoende organische stof op te bouwen.

In een zure bodem zit een (te) grote hoeveelheid zuurdeeltjes ( $H^+$ ) in het bodemvocht en gebonden aan klei en humus. Kalk reageert met zuren in de bodem volgens de volgende reactie:



Het zuur wordt geneutraliseerd door het carbonaat en er ontstaan water en koolzuur als eindproducten.  $H_2CO_3$  (waterstofcarbonaat) is in dit proces een tussenstof die niet stabiel is. Iedereen komt het bijna dagelijks tegen, want het zit ook in frisdrank en koolzuurhoudend mineraalwater. Bij het open draaien van de fles ontstaan  $CO_2$ -bellen omdat de  $H_2CO_3$  uiteen valt.

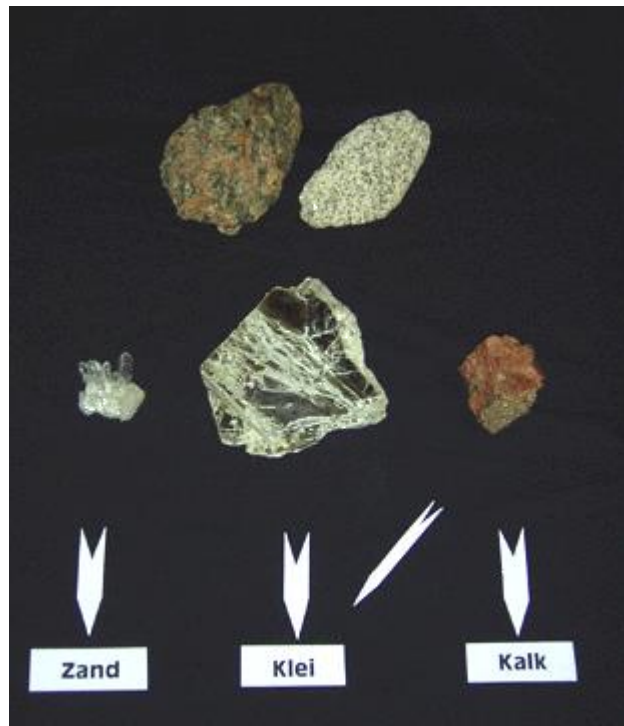
Het calcium ( $Ca^{2+}$ ) uit de opgeloste kalk blijft achter in de grond en kan zich binden aan humus en klei en bij gaan dragen aan de structuuropbouw.

### **Bekalken**

Met het bekalken van een zure grond sla je dus twee vliegen in één klap. Het meest directe en bekende gevolg is verhoging van de pH, omdat een deel van het zuur wordt geneutraliseerd. Dit is gunstig voor de ontwikkeling van het bodemleven en dus voor de verbetering van de bodemstructuur. Het is echter net zo belangrijk dat het calcium dat overblijft de plaats inneemt van de  $H^+$  deeltjes en daardoor de structuur stabiliseert. De calcium is ook beschikbaar als mineraal voor de plantengroei.

Omdat zuurdeeltjes gebonden zitten aan humus en klei wordt in een bekalkingsadvies van het bodemlaboratorium ook rekening gehouden met het percentage organische stof en het gehalte lutum. Hoe meer lutum en klei, hoe meer zuurdeeltjes zich daaraan binden, dus hoe meer zuur moet worden geneutraliseerd om de pH op de gewenste hoogte te krijgen. Dit leidt tot een hogere adviesgift voor kalk.

## 5. BD-visie op klei, zand en kalk



Graniet (boven), bestaande uit kwarts, hoornblende/glimmer en veldspaat (midden), wordt uiteindelijk zand, klei en kalk.

In het voorgaande is naar de gangbare, de meet en weegbare kant van de bodemdeeltjes gekeken. Het is allemaal kwantitatief van aard. In de biodynamische landbouw is het leren kennen van de kwalitatieve kant van de stoffelijke wereld een uitdaging. Dat wordt in dit hoofdstuk uitgewerkt.

### De<sup>1</sup> Kalk

Kalk is een stof die graag reageert met andere stoffen, een stof die nooit in rust is. Kalk, en met kalk de kalkachtige stoffen als calcium, kalium, natrium en magnesium, hebben eigenschappen die tegengesteld zijn aan het zeer vormvaste kiezel. Kalk is actief in het binden of neerslaan van andere stoffen (fosfor) en stimuleert via de beïnvloeding van de pH de activiteit van het bodemleven. Calcium bindt zich makkelijk aan klei en aan humus. In ons lichaam is het een onderdeel in het skelet.

Kalkrijke gronden hebben een rijke en veelzijdige plantengroei. Poldergewassen hebben met hun flinke massavorming een kalk-karakter. Voor veel stofvorming is namelijk ook veel (chemische) reactie nodig.

Via kalkachtige stoffen en water werken de binnenplaneten *Maan*, *Venus* en *Mercurius* op de plantengroei door. Deze werking geeft planten de kracht om te *groeien* en te *vermeerderen*, dus het werkt sterk aan de kwantitatieve kant van de voeding door.

<sup>1</sup> Hier staat bewust **De** kalk, omdat in de BD-landbouw "kalk" vaak symbool staat voor een groep van mineralen en voor processen die met kalk verbonden zijn. Het staat dus voor meer dan alleen dat witte bergje poeder dat het land op gaat. Het is wel zo dat kalk als stof deze werking het sterkste heeft.

Relatie met water:	Water wordt in kalk opgezogen; door kalk te branden wordt dit effect versterkt.
Relatie met licht:	Kalk is ondoorzichtig, wit, het kaatst alle licht terug en houdt dat dus buiten.
Relatie met warmte:	Al bij lage temperatuur ondergaat kalk veranderingen en gaat het reacties met andere stoffen aan. In de bodem en de composthoop stimuleert kalk vertering en geeft daardoor een hogere temperatuur.

Kalk heeft als het ware de fysieke behoefte zich met de omgeving te verbinden.

In de plant geeft kalk, fysiek of homeopatisch aanwezig, de plant de kracht om de ruimte in te nemen en deze ruimte te behouden. Praktisch gesproken geeft het kracht om volume en massa te produceren, denk aan de productie op kalkrijke poldergronden. Hierbij wordt intensief met stikstof samengewerkt.

Kalk geeft net als kiezel stevigheid. De stevigheid van kiezel zit vooral aan de buitenkant en geeft als het ware een duidelijke eigen vorm, een soort afweer. De stevigheid van kalk zit vooral aan de binnenkant, enigszins vergelijkbaar met ons skelet. Het is innerlijke stevigheid, flexibele stevigheid. Dit effect komt bijvoorbeeld naar voren komt door betere bewaring of in weerbaarheid tegen ziekten en plagen. Het eikenschors preparaat in de composthoop werkt homeopatisch op de kalkprocessen, en daardoor op bijvoorbeeld de bewaarbaarheid.

In de mens geeft kalk in de botten op een flexibele manier stevigheid. Kalk geeft mensen ook de mogelijkheid om te verbinden met de aarde.

***Gangbaar, biologisch en biologisch-dynamisch bekalken.***

Er zijn meerdere manieren om de pH te verhogen. Die zijn, een beetje gechargeerd, op grond van de manier van denken die er achter zit te onderscheiden in gangbaar, biologisch en biologisch dynamisch.

*Gangbaar, chemisch, vanuit mineralen denken (fysiek):* met behulp van het CO<sub>3</sub> uit kalk (CaCO<sub>3</sub>) wordt het zuur (H<sup>+</sup>) in de grond geneutraliseerd. De Ca<sup>2+</sup> die bij het oplossen van kalk vrij komt herstelt de bodemstructuur. In de loop der jaren zal door het zuur in de neerslag en vanuit de plantenwortels de grond weer verzuren. De behandeling moet elke paar jaren worden herhaald.

*Biologisch, procesmatig, vanuit natuurlijk evenwicht denken (etherisch):* calcium wordt gebonden door humus, en als er ook klei aanwezig is door het kleihumuscomplex. Door te zorgen voor veel en actieve humus is het aantal bindingsplaatsen voor calcium groot. Daardoor spoelt het minder snel uit en blijft er minder plaats over voor het zuur (H<sup>+</sup>) om zich te binden. Dit H<sup>+</sup> gaat vervolgens met het overtollig regenwater de grond in. Er zijn biologische tuinders die door intensief te werken met compost de pH een vol punt hebben weten te verhogen zonder gebruik van kalk. Dit kost wel de nodige jaren.

*Biologisch dynamisch, vanuit krachten en kwaliteiten denken (astraal):* de werking van kalk in de bodem kan worden verbeterd door de omstandigheden waarin de kalk actief is te verbeteren. De omstandigheden zijn bijvoorbeeld te verbeteren door het gebruik van het eikenschorspreparaat. Dit wordt gemaakt door eikenschors in een schedel

van een huisdier over de winter te laten verteren<sup>2</sup>. Eikenschors is kalkrijk, net als de schedel, dus het betreft twee componenten die veel "ervaring" hebben met kalkhuishouding. Het scheidt orde. In de plant is dit merkbaar aan stevigheid en weerstand. In de bodem is dit merkbaar aan de opbouw van een stabiele structuur, waarin calcium dus een belangrijke rol speelt. Wat betreft de relatie van preparaten met planeten wordt door dit preparaat de verbinding met de maan gelegd (relatie met reproductie, het openen voor het oerbeeld).

Bij de veldpreparaten is hoornmest de vertegenwoordiger van het kalkelement. Hoornkalk zou voor mij als 'tegenpool' van hoornkiesel wel een mooi preparaat zijn. Er wordt echter gewerkt met het hoornmestpreparaat. Mest wordt in een hoorn in de winter in de grond begraven. De 'groeistof' mest krijgt daar de beleving van de kristallijne winterkrachten mee. Dit preparaat roer je in water (potentiëren) om die werking via die weg op het veld over te dragen

*Met het geven van hoornmest geef je als impuls mee: "Ga maar groeien, maar groei in het ritme van de omgeving, vergeet niet je vorm ook te verzorgen".*

### **Zand (kiesel)**

In de landbouwcursus wordt kiesel een "voornaam" stof genoemd. Het is een stof die genoeg heeft aan zichzelf, die niet makkelijk verbindingen aangaat met andere stoffen.

Het is echter ook het element dat toegankelijk is voor de werking van de buitenplaneten *Saturnus, Jupiter en Mars*. Zij werken via warmte en licht door in de *vorm, structuur* en *kleur* van de plant. Het ondersteunt de kwalitatieve kant van de ontwikkeling van een plant tot voeding.

Relatie met water: Water dringt niet in kiesel door.

Relatie met licht: Kiesel neemt licht op en straalt dat weer uit, eventueel gekleurd licht als het kristal ook gekleurd is. Kiesel heeft dus een omvormend effect op licht.

Relatie met warmte: Kwarts kan zeer hoge temperaturen verdragen.

Kiesel houdt als het ware alle invloeden buiten de deur op die van licht na. Op gebied van licht (energie) heeft het omvormende kwaliteit.

In de plant zit kiesel onder andere in grote hoeveelheid in de buitenste cellagen, de epidermis. Het beschermt de plant tegen ongunstige invloeden van buitenaf, de ziekten en plagen.

Bij de mens is kiesel te vinden in de huid of in het darm epitheel. Net als in de plant heeft het daar een beschermende, vormkracht behoudende rol. Ook de ooglenzen bestaan voor een belangrijk deel uit kiesel, waarmee ook bij de mens de relatie met licht is te vinden. Overal waar zintuigen actief zijn, dus ook andere zintuigen dan de ogen, speelt kiesel een rol. De stof vind je daar terug waar uitwisseling plaats vindt.

De rol van kiesel (kwarts) is tot in de techniek terug te herkennen. De kern van de computer, de chip, bestaat uit siliciumoxide. Dus uit zand.....

### ***Gangbaar, biologisch en biologisch-dynamisch bekiezelen***

Bekalken is in alle takken van de landbouw heel gebruikelijk, dit werd in het voorgaande hoofdstuk al uitgewerkt. "Bekiezelen" komt in de praktijk veel minder voor,

---

<sup>2</sup> Het eikeschorspreparaat kan vegetarisch (zonder schedel) worden gemaakt op basis van een procédé van mevrouw Bruce (1879 – 1964). Eikeschors wordt daarbij met melksuiker en honing gemengd en gedynamiseerd.

maar het heeft in de biodynamische land- en tuinbouw een net zo belangrijke bijdrage. Er zijn verschillende vormen van bekiezelen te onderscheiden:

*Gangbaar, chemisch, vanuit mineralen denken (fysiek):* Kiezel kan als fijngemalen stof over het gewas worden verstoven. Een variant daarop is het bestuiven met gesteentemeel waarin kiezel zit, bijvoorbeeld basaltmeel. De kiezel ligt op het blad en kan worden opgenomen door het blad. Insecten hebben een hekel aan het stof en geven daardoor minder vraatschade en ontkiemende schimmelsporen lopen meer kans op een vroegtijdig einde. In de vorm van waterglas kan kiezel vloeibaar worden gebruikt.

*Biologisch, procesmatig, vanuit natuurlijk evenwicht denken (etherisch):* Heermoes is een kiezelrijke plant; de kiezel komt voor in een organische, door het leven opgenomen vorm, en is daarmee meer verwant aan de plant. Van heermoes is heermoes thee te maken. Dit aftreksel wordt over het gewas gespoten om het te verstevigen.

*Biologisch dynamisch, vanuit krachten en kwaliteiten denken (astraal):* Hoornkiezel is fijngemalen kwarts die in de zomer in een hoorn in de grond ingegraven geweest. Zomerwerking, de groeikracht en massavorming uit de zon, en winterwerking, de vormkracht uit de kosmos, worden door het kiezelpreparaat in balans gebracht. Het kiezelpreparaat ondersteunt de vormende krachten in het gewas.

Daar waar vormende krachten ontbreken treden verval op. Schimmels reageren daarop door de plant met gebrek aan vormkracht op te ruimen. In tegenstelling tot gangbaar en biologisch bekiezelen is de hoeveelheid te gebruiken product hier niet het belangrijkste. Het gaat er om de kiezelkwaliteit als een soort impuls in het veld aan te brengen:

Om die impuls, die ondersteuning te bieden wordt kiezel gepotentieerd / gedynamiseerd door het te roeren in water. Hoornkiezel is een van de beide veldpreparaten. Hoornmest is de andere.

*Met het geven van hoornkiezel geef je in de afrijpings en oogstfase als impuls mee: "Kom maar in de vorm, het is er tijd voor, maar vergeet niet dat het geen eindvorm is, het is een fase in het levensproces wat zich voortzet".*

***De twee processen, de vaste vorm, het starre of onveranderlijke van kiezel, en het bewegende, stromende en veranderlijke van kalk, zijn beide in de bodem en in de plant nodig. Met de veldpreparaten ondersteun je die processen zodat ze afgewogen door kunnen werken in de voeding die je als teler produceert. Biodynamische voeding helpt de consument in het vinden van de balans tussen groeien en vormen.***



Tot slot de rol van klei. Als kiezel (zand) en kalk de kwalitatieve en kwantitatieve kant van de plantenvoeding bepalen lijkt er voor de klei niet veel meer over. Waar het een pure zandgrond echter aan ontbreekt is het vermogen om de werking van de buitenplaneten in de plant te leiden. Daarin heeft de klei een rol als bemiddelaar. In de chemische beschrijving werd duidelijk dat klei heel veel oppervlaktewerking heeft. Het is een materiaal waar heel veel aan de oppervlakte gebeurt. Kwalitatief kan je naar klei kijken als de stof die de interactie, de samenwerking verzorgt.

In kleihumus vindt als het ware een optimale verbinding tussen kosmische en aardse werking plaats. De humus, die uit licht, lucht en water ontstaat, verbindt zich met het minerale. Daarbij neemt humus een deel van de levende geschiedenis mee, licht en lucht, terwijl de klei de minerale geschiedenis meeneemt, het aardse.

### **Het vrouwelijke en mannelijke bij kiezel en kalk**

In het contrast tussen kiezel en kalk zijn ook het vrouwelijke (yin) en mannelijke (yang) terug te herkennen.

De mannelijke en vrouwelijke krachten laten zich samenvatten als:

<b>Mannelijk:</b>	<b>Vrouwelijk:</b>
<ul style="list-style-type: none"><li>- vanuit de wil</li><li>- massa gevend</li><li>- van binnen naar buiten werkend</li><li>- naar buiten gericht</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>- vanuit de voorstelling</li><li>- vormend</li><li>- van buiten naar binnen werkend</li><li>- naar binnen gericht</li></ul>

Binnen het contrast kalk/kiezel staat kalk voor het drijvende en het mannelijke, kiezel voor het vormende en het vrouwelijke, .

Kalk is actief, reactief, op zoek naar relaties op het chemische vlak. Het is op een stoffelijke manier sterk met zijn omgeving bezig. Bij een overmaat kalk in de bodem (poldergrond) is de pH en de chemische activiteit van de bodem hoog. Dit uit zich in een enorm vermogen om organische stof die wordt toegediend om te zetten in product. Wat mist is het vormende. Om het vormende een plaats te geven is het werken met het kiezelpreparaat een mogelijkheid. Verder is het van belang om de chemische activiteit van de bodem te ondersteunen. De aanwezige humus is nog erg jong en onervaren, heeft nog niet "de wijsheid van vele jaren". Door de humuswerking in de bodem te ondersteunen, bijvoorbeeld door te composteren, wordt de humuswijsheid geholpen.

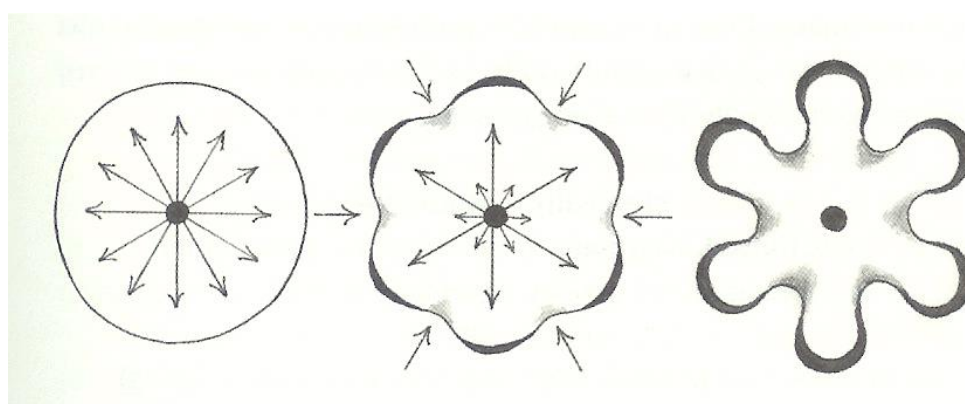
Kiezel durft zich bloot te geven, is open voor invloeden van buitenaf, vormt deze invloeden om, en geeft deze door. Het is op een informatieve manier sterk met de omgeving bezig. Een zandgrond heeft een hoog aandeel kiezel en is dus potentieel in staat om met informatie om te gaan. Wat zandgrond in Nederland ontbeert is kalk. Daardoor blijft de informatie als het ware in de lucht hangen, het komt onvoldoende in de massa terecht. Bekalken helpt om deze grond met de voeten op de aarde te krijgen. Het verbeteren van de humus is een organische manier om kalkachtige stoffen te binden en helpt de zandgrond eveneens om te aarden. Ondersteuning via humus staat dicht bij het leven dan ondersteuning via kalk; beide hebben hun waarde.

Binnen de indeling Fysiek / Etherisch / Astraal lichaam en Ik van de mens is een indeling op basis van het mannelijke en vrouwelijke mogelijk. Het fysieke (de chemie) is éénslchtig, er is geen mannelijke of vrouwelijke werking in te onderscheiden. Het

etherische (stofwisseling) en astrale (gevoelsleven) zijn tweeslachtig; er zijn een mannelijke en vrouwelijke variant van te beschrijven. Het Ik is niet-geslachtelijk.

Het valt op dat op beide gronden een belangrijke rol is weggelegd voor humus; op oud zand onder andere ter ondersteuning van het chemische en op jonge klei onder andere ter ondersteuning van het astrale. Het is niet voor niets dat composteren op alle gronden daarom een belangrijke functie heeft. Humus is binnen de indeling mannelijk vrouwelijk niet aan één kant te plaatsen. Het is niet-geslachtelijk en heeft daarmee ik-karakter. Humus wordt vaak de ziel van de grond genoemd. In die zin herbergt het dus als het ware het denken-voelen-willen van de grond; het legt de relatie met het ik van de grond. Humus is de ervaring, de wijsheid die het levende deel van de grond meeneemt. Met in gedachten dat humusdeeltjes honderden tot duizenden jaren in de grond kunnen overleven wordt dit beeld nog sterker.

In een figuur zijn de werkende krachten als volgt voor te stellen:



Mannelijke  
werking

Kalk

Mannelijke +  
Vrouwelijk werking

Kiezel vormt wat  
kalk produceert

Gevormde  
massa

Kalk en kiezel in balans