

# DE BETEKENIS VAN DE STRUCTUUR VAN DE GROND

Dr. P. K. PEERLKAMP

*Instituut voor Bodemvruchtbaarheid, Groningen*

## 1. INLEIDING

In zijn bekende boek „Soil physics” schrijft BAVER (1956) over de landbouwkundige betekenis van de structuur van de grond: „*Soil structure is the key to soil fertility!*”, daarmee te kennen gevend dat de structuur beschouwd moet worden als een fysische eigenschap van de grond, die de voorraad chemische voedingsstoffen in de grond voor de plant toegankelijk en opneembaar maakt. Als we onder bodemstructuur de wijze verstaan waarop de vaste bestanddelen de grond ruimtelijk opbouwen, volgt die karakterisering door BAVER, algemeen gesproken reeds uit het feit dat door deze ruimtelijke opbouw een netwerk van celvormige holten en kanalen ontstaat, waarin het wortelstelsel zich kan uitbreiden, waarin het voor de voedselopname benodigde water zich kan bevinden en bewegen en waarin gasdiffusie de wortelademhaling mogelijk maakt. Dat hierdoor de structuur van de grond invloed moet uitoefenen op de plantengroei was reeds de oudste bodemfysici duidelijk. Op de vraag hoe groot deze invloed onder verschillende omstandigheden is, kan echter nog steeds geen afdoende antwoord worden gegeven. De spectaculaire successen, die in de eerste helft van de twintigste eeuw met kunstmeststoffen werden verkregen en de samengesteldheid en experimenteel moeilijke hanteerbaarheid van het structuurvraagstuk gaven voorrang aan het bemestingsonderzoek. In vele gevallen werden onbegrepen verschijnselen aan de structuur van de bodem toegeschreven.

Tijdens en vooral na de tweede wereldoorlog werd het onderzoek van de structuur van de grond, zowel in ons land als elders, belangrijk geïntensiveerd. Dat dit ook nodig was, is duidelijk als men bedenkt, dat de grondbewerking — belangrijke structuurgenetische handeling waaraan in ons land jaarlijks rond 100 miljoen gulden wordt besteed — grotendeels op ervaring berust. De veelheid van factoren die bij de relatie tussen structuur van de bodem en groei van het gewas een rol speelt, alsmede zekere proeftechnische moeilijkheden, maken echter dat het inzicht slechts langzaam groeit. Deze omvangrijkheid van het probleem maakt ook dat we ons in dit overzicht enige beperkingen moeten opleggen.

We zullen ons daartoe in het volgende hoofdzakelijk met de bouwvoor bezig houden. Verder zullen we van de vele invloeden die de structuur heeft, alleen die beschouwen welke een meer directe praktische betekenis hebben. We beperken ons daarom voornamelijk tot de betekenis welke de structuur van de bouwvoor heeft voor de plantengroei, de grondbewerking en de erosie van de grond.

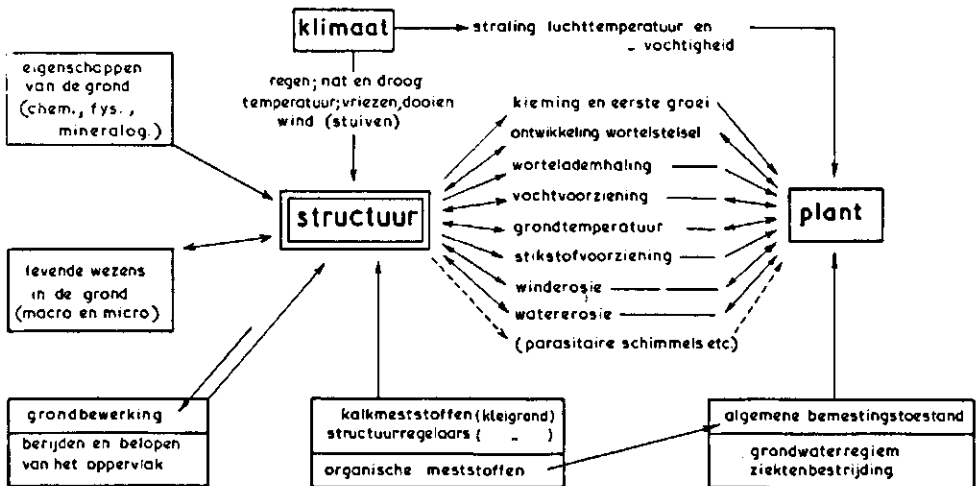
De structuur varieert in sterke mate in het profiel, niet alleen in verticale, doch ook in horizontale richting en wijzigt zich verder — vooral in de bovenlaag — in de loop der tijd. In verband met deze wisselingen in de boven gedefinieerde structuur (de zg. *actuele structuur*), onderscheidt men daarvan wel de *intrinsieke structuur*, d.w.z. die eigenschappen van de grond, welke het ontstaan van een gunstige actuele structuur bevorderen en haar verval tegengaan.

## 2. DE RELATIE TUSSEN STRUCTUUR EN PLANTENGROEI

De samenhang tussen de structuur van de grond en de groei van de plant kan verduidelijkt worden door het schema in fig. 1. De structuur doet niet rechtstreeks haar invloed gelden op het gewas, maar via verschillende factoren, waarvan de voornaamste zijn: kieming en eerste groei, ontwikkeling van het wortelstelsel, wortelademhaling, vochtvoorziening, bodemtemperatuur, stikstofvoorziening, wind- en watererosie en vermoedelijk ook parasitaire schimmels en andere ziekteverwekkers. Omgekeerd kan echter ook de plant via een aantal van deze factoren (ontwikkeling van het wortelstelsel, vochtvoorziening, bodemtemperatuur en erosie) invloed uitoefenen op de structuur. Het na de oogst op bouwland in de grond achterblijvende wortelstelsel en de afgestorven wortels op grasland vormen een natuurlijke organische bemesting (PEERLKAMP, 1950A), die door middel van microbiologische activiteiten, welke weer van bodemtemperatuur en vochtvoorziening afhangen, de structuur van de grond kan beïnvloeden. Begroeiing van de grond beschermt deze geheel of ten dele tegen erosie en gaat daardoor het structuurverval tegen.

Factoren als algemene bemestingstoestand van de grond, grondwaterregime en ziektebestrijding oefenen een invloed uit op de groei der gewassen en daarmee eveneens op de structuur. De invloed van het klimaat is tweeledig en wel direct en indirect. Enerzijds beïnvloedt het door straling, luchttemperatuur en -vochtigheid rechtstreeks de groei van de plant, anderzijds doen regen, wisselingen van nat en droog weer en van vorst en dooi, temperatuur en wind hun invloed gelden op de structuur van de bodem en daardoor indirect op de plant. Ook vele andere invloeden (eigenschappen van de grond, groundbewerking, mechanische krachten op het oppervlak, behandeling van kleigronden met kalkmeststoffen of structuurregelaars) bepalen mede de structuur. Organische bemesting kan langs twee wegen een werking op de structuur uitoefenen,

FIG. 1. Schematische voorstelling van de wisselwerking tussen structuur en plant en van de voornaamste factoren die de structuur beïnvloeden



enerzijds via de organische stof, anderzijds via de anorganische plantenvoedende bestanddelen en de groei van het gewas.

Uit deze beknopte opsomming blijkt wel hoeveel factoren bij het structuurvraagstuk in het algemeen en bij de relatie tussen structuur en plant in het bijzonder een rol spelen. Het leggen van een causaal verband wordt daardoor dikwijls bemoeilijkt.

### 3. ENKELE OPMERKINGEN OVER DE TECHNIEK VAN HET STRUCTUURONDERZOEK

De in het chemische bodemvruchtbaarheidsonderzoek gebruikelijke techniek van het trappenproefveld waarop door verschillende mestgiften, b.v. naast elkaar, verschillende stikstofstoestanden van de grond worden geschapen terwijl alle andere vruchtbaarheidsfactoren onveranderd blijven, is in het structuuronderzoek slechts in beperkte mate mogelijk. Het aanbrengen van verschillen in actuele structuur is door verschillende mechanische behandelingen (wel en niet ploegen, wel en niet samendrukken van losgemaakte grond enz.) in principe mogelijk. Deze verschillen zijn echter door verdere noodzakelijke verzorgingen van het gewas en door toedoen van het klimaat meestal maar van zeer tijdelijke aard en in ieder geval niet constant.

Het aanbrengen van meer blijvende verschillen vergt het wijzigen van de intrinsieke structuur. Tot 1952 was dit niet mogelijk zonder tegelijkertijd veranderingen in de chemische bodemvruchtbaarheid in te voeren, doordat men aangewezen was op organische bemesting en eventueel op bekalking van kleigronden. De relatie tussen structuur en plant kon toen onder natuurlijke omstandigheden vrijwel alleen worden bestudeerd door middel van een zg. plekkenonderzoek met een wiskundige verwerking van de waarnemingsresultaten door middel van een polyfactoranalyse. Een dergelijk onderzoek heeft het voordeel dat het niet alleen inlichtingen verschaft over de invloed van de structuur op het gewas, maar tegelijkertijd ook over de invloed van allerlei andere factoren, over hun onderlinge wisselwerking en over de wisselwerking met de structuur. Als grote nadelen staan daar tegenover de hoge kosten van een dergelijk onderzoek en het feit dat daarvoor slechts het resultaat voor één jaar en één gewas wordt verkregen.

Sinds 1952 bestaat voor klei-, zavel- en loessgronden echter de mogelijkheid tot aanleg van een structuurproefveld met behulp van een zg. structuurregelaar (*soil conditioner*). Hiermee kan ook de correlatie tussen pH en structuur bij bekalkingsproeven op kleigrond worden doorbroken. Het is te betreuren dat dit in de naaste toekomst alleen maar theoretische waarde dreigt te hebben, daar het gebruik van structuurregelaars in de praktische landbouw economisch niet mogelijk is en de fabricage ervan daarom is stopgezet.

Voor een onderzoek over de relatie tussen structuur en plant is het uiteraard noodzakelijk dat beide factoren kwantitatief worden gekarakteriseerd. Bij de plant gebeurt dit meestal door standcijfers en bepalingen van opbrengst en/of kwaliteit van het oogstbare produkt. De structuur moet als zeer samengestelde eigenschap van de grond eigenlijk door een gehele reeks gekwantificeerde aspecten worden gekenmerkt. Aangezien het echter nagenoeg onmogelijk is om al deze aspecten in het onderzoek te betrekken beperkt men zich meestal tot enkele (PEERLKAMP, 1948A; BOEKEL EN PEERLKAMP, 1956) of tracht men door visuele beoordeling (PEERLKAMP, 1959) een algemeen schattingscijfer te geven.

#### 4. RESULTATEN VAN HET ONDERZOEK NAAR DE INVLOED VAN DE STRUCTUUR OP GROEI EN OPBRENGST VAN VERSCHILLENDE GEWASSEN

FERRARI (1949) voerde in 1947 een plekkenonderzoek uit met het gewas aardappelen op de jonge zeekeigronden van noordwestelijk Noord-Brabant, een onderzoek dat speciaal gericht was op de samenhang tussen stikstofbehoefte en verschillende bodemfactoren, waaronder de structuur. In fig. 2 zijn de door hem verkregen resultaten betreffende de invloed van het visuele structuurbeoordelingscijfer op de knolopbrengst weergegeven voor de maximaal met stikstofbemesting bereikbare opbrengst. Een beoordelingscijfer 1 geeft een in bodemkundig opzicht zeer slechte, een 10 een zeer gunstige structuur weer. We zien hier een duidelijke gunstige invloed van de structuur op de opbrengst, waarbij een matig-goede structuur (structuurcijfer 6) een iets meer dan 20% hogere opbrengst geeft dan een slechte (structuurcijfer 2½). Ook de hoeveelheid kunstmeststikstof die nodig is om die maximale opbrengst te verkrijgen bleek van de structuur af te hangen (fig. 3) en bij een betere structuur geringer te zijn. Bij een matig goede structuur (structuurcijfer 6) was ongeveer 29% minder kunstmeststikstof nodig om bovengenoemde 20% meeropbrengst aan aardappelen te geven dan bij een slechte structuur (structuurcijfer 2½). De voorziening van het gewas met bodemstikstof is op de betere structuren dus aanmerkelijk gunstiger geweest.

Dit in 1947 verkregen spectaculaire effect schijnt echter sterk in de hand gewerkt te zijn door de uitzonderlijk droge zomer van dat jaar. Een herhaling van de proef in de veel nattere vegetatieperiode van 1948 gaf slechts een zeer geringe invloed van de structuur te zien.

In hetzelfde jaar verrichtte FERRARI (1952) een uitvoerig plekkenonderzoek op de stroomruggen in de Bommelerwaard en vond ook hier een klein effect van de struc-

FIG. 2. Verband tussen de structuur en de maximale met stikstof te verkrijgen opbrengst aan aardappelen op jonge zeelei in 1947, na correctie voor de invloed van de grondwaterstand in mei (naar FERRARI, 1949).

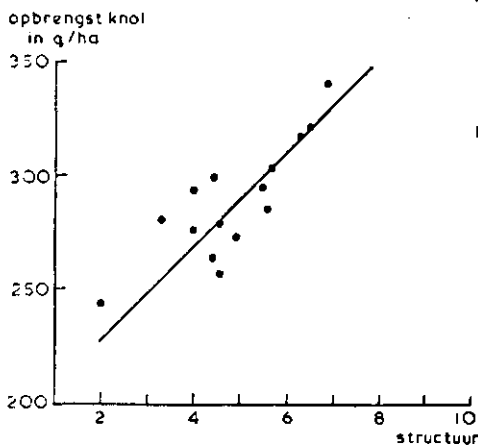
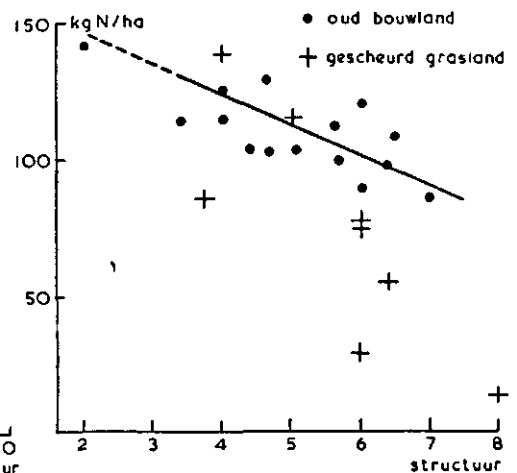


FIG. 3. Verband tussen de visueel beoordeelde structuur en de voor het verkrijgen van een maximale knolopbrengst bij aardappelen benodigde hoeveelheid kunstmeststikstof. Jonge zeelei, 1947, (Naar FERRARI, 1949).



tuur (maximaal 8%) op de aardappelopbrengst met een zwak optimum bij een structuurcijfer 5 à 7, afhankelijk van de grondwaterstand.

Deze uitkomsten wijzen er op dat de weersomstandigheden een belangrijke invloed hebben op de betekenis van de structuur voor de plantengroei. In het droge jaar 1947, met een betrekkelijk laag opbrengstniveau voor aardappelen, was de structuurinvloed groot; in het normaal vochtige jaar 1948, waarin de aardappelopbrengst op een aanmerkelijk hoger niveau lag, was het effect van de structuur gering.

KUIPERS (1955) voerde in 1952 een plekkenonderzoek uit op de zeekleigronden van het Marnegebied (Noordwest Groningen), dat speciaal was gericht op de factoren structuur van de grond en stikstofbemesting. De invloed van de visueel beoordeelde structuur op de opbrengst aan suikerbieten was voor de opbrengsten zonder kunstmeststikstof en voor de maximaal met stikstof te verkrijgen opbrengsten vrijwel gelijk. Bij slechte tot matige structuren (structuurcijfer < 5) had de structuur een duidelijk positieve invloed op de opbrengst, bij structuurcijfers boven 5 was de invloed nihil. Absoluut genomen was de structuurinvloed niet groot. Gemiddeld over de 50 proefvelden zou de opbrengst 6% verhoogd kunnen worden door structuurverbetering; deze verhoging varieerde echter van 0 tot 23%. Door een juistere stikstofbemesting zou de opbrengst op deze proefvelden gemiddeld 19,3% hoger kunnen worden, door een betere zaaidatum 16,5% en door een verhoging van de pH 2,7%. Op grond van een voorafgaande structuurkartering van ongeveer 25% van alle percelen in het 7000 à 8000 ha grote gebied kon KUIPERS de resultaten betreffende de structuurinvloed extrapoleren over dit gehele gebied. Daaruit bleek dat structuurverbetering in het Marnegebied in 1952 een meeropbrengst aan suikerbieten had kunnen geven van 2,4% van de opbrengst bij een praktijkgift van 120 kg N per ha als er alleen suikerbieten verbouwd waren. Dit komt neer op de opbrengst van 150 à 200 ha.

Ook bij dit onderzoek werd gevonden, dat bij een betere structuur minder stikstof nodig is om de (hogere) maximale opbrengst te verkrijgen dan bij een slechtere structuur. Voor de proefvelden met een structuurcijfer > 5 werd gemiddeld een 9 ton per ha grotere maximale opbrengst aan suikerbieten verkregen bij een stikstofgift die ongeveer 43 kg N per ha kleiner was dan op de proefvelden met structuurcijfers < 5.

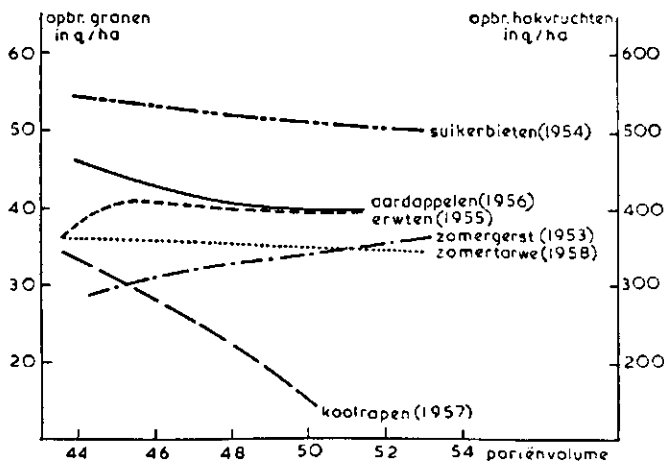
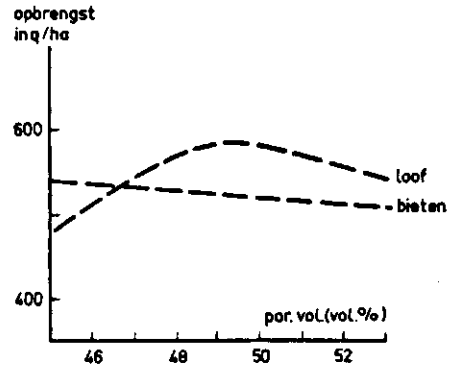


FIG. 4.  
Verband tussen opbrengst en poriënvolume op het structuurregelaarsproefveld Pr 1470 te Hornhuizen in de jaren 1953 t/m 1957 (Volgens BOEKEL)

FIG. 5.  
Opbrengsten aan bieten en loof bij suikerbieten in  
afhankelijkheid van het poriënvolume op Pr 1470  
— 1954 (Volgens BOEKEL)



Zoals onder 3 reeds werd opgemerkt deden in 1952 verschillende synthetische structuurregelaars hun intrede in het structuuronderzoek. Om de werking van deze produkten onder natuurlijke omstandigheden te bestuderen en hun landbouwkundige betekenis te toetsen werd begin 1953 op de proefboerderij „Tammingaheerd” te Hornhuizen het structuurregelaarsproefveld Pr 1470 aangelegd. De hiermee verkregen resultaten zijn door BOEKEL in verschillende publikaties en rapporten (1954, 1955, 1956A en B, 1957, 1958, 1959A en B) beschreven. Ons interesseert in het bijzonder de reactie van het gewas op de aangebrachte structuurverschillen. De tot en met 1957 verkregen relaties tussen de opbrengsten en de structuur, gekarakteriseerd door het poriënvolume in volumeprocenten, zijn weergegeven in fig. 4.

Bodemkundig beoordeeld gaat op de lichte, slepende zavelgrond van dit proefveld een betere structuur samen met een hoger poriënvolume. Uit fig. 4 blijkt echter dat deze betere structuur lang niet altijd een hogere opbrengst betekent. Slechts het eerste jaar (1953) en gedeeltelijk in 1955 ging een hoger poriënvolume samen met een hogere opbrengst. In de overige jaren was het omgekeerde het geval. Ook in 1958 nam de korrelopbrengst van zomertarwe enigszins af bij stijgend poriënvolume.

Hoewel de opbrengst aan oogstbare delen dus met stijgend poriënvolume nog al eens daalde, was dit met de rest van de plant lang niet altijd het geval. De loofopbrengst der suikerbieten in 1954 vertoont bij stijgend poriënvolume in het gebied der kleinere poriënvolumina een stijgende tendens (fig. 5). Bij de aardappelen in 1956 was de loofontwikkeling in juni op de veldjes met hogere poriënvolumina beter. In dit jaar werden regelde vochtbepalingen gedaan, waaruit bleek dat vochtgehalte en pF-waarde<sup>1</sup> het gehele groeiseizoen vrijwel constant waren en dat er geen reden was om onregelmatigheden in lucht- en vochthuishouding aansprakelijk te stellen voor het verschillend gedrag van boven- en ondergrondse delen. Waarschijnlijker lijkt het dat het beschikbaar komen van bodemstikstof door een lossere structuur bevorderd is, waardoor deze stikstof vooral in de eerste helft van de vegetatieperiode en dus in de tijd van de ontwikkeling der bovengrondse delen de plant ten goede is gekomen. De zich hoofdzakelijk later ontwikkelende oogstbare delen konden daardoor op de veldjes met hogere poriënvolumina niet meer profiteren van deze stikstof.

In 1955 vormden de lucht- en waterhuishouding wel knelpunten. De standcijfers voor het gewas erwten vertoonden in juni van dat jaar een duidelijk positief verband met het

<sup>1</sup> pF-waarde = <sup>10</sup>logaritme van de zuigspanning.

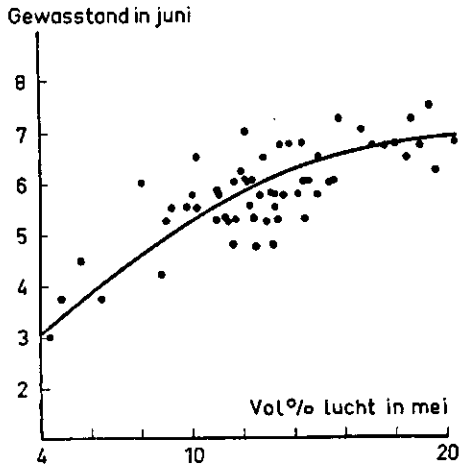


FIG. 6. Verband tussen de stand van het gewas erwten in juni en het luchtvolume in mei op Pr 1470 — 1955 (Volgens BOEKEL, 1956A)

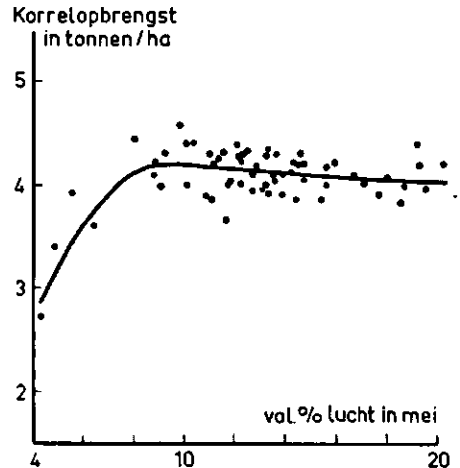


FIG. 7. Verband tussen de opbrengst aan erwten en het luchtvolume in mei op Pr 1470 — 1955 (Volgens BOEKEL, 1956A)

luchtvolume in de grond in mei (fig. 6). Bij de korrelopbrengst was echter, behalve bij zeer kleine luchtvolumina in mei ( $< 8$  volumeprocenten), niets van een dergelijk verband te bespeuren (fig. 7).

De verklaring hiervoor volgt uit fig. 8. De eerste helft van de vegetatieperiode was in 1955 nat en de bouwvoor was ongeveer op „veldcapaciteit” (pF 2). Bij de slechtere structuren kwam het luchtgehalte in het minimum ( $< 15$  volumeprocenten), waardoor de groei (van de vegetatieve delen) werd belemmerd. Na half juni was het droog, zodat de bouwvoor begin augustus zelfs tot het verwelkingspunt was uitgedroogd (fig. 8). Nu kwam het vochtgehalte in het minimum, het eerst op de betere structuren omdat daar door de betere ontwikkeling van het gewas het vochtverbruik het hoogst was. Op deze wijze werd op de betere structuren de betere ontwikkeling in de eerste helft van de vegetatieperiode grotendeels gecompenseerd door een slechtere groei in de tweede helft, waarin de korrelontwikkeling plaatsvond. Alleen op de veldjes die in de eerste helft van de groeiperiode een zeer ernstig luchtgebrek vertoonden (luchtgehalte  $< 8$  %), was de ontwikkeling zo achter geraakt, dat dit ook in de korrelopbrengst tot uiting kwam (fig. 7).

Uit het bovenstaande blijkt wel hoe wisselend de invloed van de structuur op de opbrengst op zavel- en lichtere kleigronden kan zijn onder zich wijzigende weersomstandigheden. Op de zware Dollardklei te Nieuw Beerta werden echter door bekalking, behalve een hogere pH en een betere structuur, ook vrijwel jaarlijks hogere opbrengsten verkregen (fig. 9). De tamelijk nauwe positieve correlatie tussen pH en structuur kon pas goed doorbroken worden toen gebruikmaking van structuurregelaars mogelijk werd. Op het oude bekalkingsproefveld Pr 79 te Nieuw Beerta werd daartoe door BOEKEL (1959B) op enkele veldjes met lage pH de structuur met Krilium verbeterd, terwijl op enkele veldjes met hoge pH de structuur met een ander middel (B 517) slechter werd gemaakt, in beide gevallen zonder de pH te wijzigen. Bij de daardoor mogelijk

geworden scheiding van de invloeden van pH en structuur op de gewasgroei bleek de structuur de belangrijkste te zijn (fig. 10). In 1956 had de structuur dan ook een duidelijke positieve invloed op de ontwikkeling van het gewas erwten. Het effect van de structuur op de korrelopbrengst was echter tegengesteld, doordat zware regens in de nazomer het gewas neersloegen en gedeeltelijk deden verrotten; de schade was het grootst bij het zwaarste gewas, dat gegroeid was op de gronden met de beste structuur.

Op het bekalkingsproefveld Pr 582 te Nieuw Beerta werden door BOEKEL de laatste jaren uitvoerige structuuronderzoekingen verricht. De samenhang tussen structuur en pH vertoonde hier nog zoveel spreiding, dat een splitsing van de invloeden van beide factoren op de opbrengst mogelijk was. Zowel structuur als pH-KCl bleken in 1957 een duidelijk positieve invloed op de korrel- en stro-opbrengst van wintergerst te hebben. Bij de korrelopbrengst is de structuurinvloed groter dan de invloed van pH-KCl, bij de opbrengst aan stro zijn beide invloeden echter gelijk.

In 1958 werd het onderzoek herhaald bij wintertarwe. In tegenstelling met het voorafgaande jaar was de invloed van structuur en pH op de opbrengst nu vrijwel nihil. De oorzaak is niet geheel duidelijk. Vermoedelijk speelt het verschil in regenval in beide jaren een rol.

Bij de hier besproken resultaten van deze aan het Instituut voor Bodemvruchtbaarheid gedane onderzoekingen trekt vooral de aandacht de sterke invloed van het weer op het effect van de structuur en daardoor op de groei van het gewas, in het bijzonder bij de lichtere klei- en zavelgronden. Zowel het verloop van het weer gedurende de vegetatieperiode als het gemiddelde over dit tijdvak zijn daarbij van belang. Bij wat extreme weersomstandigheden schijnt de structuur de grootste invloed te hebben, ten goede als structuur en weer bij elkaar passen, ten kwade als dit niet het geval is. Zijn weer en weersverloop in de vegetatieperiode meer normaal, dan is over het algemeen de invloed van de structuur op de gewasgroei niet erg groot.

Zolang we nog niet de beschikking hebben over een bruikbare weervoorspelling op lange termijn zal de structuur afgestemd moeten worden op de gemiddelde weers-toestand in de vegetatieperiode. Voor de lichte zavel op de proefboerderij te Hornhuizen betekent dit dat men de grond niet te los moet maken. Zwaardere kleigronden vragen daarentegen in het algemeen wel een lossere structuur, omdat hier de aëratie onder vochtige omstandigheden meestal het knelpunt is. Dit wordt nog eens geïllustreerd door tabel 1, waaruit blijkt dat het luchtgehalte op deze gronden het laagst is en doorgaans beneden de noodzakelijke 10 à 15% blijft.

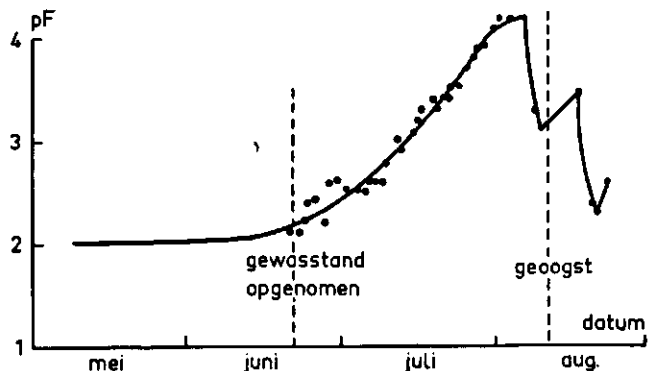


FIG. 8.  
Verloop van de pF in de bouwvoor van Pr 1470 gedurende het groeiseizoen 1955 (Volgens BOEKEL, 1956A)



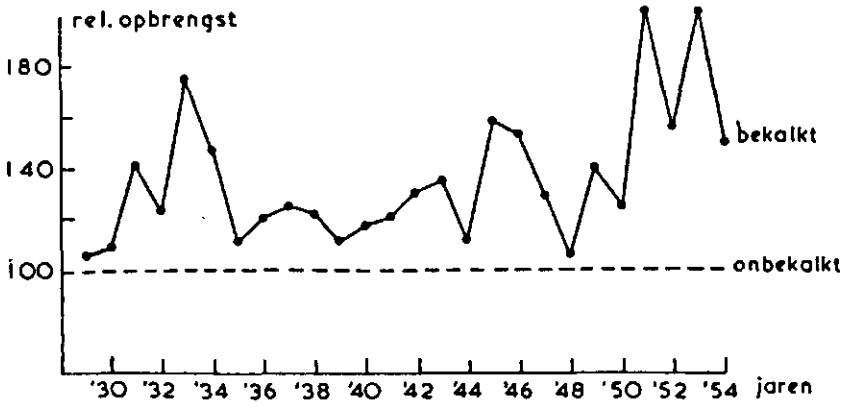


FIG. 9. Relatieve opbrengsten na bekalking van een zware Dollardklei. Pr. 79, Nieuw Beerta, 1929—1954 (Volgens BOEKEL, 1959B)

Bij zandgronden is het luchtgehalte in het algemeen ruim voldoende. Hier komt echter de vochtvoorziening onder droge omstandigheden meestal snel in het minimum. Door geregelde toediening van flinke hoeveelheden organische stof en verhoging van het humusgehalte kan de structuur zodanig gewijzigd worden, dat de hoeveelheid voor de plant beschikbaar water toeneemt (PEERLKAMP & BOEKEL, 1960). Ook spelen in zandgronden discontinue overgangen van de structuur in het profiel een rol, doordat ze de dieptegroei van het wortelstelsel kunnen belemmeren. Over de relatie tussen de structuur van de bouwvoor en het gewas op zandgronden zijn nog maar zeer weinig gegevens beschikbaar, doordat het aanleggen van een structuurproefveld op zandgrond nog niet mogelijk is en men dus op het kostbare plekkenonderzoek is aangewezen.

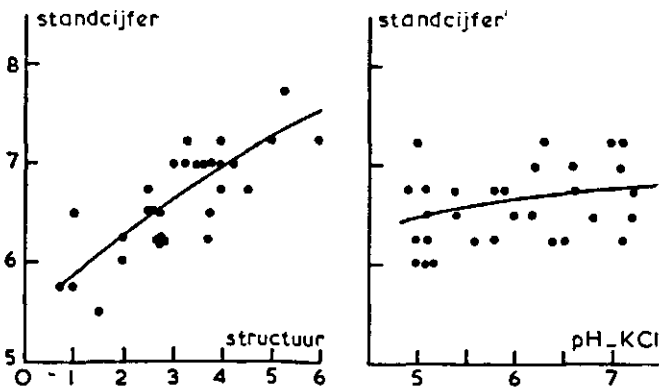


FIG. 10. Invloeden van visuele structuur en pH-KCl op de stand van een erwtengeas op de zware Dollardklei op Pr 79 — 1956 (Volgens BOEKEL)

TABEL 1. Luchtgehalten in de bouwvoor van enkele grondsoorten (volgens BOEKEL)

Grondsoort	Aantal waarnemingsplaatsen	Luchtgehalte in vol. %
Zware kleigrond	9	3—14
	1	13—20
Lichte kleigrond	8	10—22
	2	5—14
Zandgrond	10	26—40
Veenkoloniale grond	7	20—33
	2	5—21
	1	8—32

## 5. DE BETEKENIS VAN DE STRUCTUUR VOOR DE GRONDBEWERKING

Hoewel over de omgekeerde relatie de laatste jaren veel onderzoek is verricht (KUIPERS, 1957, 1959), is over de invloed van de structuur op de grondbewerking maar weinig bekend dat exact is. Zowel direct door meerdere of mindere „losheid” van de grond, als indirect via een regeling van het vochtgehalte, kan de structuur vóór de grondbewerking van invloed zijn op de benodigde energie en ook op de structuur ná de grondbewerking. Vooral bij kleigronden zal de structuur van betekenis zijn voor de benodigde trekkracht en daardoor voor de kosten. Uit een Duits onderzoek (EGGENMÜLLER, 1958) bleek b.v. dat bij een paar volumepercenten kleiner poriënvolume de trekkracht benodigd op leemgrond aanmerkelijk groter was.

## 6. DE BETEKENIS VAN DE STRUCTUUR VAN DE GROND VOOR DE EROSIE

Bij de erosie moet onderscheid gemaakt worden tussen water- en winderosie. Watererosie (het wegspoelen van grondlagen) treedt vooral op in gebieden met een geaccidenteerd oppervlak en met hoge regenintensiteiten (zware buien). De afspoeling van grond wordt veroorzaakt door een onvoldoend snelle infiltratie van het regenwater in de bodem en de dientengevolge optredende oppervlakkige afstroming. Om dit zoveel mogelijk tegen te gaan moet de structuur van de bovenste grondlaag dus zodanig zijn dat deze laag goed doorlatend voor water is en blijft. De grond zal daartoe in het algemeen uit zo bestendig mogelijke aggregaten<sup>2</sup> moeten bestaan, die echter ook weer zo poreus zijn dat de wortelharen erin kunnen doordringen en er water aan kunnen onttrekken. Het streven om door structuurverbetering de watererosie te bestrijden moet dus vooral gericht zijn op verbetering der intrinsieke structuur. Hiertoe wordt bij de leemhoudende en loessgronden, waarom het in de watererosiegebieden voor een groot deel gaat, sterk de nadruk gelegd op een goede voorziening met organische stof. In de Verenigde Staten zijn uit dit erosiebestrijdingsprobleem de structuurregelaars voortgekomen. Het zwaartepunt der bestrijding van watererosie ligt echter in het algemeen niet bij de tamelijk moeilijke en meestal veel tijd vergende structuurverbetering, maar bij maatregelen als terrassenbouw, strokencultuur, contourploegen, e.d. Watererosie is in ons vlakke land met zijn betrekkelijk lage regenintensiteiten van weinig of geen betekenis. We zullen ons daarom tot deze enkele opmerkingen beperken.

<sup>2</sup> Bestendige aggregaten zijn bestand tegen een bepaalde destructieve behandeling met water.

TABEL 2. Bewegingstypen bij verstuivende bodemdeeltjes

Bewegingstype	Diameter der verstuivende bodemdeeltjes (microns)		Verdeling der totale verstoven grondmassa over de bewegingstypen (gew. %)
	kwarts-korrels	aggregaten	
Beweging als suspensie	<100	<180	3—38
Beweging in sprongen ( <i>saltation</i> )	100—500	180—1200	55—72
Rollen over het bodemoppervlak ( <i>surface creep</i> )	500—1000	1200—2500	7—25

Naar gegevens van CHEPIL (1941, 1945, 1946)

Winderosie (het verstuiwen van grond) is daarentegen in ons land wel een belangrijk probleem (*Mbl. Landbouwoorl.*, 1948; MIEDEMA, 1951). Verstuiwing vindt plaats als een grondoppervlak met losse korrels of kleine aggregaatjes van daartoe geschikte afmetingen aan een voldoende sterke wind wordt blootgesteld. Zand- en dalgronden stuiwen in het geheel niet bij windsnelheden kleiner dan 5 m per sec, gemeten op de referentiehoogte van 6 m. Vele van deze gronden stuiwen zelfs nog niet noemenswaard bij een windsnelheid van 7 m/sec. De afmetingen van losse korrels en aggregaatjes aan het grondoppervlak bepalen of ze bij een voldoende sterke wind gaan bewegen en hoe. Volgens de Engelse onderzoeker BAGNOLD (1941) kunnen drie hoofdbewegingen worden onderscheiden: (a) de kleinste deeltjes worden, gesuspenderd in de lucht, ver weggevoerd, (b) korrels van 100 tot 500  $\mu$  en aggregaatjes met een diameter tussen 180 en 1200  $\mu$  maken sprongbewegingen en (c) de grote korrels (500—1000  $\mu$ ) en aggregaatjes (1200—2500  $\mu$ ) rollen bij voldoende sterke wind over het oppervlak. Korrels groter dan 1 mm en aggregaten groter dan 2½ mm bewegen niet meer bij normaal voorkomende windsnelheden. Tabel 2 geeft een overzicht van de bewegingstypen en laat zien dat de sprongbeweging de belangrijkste is. De meeste Nederlandse zandgronden zijn op hun tegenwoordige plaats eolisch afgezet en daardoor voorbestemd om weer te gaan stuiwen. Het grootste deel der korrels heeft dan ook diameters tussen 100 en 500  $\mu$  en is dus geschikt voor de sprongbeweging.

De bestrijding van de winderosie kan op twee wijzen worden aangepakt: (1) door vermindering van de windsnelheid aan het aardoppervlak, (2) door het binden van de losse korrels tot grotere eenheden.

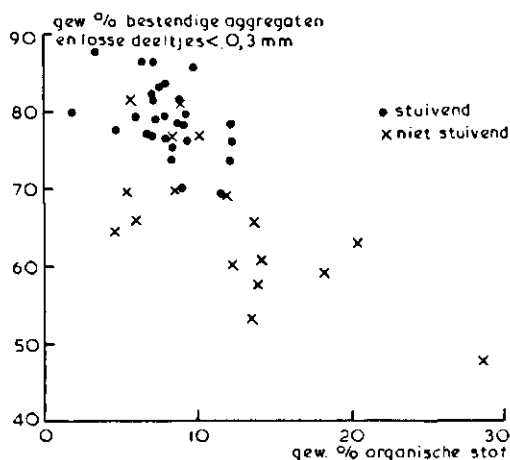
We zullen hier alleen de tweede wijze beschouwen. Deze geeft aanleiding tot twee verschillende werkmethoden:

- a. het verbeteren van de structuur, zodanig dat een flink percentage bestendige aggregaten, groter dan 2 à 2½ mm wordt gevormd,
- b. het samenkiten van de korrels in het grondoppervlak met behulp van een anti-stuifmiddel, zodat een korst ontstaat.

Dat niet stuivende percelen bouwland meer grote, bestendige aggregaten bevatten dan stuivende percelen en dat deze betere structuur samenhangt met een hoger gehalte aan organische stof blijkt o.a. uit fig. 11, ontleend aan een onderzoek van PEERLKAMP (1948B) in Zuidoost Groningen. Hieruit volgde nl. dat de niet stuivende percelen gemiddeld 13 gewichtsprocenten meer bestendige aggregaten van de fractie 0,2—8,0 mm bezaten dan de stuivende.

Het kunstmatig tot stand brengen van een dergelijke structuurverbetering moet geschieden langs de weg der organische stofvoorziening. Het is een langdurig proces dat

FIG. 11.  
Bodemstructuur (gekaracteriseerd door de fractie < 0,3 mm bij de natte aggregaat-analyse) in de laag 0—10 cm op wel en niet stuivende zand- en dalgronden in Z.O.-Groningen in afhankelijkheid van het gehalte aan organische stof (Volgens PEERLKAMP, 1948B)



het beste lukt door inschakelen van een graslandperiode (PEERLKAMP, 1950B), wat in de praktijk echter niet altijd mogelijk is. De laatste jaren is daarom getracht, in het bijzonder ten behoeve van de asperge- en de bollenteelt, om door het verspuiten van opgeloste zetmeelderivaten e.d. in het grondoppervlak een korst te vormen. Deze mag onder invloed van regen niet te snel verdwijnen, maar moet wel microbiologisch afgebroken kunnen worden om ophoping in de bouwvoor na herhaalde toediening te voorkomen. Deze afbraak mag echter ook weer niet te snel verlopen. De korst mag de groeitoppen van opkomende gewassen niet beschadigen en moet voldoende poreus zijn om de vocht- en luchthuishouding niet te storen. Ten slotte moet het middel met de normale spuit-apparaatuur toegediend kunnen worden en de toepassing economisch verantwoord zijn. Meerdere prototypen, afkomstig van Nederlandse industrieën, zijn en worden aan het Instituut voor Bodemvruchtbaarheid in de windtunnel en buiten beproefd. Eén middel dat aan het merendeel der gestelde eisen beantwoordde, gaf in de aspergeteelt gunstige resultaten. De mate van resistentie tegen regen laat echter nog te wensen over. Tabel 3, ontleend aan een onderzoek van HELLINGS (1957), demonstreert het effect van enkele middelen op de hoogte der aspergebedden en op de „hardheid” (GH-cijfer) van het grondoppervlak ongeveer een week na de behandeling. De behandelde bedden zijn hoger en hebben een harder oppervlak dan de onbehandelde.

Samenvattend kan gezegd worden, dat de structuur van de bovenste grondlaag van

TABEL 3. Proeven over de bestrijding van winderosie met zetmeelderivaten op aspergepercelen te Grubbenvorst in 1956.

Behandeld: 26 en 27 april. Hoogten van de bedden en „Greenhardness”-cijfers op 2 en 3 mei (gemiddelden van het tussen haakjes geplaatste aantal waarnemingen).

Object	Hoogte in cm	GH — cijfer
onbehandeld	34,0 (16)	20,3 (80)
25 kg/ha 8a	37,3 (8)	24,5 (80)
50 kg/ha 8a	36,9 (8)	31,7 (80)
50 kg/ha 1289	35,8 (8)	28,9 (80)
50 kg/ha B 1847	36,0 (8)	32,0 (80)

Volgens HELLINGS (1957)

grote betekenis is voor de verstufbaarheid van de grond. Aggregatie van de gronddeeltjes tot bestendige aggregaten van 2 à 3 mm werkt zowel het wegspelen als het verstuiwen tegen. Daar het verminderen der verstufbaarheid langs deze weg echter moeizaam en langdurig is, probeert men de erosie tot dusver hoofdzakelijk op andere wijze te bestrijden.

#### LITERATUUR

- BAGNOLD, R. A., The physics of blown sand and desert dunes, London, 1941.
- BAVER, L. D., Soil physics. New York, London, 1956.
- BOEKEL, P. Verslag van het onderzoek met structuurregelaars op het proefveld Pr 1470 op de proefboerderij „Tammingsheerd” te Hornhuizen over 1953, 1954, 1955, 1956, 1957 en 1958. *Gestenc. Rapp. C 5623* (1954) 8; *C 5624* (1955) 8; *C 6290* (1956A) 7; *C 6621* (1957) 7; *C 7702* (1958) 5; *C 8634* (1959A) 4.
- , Structuurregelaarsproefveld Pr 1470 (1953—1955). *Versl. 1951 t/m 1955, Ver. Expl. Proefboerd. in de klei- en zavelstreken van Gron.* (1956B) 108-116.
- , Some remarks on the influence of soil structure on plant growth. *Meded. Landbouwhogeschool en Opzoekingsstat. Gent 24* (1959C) 52-57.
- , Evaluation of the structure of clay soils by means of soil consistency. *Meded. Landbouwhogeschool en Opzoekingsstat., Gent 24* (1959D) 363-368.
- and P. K. PEERLKAMP, Soil consistency as a factor determining the soil structure of clay soils. *Neth. J. Agr. Sci. 4* (1956) 122-125.
- CHEPIL, W. S., Dynamics of wind erosion II-IV. *Soil Sci. 60* (1945) 397-411; 475-480; *61* (1946) 167-177.
- and R. A. MILNE, Wind erosion of soil in relation to roughness of surface. *SoilSci. 52* (1941) 417-433.
- EGGENMÜLLER, A., Untersuchungen an schwingenden Häufelkörpern. *Grundl. d. Landtechn. 10* (1958) 143-150.
- FERRARI, TH. J., Stikstofbemesting en bodemfactoren. *Landbouwk. Tijdschr. 61. 2* (1949) 111-120.
- , Een onderzoek over de stroomruggonden van de Bommelerwaard met als proefgewas de aardappel. *Versl. Landbouwk. Onderz. 58. 1* (1952).
- HELLINGS, A. J., Bestrijding van de grondverstuiving in de aspergecultuur. *Versl. 1955—1957 Comm. agrar. Belangen Limburg* (1957) 40-42.
- KUIPERS, H., Een streekonderzoek gericht op de factoren bodemstructuur en stikstofbemesting. *Versl. Landbouwk. Onderz. 61. 9* (1955).
- , A reliefmeter for soil cultivation studies. *Neth. J. Agr. Sci. 5* (1957) 255-262.
- , Pore space on three experimental fields with different plowing depths. *Meded. Landbouwhogeschool en Opzoekingsstat. Gent 24* (1959) 146-153.
- MAANBLAD *Landbouwoorlichtingsdienst 5. 11* (1948) 493-548.
- MIEDEMA, R. P. H., Stuivende gronden in Nederland. *Publ. Dir. Landb., afd. Akker- en Weideb. 1* (1951) 24.
- PEERLKAMP, P. K., Het meten van de bodemstructuur. *Landbouwk. Tijdschr. 60.8* (1948A) 321-338.
- , Bodemstructuur en winderosie in Z.O.-Groningen. *Mbl. Landbouwoorlichtingsd. 5.11* (1948B) 512-518.
- , The influence on soil structure of the „natural organic manuring” by roots and stubbles of crops. *Trans. int. Congr. Soil Sci. A'dam 1* (1950A) 50-54.
- , De invloed van organische stof op bodemstructuur en winderosie. *Landbouwk. Tijdschr. 62.8* (1950B) 594-611.
- , A visual method of soil structure evaluation. *Meded. Landbouwhogeschool en Opzoekingsstat. Gent 24* (1959) 216-221.
- and P. BOEKEL, Moisture retention by soils. *Versl. Meded. Comm. Hydr. Onderz. T.N.O. 5* (1960) 122-139.