

# Grondbewerking

Ir C. J. Cleveringa

(Centraal Instituut voor Landbouwkundig Onderzoek).

SEPARAAT

No. 16253

631.51  
631.582  
631.581

## 1. Inleiding.

Grondbewerking is een van de oudste en meest algemeen toegepaste handelingen in de landbouw. In verhouding tot de betekenis, die zowel landbouwtechnisch als bedrijfseconomisch aan de grondbewerking kan worden toegekend, is er echter opvallend weinig aandacht door de landbouwwetenschap aan dit onderdeel van de bedrijfsvoering besteed. Kenmerkend voor deze situatie is, dat de Nederlandse leerboeken over grondbewerking (1, 3, 20) als inleiding tot de behandeling van grondbewerkingswerktuigen voornamelijk een beschrijving geven van de wijze, waarop de grondbewerking in verschillende streken van ons land door de landbouwer wordt uitgevoerd. In tegenstelling tot de landbouw-literatuur op het gebied van b.v. de bemesting, zaai- en oogsttechniek zal men in de leerboeken over grondbewerking tevergeefs zoeken naar uit proefnemingen getrokken conclusies, die aanleiding zouden kunnen geven tot een geheel andere, beter verantwoorde wijze van uitvoering. In de verslagen van de betrekkelijk schaars aangelegde grondbewerkingsproefvelden wordt door de onderzoekers er steeds de nadruk opgelegd, dat men vooral aan de uitkomsten van deze proeven geen algemene betekenis mag hechten, omdat deze op een andere plaats en in een ander jaar zeer waarschijnlijk geheel anders zouden zijn uitgevallen.

Typerend voor deze geringe belangstelling kan ook het feit genoemd worden, dat dit artikel in No. 19 van „Bodem” de eerste publicatie in dit tijdschrift is, welke het woord „grondbewerking” in de titel vermeldt, terwijl de grondbewerking toch (onder a 3) met name in de doelstelling van onze Vereniging is opgenomen en voor „het bevorderen en doen in stand houden van een goede structuur en vruchtbaarheid van de bodem” van groot belang kan worden geacht.

Het is niet toevallig, dat juist nu de aandacht op het grondbewerkingsvraagstuk wordt gevestigd. Dit vraagstuk is nl. sinds kort in de belangstellingssfeer van een aantal Nederlandse proefstations en instituten getrokken, waarvan enkele medewerkers samen een Werkgroep hebben gevormd, die zullen trachten het wetenschappelijk inzicht in de grondbewerking te verruimen. De directe aanleiding voor de vorming van deze Werkgroep was een „Grondbewerkingsdag”, welke in 1951 door de Nederlandse Bodemkundige Vereniging werd gehouden. De met de organisatie van deze dag belaste commissie kwam na afloop o.a. tot de

volgende conclusie: „In verhouding tot de hoge bedragen welke jaar in jaar uit door de landbouw in de grondbewerking worden geïnvesteerd, is het inzicht in de behoefte aan grondbewerkingen en de wijze waarop deze dienen te geschieden, ontoereikend. Ernstige twijfel heerst omtrent de juistheid van verscheidene grondbewerkingen. Onderzoek is dringend gewenst.” In overeenstemming met de uitspraak „Twijfel is het begin van alle kennis” zal dit onderzoek dus in de eerste plaats gericht zijn op een toetsing van de doelmatigheid van handelingen, die van geslacht op geslacht zijn overgeleverd en waarvan velen zonder meer aangenomen hebben, dat zij wel juist zouden zijn.

Deze herleving van het grondbewerkingsonderzoek is geen Nederlands maar een internationaal verschijnsel (12, 13, 14, 15, 22, 31, 34) en hiervoor is wel een verklaring te geven. Er zijn nl. in de moderne tijd grote wijzigingen gekomen in de mogelijkheden van grondbewerking. Deze wijzigingen betreffen enerzijds een verruiming, anderzijds een beperking. Dank zij de ontwikkeling van de techniek is het mogelijk geworden de grondbewerking intensiever uit te voeren dan vroeger. Op de gemechaniseerde bedrijven kan dieper geploegd worden en allerlei bewerkingen kunnen vaker uitgevoerd worden, omdat de benodigde tijd per bewerking van een bepaalde oppervlakte korter duurt dan vroeger met paarden het geval was. Hier staat tegenover, dat dezelfde technische ontwikkeling het ook mogelijk heeft gemaakt de grondbewerking sterk te beperken. In verband met het versnelde tempo der bewerkingen is de keuze van het juiste tijdstip van grondbewerking ruimer geworden. Vele van de vroeger toegepaste bewerkingen vooral op de zware kleigronden hadden alleen tot doel de kwade gevolgen van een voorgaande bewerking, die noodgedwongen op een ongunstig tijdstip werd uitgevoerd, zo goed mogelijk te herstellen. Door een juiste keuze van het tijdstip zal men dikwijls de grond minder intensief en minder vaak behoeven te bewerken. Het lijkt waarschijnlijk, dat vooral op de laatstgenoemde wijze geprofiteerd zal worden van de mogelijkheden, die de ontwikkeling van de techniek aan de grondbewerking biedt. De belangstelling van de practijk gaat niet in de eerste plaats uit naar hogere opbrengsten onder invloed van nieuwe methoden van grondbewerking, maar naar gelijke opbrengsten, die met behulp van een goedkopere bewerking kunnen worden verkregen. Bij de opzet van het grondbewerkingsonderzoek zal met dit economisch motief rekening dienen te worden gehouden, in die zin, dat naast het zoeken naar grondbewerkingsmethoden, die een maximale opbrengst garanderen, aandacht wordt besteed aan de vraag hoe men met zo min mogelijk bewerkingen toch nog een goed gewas kan krijgen. Deze twee doelstellingen liggen gelukkig niet zo ver van elkaar af, als men misschien zou vermoeden, daar een zeer intensieve en veelvuldig toegepaste grondbewerking meestal geenszins de beste opbrengsten waarborgt.

Wij zien dus het merkwaardige verschijnsel, dat van de geboden mogelijkheid om de grond dieper en intensiever te bewerken zowel om technische als economische redenen misschien geen gebruik zal worden gemaakt, maar dat de grotere beschikbare trekkracht benut zal worden om de grondbewerking te beperken tot het meest geschikte tijdstip.

Men zou kunnen verwachten, dat de Werkgroep „Grondbewerking” terstond zou overgaan tot het op uitgebreide schaal aanleggen van meerjarige grondbewerkingsproefvelden. De meeste proefveldverslagen eindigen namelijk met de uitspraak, dat pas na voortzetting van de desbetreffende grondbewerkingsproefvelden gedurende lange tijd en op verschillende grondsoorten conclusies kunnen worden getrokken. De vervulling van de hier uitgesproken verwachting, volgens welke door statistische verwerking van de opbrengsten van een grote serie permanente proefvelden of van praktijkpercelen met een verschillend bewerkte grond het grondbewerkingsvraagstuk opgelost kan worden, moet echter ernstig in twijfel worden getrokken. Het is namelijk een algemeen verschijnsel, dat niet alleen op verschillende proefvelden in eenzelfde jaar, maar ook op eenzelfde proefveld in verschillende jaren volledig tegengestelde reacties van de opbrengsten van hetzelfde gewas op bepaalde wijzen van grondbewerking kunnen optreden.

De verwerking van dergelijke gegevens zou eerder tot de conclusie kunnen leiden, dat het uiteindelijk in het geheel niet belangrijk is hoe de grond wordt bewerkt, dan dat hieruit positieve richtlijnen voor de praktische toepassing kunnen worden getrokken. De meest belovende methode van onderzoek, volgens welke ons inzicht in het grondbewerkingsvraagstuk verdiept kan worden, berust op het verklaren van de oorzaken, die aanleiding hebben gegeven tot het optreden van een bepaalde reactie van de opbrengst op de grondbewerking onder de gegeven omstandigheden. Waarom heeft in dat jaar op dat proefveld diep ploegen de opbrengst van aardappelen verlaagd en die van haver verhoogd en waarom was het resultaat in een ander jaar of op een andere plaats precies tegengesteld? De ervaringen met deze methode van werken, die behalve in het buitenland (18, 19, 28, 29, 30, 32) in ons land in het bijzonder door *O. J. Cleveringa* (6, 7) reeds is toegepast, leren ons, dat het ontrafelen van alle factoren, die bij het verband tussen grondbewerking en gewasopbrengst zijn betrokken, een zeer moeizame arbeid is. De omstandigheid dat inmiddels nieuwe, meer exacte methoden zijn ontwikkeld om allerlei fysische, chemische en biologische eigenschappen van de grond te bepalen, wettigt het vertrouwen, dat een op deze wijze hernieuwd aangepakt onderzoek de reeds vroeger verworven inzichten zal verruimen en verdiepen. Mede in verband met de beschikbare capaciteit zal de Werkgroep zich dan ook voorlopig voornamelijk beperken tot een bestudering van de factoren, die in samenhang met de grondbewerking

de opbrengst van gewassen op reeds bestaande grondbewerkingsproefvelden beïnvloeden. Indien de Werkgroep er in zou slagen een verklaring te geven voor het al of niet optreden van opbrengstverschillen op deze proefvelden, zou het grondbewerkingsvraagstuk dichterbij een oplossing gebracht zijn dan wanneer wij de beschikking zouden krijgen over een veel groter aantal proefveldresultaten, waarvan de ontstaanswijze onbekend zou blijven.

In dit artikel zal zeer globaal aangegeven worden, welke vraagstukken bij het onderzoek van de grondbewerking aan de orde komen.

## 2. Het doel van de grondbewerking.

De grondbewerking beïnvloedt de groei van de gewassen in het algemeen op vier verschillende wijzen. In de eerste plaats worden de natuurkundige eigenschappen van de grond veranderd. Meestal betreft het een vergroting van het poriënvolume, in het bijzonder van het volume, dat door de grote, niet-capillaire holten wordt ingenomen; door rollen en slepen wordt daarentegen juist een verdichting van de grond nagestreefd. De verhouding van het volume vaste gronddeeltjes, niet-capillaire en wel-capillaire holten bepaalt de lucht- en waterhuishouding van de grond en direct in verband hiermee de bodemtemperatuur (9). Vervolgens beïnvloedt de grondbewerking de chemische eigenschappen van de grond. De wijze, waarop organische en anorganische stoffen met de grond worden vermengd, bepaalt de plaatsen waar de plantenwortels met de voedingsstoffen in aanraking kunnen komen. Ook zijn er aanwijzingen, dat de diepte van grondbewerking de mate van uitspoeling van voedingszouten beïnvloedt. In de derde plaats beheerst de grondbewerking in sterke mate de biologische eigenschappen van de grond zowel in positieve als negatieve zin. Door het onderwerken van organische-meststoffen en resten van voorgaande gewassen wordt de ontwikkeling van de bodemfauna en -flora gestimuleerd. Anderzijds blijkt het aan de grondbewerking meestal noodzakelijk verbonden verschijnsel van periodiek braak liggende grond buitengewoon schadelijk voor de levende organismen in de grond te zijn wegens hun gevoeligheid voor directe zonnestraling en indroging van de grond. Ten slotte heeft de grondbewerking invloed op de groei van de cultuurgewassen door de uitschakeling van alle overige concurrerende plantengroei in de vorm van opslag van voorgaande gewassen of onkruid.

Hoewel een bepaalde grondbewerking meestal gelijktijdig op meer dan een van de bovengenoemde wijzen de opbrengst van gewassen beïnvloedt en de door deze grondbewerking geactiveerde fysische, chemische, biologische en botanische processen onderling van elkaar afhankelijk zijn, zal toch getracht worden aan de hand van bovengenoemde onder-

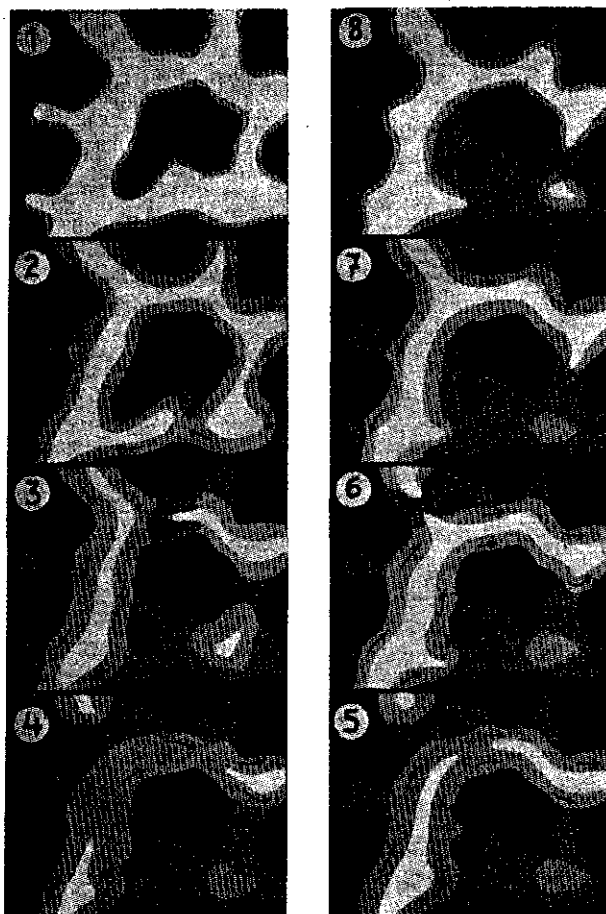
scheiding enkele aspecten van het grondbewerkingsvraagstuk afzonderlijk te belichten.

### 3. De invloed van grondbewerking op de bodem en de plantengroei.

#### a. *De natuurkundige eigenschappen van de grond.*

In het algemeen is bekend, dat de wortels van onze cultuurgewassen voor een goede ontwikkeling en voor een goed functioneren van de wortelharen steeds gelijktijdig de beschikking moeten hebben over water en lucht in een milieu met een gunstige temperatuur (2). Terwijl over de waterbehoefte van planten reeds veel bekend is, is de luchthuishouding van de grond een zeer sterk verwaarloosd onderdeel van de landbouwetenschap; deze leemte in onze kennis wordt veroorzaakt doordat nog geen bevredigende methodiek is ontwikkeld om de bodem-atmosfeer, waarin de plantenwortels leven, te bemonsteren. Toch zal het voor het slagen van het grondbewerkingsonderzoek noodzakelijk zijn, dat wij deze luchtvoorziening van de plantenwortels beter leren kennen, in de eerste plaats omdat de grondbewerking juist het volume lucht in de grond het sterkst beïnvloedt en vervolgens omdat uit proeven is gebleken, dat door de kunstmatige regeling van de toevoer van zuurstof en de afvoer van koolzuur in de bodem opbrengsten verhoogd kunnen worden tot een niveau, dat in de landbouwpraktijk zelden of nooit bereikt wordt. Er bestaan aanwijzingen, dat niet alleen op onze zware kleigronden maar ook op de lichte zandgronden de luchthuishouding een beperkende groeifactor vormt, waarvan de betekenis nog onvoldoende wordt ingezien (5).

Het bodemfysisch onderzoek wordt verder zeer bemoeilijkt door de dynamische toestand, waarin een bewerkte grond zich gedurende het groeiseizoen bevindt. Op vers geploegde grond, die zich in een zogenaamde „wankelstructuur” bevindt, werken verschillende krachten, die in twee groepen onderscheiden kunnen worden. De eerste groep bevordert het instorten van het labiele bouwwerk, met als gevolg een zo dicht mogelijke ligging van de vaste gronddeeltjes. Tot deze groep behoort naast de zwaartekracht de mechanische druk van wielen, hoeven of voeten, vooral de structuur vernielende werking van de directe regenslag en de verspoeling van kleine gronddeeltjes door het in de bodem dringende regenwater, die aanleiding geven tot verstopping van de poriën (24). Van dit laatste verschijnsel, door de Oostenrijkse onderzoeker *Sekera* (32) „Micro-erosie” genoemd geeft afbeelding 1 een duidelijk beeld. Deze schematische weergave van een door *Sekera* onder het microscoop waargenomen proces laat zien, hoe op de reeks plaatjes 1—4 het water via een steeds dikker wordende waterfilm om de gronddeeltjes de bodem binnendringt (de pijltjes geven de stroomrichting aan); op de reeks plaatjes 5—8 trekt het water zich weer terug. Tijdens deze bevochtiging



Afb. 1 *Micro-erosie, ontleend aan F. Sekera Z. f. Pflanzenernährung, Düng., Bodenkunde 55(100), 198, 1951*

en indroging worden dammen van geërodeerd materiaal gevormd, die de stroomrichting soms doen veranderen. Een vergelijking van de plaatjes 1 en 8 toont duidelijk de afname van het poriënvolume door opvulling van holten met verspoeld materiaal na deze kunstmatige regenbui.

De tweede groep krachten werkt juist tegengesteld. Hiertoe behoren zowel die factoren, welke de kracht van de regenslag breken b.v. een grondbedekkend gewas of een mulch dek, als die welke de grond-

aggregaten stabiliteit verlenen en deze aldus tegen micro-erosie beschermen. Tot de laatstgenoemde factoren behoren o.a. de stabiele en labiele humusstoffen, de kalk, de bodemflora en -fauna en de levende plantenwortels.

Het bovenstaande samenvattende blijkt dus, dat de grondbewerking aanleiding geeft tot het ontstaan van een labiel bouwwerk met een bepaalde verdeling van de volumina grond, water en lucht, maar dat deze ruimtelijke ordening onder invloed van tegengestelde krachten gedurende het groeiseizoen van het gewas aan belangrijke wijzigingen onderhevig kan zijn. In hoeverre deze wijzigingen werkelijk plaatsvinden is afhankelijk van het jaar (neerslag), van de grondsoort (slib- en humusgehalte), van de vruchtwisseling (bodembedekking), van de organische bemesting (voedsel voor bodemfauna en -flora), van de anorganische bemesting (pH) enz. enz., kortom van een groot aantal factoren, die niets met de grondbewerking te maken hebben, maar die toch het uiteindelijke resultaat hiervan in belangrijke mate mede bepalen.

Zeer belangrijk is nu hoe de wortels van onze gewassen op de ruimtelijke verhoudingen in de grond reageren. Hiervan geven de afbeeldingen 2 en 3 een illustratie, betrekking hebbende op gewassen met een penwortel-, respectievelijk met een bijworteltype. Op afbeelding 2 ziet men links van de lineaal (lengte 20 cm) een lupineplant, die gezaaid werd in



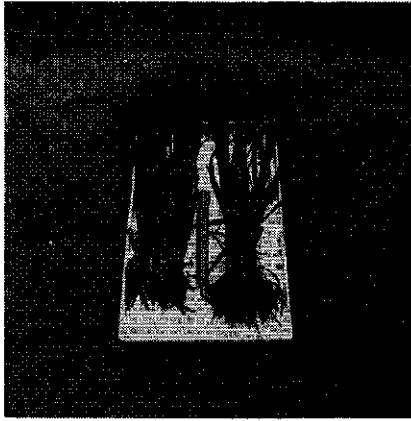
*Afb. 2 Lupinen op grondbewerkingsproefveld R.L.V.D. Roermond.  
Foto Cleveringa*

een 8 cm diep geploegde roggestoppel. Op een ander gedeelte van het proefperceel was de roggestoppel bewerkt met een cultivator, die met zijn tanden de grond 3 à 4 cm diep had opengekrabd. De grond, welke

tussen deze losgewerkte lagen en 18 cm diepte lag, was het laatst, ongeveer een jaar geleden, vóór het zaaien van de rogge geploegd. Terwijl de krachtige penwortel van de lupine recht de diepte in groeide, blijken de zijwortels en de stikstofknolletjes zich vrijwel geheel te beperken tot de pas bewerkte bovenste laag in de bouwvoor; dit laagje was op het geploegde perceel niet alleen dikker maar de structuur was ook aanmerkelijk beter dan op het gecultiveerde perceel, hetgeen blijkt uit de veel rijkelijker vorming van zogenaamde „worstjes”. Helaas zijn er geen opbrengstbepalingen verricht, daar het gewas voortijdig door een strenge nachtvorst doodvroor. Ter illustratie zal hier gewezen worden op de moeilijkheden waarvoor een onderzoeker bij de interpretatie van een dergelijk proefveld staat, ook als de opbrengst bekend zou zijn geweest. Ten gevolge van het betere zaaibed was het aantal planten op het geploegde deel aanmerkelijk groter. De hoeveelheid gebonden luchtstikstof zal wegens het groter aantal knolletjes waarschijnlijk groter geweest zijn evenals de hoeveelheid wortels, die beide het volgende gewas weer ten goede komen. Hier staat tegenover, dat onder praktijkomstandigheden, waarmee op dit proefveld geen rekening werd gehouden, de lupinen, na een oppervlakkige bewerking met de cultivator tussen de roggeschoven door, eerder gezaaid hadden kunnen worden. Aangezien de lengte van de groeiperiode zeer belangrijk voor de opbrengst van stoppelupinen is, kan het nadeel van een minder goed zaaibed en van een slechter ontwikkeld wortelstelsel best opgeheven worden door het voordeel van een langere groeitijd. Ook wanneer de opbrengst van dit proefveld bekend zou zijn geweest, zou niet direct geconcludeerd kunnen worden welke wijze van grondbewerking voor de landbouwer het meeste voordeel oplevert, omdat de factor tijdstip van grondbewerking niet in de proef werd opgenomen.

De betekenis van deze factor wordt geïllustreerd door de geschiedenis van een praktijkperceel, waarop afbeelding 3 betrekking heeft. De desbetreffende landbouwer was in het vroege voorjaar begonnen een perceel te ploegen, maar hij moest wegens een periode met zware regenval deze grondbewerking tijdelijk staken. Na beëindiging van het ploegen van het in andere opzichten ook in voorgaande jaren geheel uniform behandelde perceel werd haver gezaaid. In alle leerboekjes kan men vinden, dat zandgrond voor de teelt van haver zo vroeg mogelijk geploegd moet worden, omdat de grond dan minder sterk uitdroogt, terwijl voorkomen wordt, dat de haver in vers geploegde grond te diep gezaaid wordt. Op dit perceel was de haver op het vroeg geploegde gedeelte (links van de lineaal) op de streep af echter opvallend achter in ontwikkeling, de stand was holler en bovendien leed het gewas ernstig aan magnesiumhonger (tijgering van het blad) in tegenstelling tot het gezonde fors ontwikkelde gewas op het laat geploegde gedeelte (rechts van de lineaal). De ver-





*Afb. 3 Haver op praktijkperceel Stramproy (L). Foto Cleveringa*

klaring van deze uitzondering op de regel bleek na profiel-onderzoek te berusten op het optreden van „micro-erosie” op het vroeg geploegde gedeelte. Tijdens de regenperiode was de vers geploegde grond sterk verdicht; de wortels hadden zich matig kunnen ontwikkelen met o.a. als gevolg, dat de hoeveelheid magnesium, die op het laat geploegde gedeelte voldoende was voor de groei van een gezond gewas, op dit gedeelte van het perceel onvoldoende ter beschikking van de planten kwam.

Deze voorbeelden, die betrekking hebben op de invloed van twee verschillende methoden respectievelijk twee verschillende tijdstippen van grondbewerking op de ontwikkeling van gewassen, illustreren in de eerste plaats de betekenis van de fysische eigenschappen van de grond voor de wortelontwikkeling maar tonen tevens de noodzaak aan de oorzaken op te sporen, die aanleiding hebben gegeven tot juist deze reacties van het gewas op de toegepaste grondbewerkingen.

*b. De scheikundige eigenschappen van de grond.*

In de meeste gevallen worden de kunstmeststoffen na het ploegen gestrooid en in het geheel niet of oppervlakkig met de grond vermengd door ineggen. De vraag, of het voordelig is de meststoffen door de gehele bouwvoor te mengen, behoort ook tot het terrein van het grondbewerkingsonderzoek (31). In Duitsland heeft men zelfs een werktuig geconstrueerd, dat de ondergrond tot 50 cm diep bemest met, volgens de eerste inlichtingen, gunstig resultaat (26). Op een permanent grondbewerkingsproefveld in Duitsland bleken de relatief lage opbrengsten

van het ondiep geploegde gedeelte toegeschreven te moeten worden aan een sterkere uitspoeling van kalk in vergelijking met die van het diep geploegde deel (30). Het is niet bekend in hoeverre deze resultaten van betekenis zijn voor ons land, in het bijzonder voor onze zandgronden.

*c. De biologische eigenschappen van de grond.*

Alle in de grond voorkomende organismen zijn voor het vervullen van hun levensverrichtingen aangewezen op organisch voedsel, terwijl het bodemmilieu aan zeer bepaalde eisen betreffende de ruimtelijke verhoudingen, de vocht- en zuurstofgehalten en de temperatuur moet voldoen. Uit vergelijkende onderzoekingen is gebleken, dat aan deze levensvoorwaarden het best wordt voldaan onder een natuurlijke gemengde vegetatie, mits o.a. de grondwaterstand en de kalktoestand in orde zijn. Onder dergelijke omstandigheden komen de jaarlijks afstervende plantendelen volledig ter beschikking van de bodemorganismen, die bij gelijkmatige bodemtemperaturen elk een ruimte in de grond bewonen, welke in overeenstemming met hun eigen afmetingen is en waarin het vochtgehalte en de zuurstofspanning aan de door hen gestelde eisen beantwoorden (11). In verband met ons onderwerp is het in het bijzonder van betekenis, dat onder genoemde omstandigheden, waarbij de grond niet kunstmatig wordt bewerkt, de natuurkundige en scheikundige eigenschappen van de bodem veel gunstiger voor de plantengroei zijn dan in bouwland; het grasland neemt hierbij een tussenpositie in. De organische stof wordt trapsgewijs door verschillende soorten van organismen gemineraliseerd, gelijktijdig naar diepere bodemlagen verplaatst en homogeen met de grond vermengd. Daarnaast worden organische afbraakproducten tot nieuwe, stabielere humusvormen gesynthetiseerd. De bodemorganismen houden zowel direct door hun aanwezigheid („Lebendverbauung der Krümelstruktur”) (32) en woelarbeit als indirect door de vorming van organisch kitmateriaal zelf de voor hun levensverrichtingen vereiste ruimtelijke ordening van de bodem in stand, die tevens het ideale groeimilieu voor de plantenwortels vormt. Als sluitsteen van dit natuurlijke systeem fungeert de permanente bodembedekking, die het resultaat van de „biologische grondbewerking” behoedt voor vernieling door regenslag en tevens gelijkmatige bodemtemperaturen waarborgt. Een mechanische bewerking van een dergelijk natuurlijk bodemmilieu heeft voor de bodemorganismen de betekenis van een catastrofe (11). Vrijwel al hun gunstige levensvoorwaarden worden beperkt of opgeheven. De toevoer van organisch voedsel valt grotendeels weg, de aanwezige voorraad wordt door een versterkte aëratie snel verbrand en de bodembedekking ontbreekt; het stabiele natuurlijke milieu wordt vervangen door het onder 3a geschetste labele-systeem, waarin structuurvernielende krachten in afhankelijkheid van

het grillige klimaat de opbouwende krachten kunnen gaan overheersen.

Naar aanleiding van de hier geschetste situatie hebben talrijke landbouwkundigen zich afgevraagd, in hoeverre het mogelijk is bij de beoefening van de akkerbouw de onvolmaakte mechanische grondbewerking te vervangen door de veel doelmatiger biologische grondbewerking. Wij behoeven slechts de ongerepte natuur te bestuderen om de voorwaarden te leren kennen, waaraan voor het bereiken van dit doel moet worden voldaan. Indien ter vervanging van de door de oogsten onttrokken hoeveelheid organische stof zoveel mogelijk organisch voedsel aan de grond wordt teruggegeven in de vorm van een mulchdek, dat tegelijk als grondbedekking fungeert, dan bestaat de mogelijkheid, dat zich een voldoende krachtig bodemleven ontwikkelt om de mechanische grondbewerking overbodig te maken. De pogingen, die in verschillende landen in deze richting zijn gedaan en die zelfs aanleiding hebben gegeven tot de uitgifte van boeken als "Plowman's Folly" (10) en "Ploughman's Wisdom" (4), dreigen echter behalve op een tekort aan organische meststoffen te stranden op de noodzakelijke vervulling van de vierde en laatste functie van de grondbewerking, die tevens sinds de eerste beoefening van de akkerbouw de meest belangrijke is geweest:

*d. Het vernietigen van opslag van voorgaande gewassen en van onkruiden.*

Onze moderne akkerbouw is niet denkbaar zonder de teelt van monoculturen of van zeer eenvoudig samengestelde mengsels van gewassen, die in dit verband als monoculturen kunnen gelden. Tot sinds kort waren wij voor de handhaving van deze monoculturen geheel aangewezen op de grondbewerking. Dit geschiedt door het opzettelijk tot kieming brengen van onkruidzaden en van uitgevallen zaden van voorgaande gewassen en het daarna vernietigen van de kiemplanten door stoppelbewerkingen, door het diep onderploegen van zaden, wortelstokken of stolonen van onkruiden of door het vernietigen van onkruidplanten in het gewas met behulp van hak, schoffel, eg en aanaardploeg. Nu blijkt reeds bij een kerende grondbewerking met de ploeg de onkruidontwikkeling sterker te zijn naarmate er ondieper bewerkt wordt. Wanneer wij het ploegen vervangen door een oppervlakkige grondbewerking met eggen, wordt het onkruidvraagstuk nog veel moeilijker. Het is mogelijk, dat met behulp van de moderne onkruidbestrijdingsmiddelen dit probleem in de toekomst kan worden opgelost (8, 34). Een dergelijke oplossing zou ons echter wel heel ver doen afdwalen van ons streven de natuur zoveel mogelijk na te bootsen en weer nieuwe thans reeds uitvoerig bestudeerde problemen scheppen betreffende de eventuele schadelijke invloed van deze chemische middelen op de bodemorganismen, die wij juist willen stimuleren.

Voorlopig zijn wij voor de onkruidbestrijding echter nog aangewezen

op een of andere mechanische grondbewerking en verkeren hierdoor in de vicieuze cirkel: mechanische grondbewerking - braakperioden - ernstige teruggang van het aantal bodemorganismen en blootstelling van de grond aan regenslag - ongunstige natuurkundige en scheikundige eigenschappen van de grond - mechanische grondbewerking.

Uit het vorenstaande moge blijken, dat de onkruidbestrijding in belangrijke mate de wijze bepaalt, waarop onze cultuurgronden bewerkt worden. De zeer gebrekkige regeling van de natuurkundige en scheikundige eigenschappen van de grond door de mechanische in vergelijking met die door een biologische grondbewerking is de tol, die wij betalen voor de handhaving van onze monoculturen. Indien wij er in zouden slagen ongewenste plantengroei op een andere, voor de bodemorganismen onschadelijke wijze te bestrijden, dan zou bij aanvoer van voldoende organische-meststoffen landbouwtechnisch niets meer in de weg staan om de mechanische grondbewerking door een biologische te vervangen.

#### **4. De verschillende methoden van grondbewerking.**

Naar aanleiding van het voorgaande kunnen de in de praktijk toegepaste methoden van grondbewerking in twee groepen worden ingedeeld; deze twee groepen zullen hier ter onderscheiding scherp tegenover elkaar gesteld worden, hoewel in werkelijkheid allerlei overgangsvormen optreden.

De methoden, behorende tot de eerste groep, berusten op het streven een compromis te zoeken tussen de toepassing van een mechanische en een biologische grondbewerking, waarbij getracht wordt het accent zoveel mogelijk op de laatstgenoemde te leggen. Hierbij wordt de mechanische grondbewerking, zoveel als de onkruidbestrijding dit toelaat, beperkt; de zo zwaar mogelijke organische bemesting wordt hetzij door mulchen of door ondiep onderploegen onder de meest gunstige voorwaarden aan de bodemorganismen ter beschikking gesteld en de vruchtwisseling wordt zodanig gekozen, dat de grond zo weinig mogelijk braak ligt. Een van de middelen om de mechanische grondbewerking te beperken, is het inschakelen van kunstweiden in de opeenvolging van akkerbouwgewassen. Aanvoer van organische mest van buiten het bedrijf past ook geheel in dit systeem.

Bij de tweede groep van grondbewerkingsmethoden ligt het accent geheel op de mechanische grondbewerking. Wij treffen deze aan op onze zuivere akkerbouwbedrijven. Stadscompost en stalmest ontbreken, terwijl groenbemesting veelal niet wordt toegepast, omdat een half geslaagde of mislukte aanslag van het zaad aanleiding geeft tot sterke onkruidontwikkeling. Mede in verband met de aan dit systeem verbonden langdurige braakperioden speelt de biologische grondbewerking vrijwel

geen rol. Door vergroting van de bewerkingsdiepte en/of door het opvoeren van het aantal bewerkingen wordt getracht gelijktijdig met de onkruidbestrijding de natuurkundige en scheikundige eigenschappen langs mechanische weg zo goed mogelijk te regelen.

Bij de interpretatie van de resultaten van de grondbewerkingsproefvelden kunnen vele schijnbare tegenstrijdigheden opgehelderd worden met behulp van bovengenoemde onderscheiding. Wij zullen dit illustreren aan de hand van proeven betreffende diepte en tijd van grondbewerking, de objecten, die het meest veelvuldig zijn onderzocht.

#### a. Diepte van grondbewerking.

Voor een zuivere vergelijking van verschillende bewerkingsdiepten is een bodemprofiel met een uniforme minerale samenstelling tot aan de grootste bewerkingsdiepte vereist. Onder dergelijke omstandigheden heeft een aantal onderzoekers (7, 19, 23, 32) op proefvelden en/of in de praktijk de algemene regel gevonden, volgens welke de hoogste opbrengsten in het algemeen worden verkregen bij een ondiep ( $\pm 18$  cm) kerende bewerking, zonodig gecombineerd met het verbreken van een verdichte laag onder de bouwvoor met een ondergrondwoeler of schaar. Deze methode van grondbewerking dient gecombineerd te worden met een goede ontwatering, een krachtige organische bemesting en eventueel een bekalking. In ons land heeft in het bijzonder *O. J. Cleveringa* (7) in de periode 1932—1943 op 32 proefvelden, waarvan 10 met een proefduur variërende van 6—12 jaren, gunstige resultaten met deze werkwijze verkregen; op al deze proefvelden werden combinaties van de volgende objecten aangelegd: stalmest, groenbemesting, kalk, diep ploegen en ondiep ploegen + ondergrond woelen. De teleurstellende ervaringen, die andere onderzoekers met deze methode hebben opgedaan, hebben aanleiding gegeven tot twijfel aan of bestrijding van de doelmatigheid van deze wijze van grondbewerking (13). Vele van deze uitzonderingen op de bovengenoemde regel kunnen echter direct verklaard worden, doordat de methode niet aan de gestelde voorwaarden heeft voldaan of verkeerd is toegepast.

De hier besproken werkwijze van ondiep keren + ondergrond woelen behoort kennelijk tot de eerste van de door ons onderscheiden twee groepen; deze is namelijk gericht op het stimuleren van de biologische grondbewerking. Indien de ontwikkeling van de bodemorganismen nu geremd wordt door gebrek aan voedsel, een te hoge grondwaterstand, of een te lage kalktoestand, dan is aan de gestelde voorwaarden niet voldaan. Wanneer de ondergrondsbewerking onvoldoende effect heeft, is de methode verkeerd toegepast.

Zo zien wij inderdaad, dat een diep kerende bewerking aanleiding kan geven tot hogere opbrengsten dan een ondiep kerende bewerking.

gecombineerd met het woelen van de ondergrond tot dezelfde diepte als de diep kerende bewerking in de volgende gevallen:

- 1 Indien de bouwvoor zo arm is aan organisch voedsel, dat er van een biologische grondbewerking vrijwel geen sprake is. Hier maakt het uit biologische overwegingen weinig uit of de gewassen in de oorspronkelijke bovenlaag of in de bovengeploegde ondergrond worden gezaaid. Daar een diep kerende bewerking een eventueel verdichte ondergrond mechanisch beter los maakt dan een ondergrondwoeler of schaar, kan de diepe bewerking hier een beter resultaat geven.
- 2 Indien door periodiek optredende hoge waterstanden de bodemorganismen, ook bij aanwezigheid van voldoende organisch voedsel, in hun ontwikkeling worden belemmerd.  
Een diep bewerkt perceel heeft in dit geval meestal een grotere waterberging.
- 3 Indien een te hoge zuurgraad de bodemfauna en -flora belemmert of een ongewenste samenstelling geeft.
- 4 Indien door de woelarbeit de ondergrond onvolledig is los gemaakt wegens een te smalle of te plat liggende ganzevoet. In verband hiermee zijn op initiatief van Görbing (19) ploegen geconstrueerd met ondergrondscharen, die over de volle voorbreedte werken. Het nut van deze zogenaamde „Zweischichtpflüge“ wordt vooral in Duitsland uitvoerig bediscussieerd en op uitgebreide schaal beproefd (12, 13).
- 5 Indien de woelarbeit de structuur in de ondergrond slechter in plaats van beter maakt, hetgeen o.a. het geval is, wanneer de ondergrond tijdens de bewerking te nat is. In verband hiermee wordt geadviseerd de ondergrondbewerking in de zomer voor de teelt van stoppelgewassen toe te passen.

*b. Tijd van grondbewerking.*

Voor de teelt van zomergewassen hebben wij de keuze tussen een herfst- en voorjaarsbewerking van de grond. Uit vergelijkende proeven en praktische ervaringen is wat dit vraagstuk betreft de algemene regel voortgekomen, volgens welke het ploegen het best in de herfst kan geschieden (1, 3). In tegenstelling tot de methode van grondbewerking, waarop de onder 4-a vermelde wetmatigheid betrekking had, is het betere resultaat met ploegen in de herfst kennelijk verkregen op gronden, waarin de biologische grondbewerking een zeer ondergeschikte rol speelt. Ploegen in de herfst is namelijk veel schadelijker voor de bodemorganismen dan ploegen in het voorjaar (25). De voorkeur voor het ploegen in de herfst berust dan ook op zuiver fysische en mechanische overwegingen, zoals de vergroting van het vochtgehalte op zandgronden en het laten inwerken van de vorst op kleigronden. Op grond van biologische overwegingen verdient een de grond bedekkend stoppelgewas

gedurende de winter verre de voorkeur. De algemeen opgedane ervaring, dat na een voorjaarsbewerking zandgronden te droog en kleigronden te grofkluitig zijn, zal voor een grond met een krachtig ontwikkelde bodemflora en -fauna, welke in de winter beschermd is door een stoppelgewas, in het geheel niet of in veel minder sterke mate gelden dan op onze normale akkerbouwgronden, die zeer arm aan bodemorganismen zijn.

Het doel van deze bespreking van enkele verschillende grondbewerkingsmethoden was om aan te tonen, dat het resultaat van een mechanische grondbewerking geheel afhankelijk is van de mate waarin de biologische grondbewerking bijdraagt tot het bereiken van het beoogde doel. Hetgeen goed is voor een biologisch zwakke grond kan het slechtste resultaat geven op een grond met een krachtig ontwikkeld bodemleven en omgekeerd. Indien bij de interpretatie van proefveldresultaten en bij de beoordeling van de doelmatigheid van bepaalde grondbewerkingmethoden met deze onderscheiding meer rekening gehouden werd, zouden vele misverstanden en schijnbare tegenstrijdigheden opgehelderd kunnen worden.

Het bovenstaande geldt in gelijke mate voor vergelijkingen van andere grondbewerkingmethoden, die samen met de grondbewerkingdiepte en -tijd, het voorwerp van landbouwkundige onderzoekingen vormen. Wij volstaan met slechts de vermelding van:

- c* verschillende ploegsnelheden;
- d* frezen of eggen in plaats van ploegen;
- e* na-eggen in de herfst in plaats van in het voorjaar van op wintervoor geploegde kleigrond;
- f* wel en niet aanaarden van hakvruchten;
- g* chemische bestrijding van onkruiden in plaats van schoffelen;
- h* kunstmest ineggen of onderploegen;
- i* verschillende vormen van ploegristers en eggetanden;
- j* vervanging van paarden door tractoren.

## 5. Conclusie.

Naar aanleiding van bovenstaande overwegingen kan worden geconcludeerd, dat de biologische grondbewerking en de vernietiging van stoppels en van onkruiden een sleutelpositie innemen bij de oplossing van het grondbewerkingsvraagstuk.

Van landbouwtechnisch standpunt gezien is er slechts één bevredigende oplossing voor het grondbewerkingsvraagstuk, namelijk die, waarbij de mechanische grondbewerking geheel overbodig wordt gemaakt. Het bereiken van dit ideaal wordt voornamelijk belemmerd door het onkruid en door een tekort aan organische-meststoffen. Bij het zoeken naar de meest doelmatige, door de landbouwpraktijk thans te verwerklijken methoden van grondbewerking staan wij steeds voor de volgende

keuze. Enerzijds kunnen wij trachten de grondbewerking zoveel mogelijk door de bodemorganismen te laten verzorgen, anderzijds bestaat slechts als oplossing de vicieuze cirkel van de zuiver mechanische grondbewerking, waarbij getracht wordt de gebreken van de ene bewerking zo goed mogelijk te herstellen door een volgende en vaak door vele volgende bewerkingen. In het eerste geval bouwen wij langs biologische weg een zo stabiel mogelijk gunstig groei milieu voor de plantenwortels op, dat mede dank zij een zoveel mogelijk bedekte grond weerstand kan bieden aan structuurvernietigende krachten. In het tweede geval wordt op zuiver mechanische wijze een wankelstructuur gevormd, die onder invloed van regenslag en tractorwielen instort tot een verslechte strandvlakte of een compacte voor plantenwortels moeilijk toegankelijke massa.

Wij hebben de indruk, dat bij het huidige grondbewerkingsonderzoek vaak onvoldoende rekening wordt gehouden met de onderscheiding van de twee bovengenoemde mogelijkheden, die voortvloeien uit de centrale plaats, welke de stoppels en het onkruid enerzijds en het bodemleven anderzijds bij dit onderzoek innemen. Hoe weinig men zich de betekenis van de organische bemesting voor het resultaat van de mechanische grondbewerking bewust is kan niet duidelijker blijken dan uit de volgende zinsnede, afkomstig uit een door vooraanstaande Duitse grondbewerkingsonderzoekers opgesteld „Rahmenprogramm für die Anlage von Bodenbearbeitungs-Versuchen” (1949, niet gepubliceerd): „Hoewel in verband met het ontstaan van foutenbronnen aan grondbewerkingproefpercelen de eis gesteld moet worden, dat er geen (onregelmatig verspreide) stalmest wordt verstrekt, zal hieraan in de praktijk zelden kunnen worden voldaan. Hier wordt de biologische grondbewerking, die blijkbaar in de praktijk wel van betekenis is, op de proefvelden doelbewust uitgeschakeld ter wille van de door de proefveldtechniek gestelde eisen. Men kan zich afvragen, welke betekenis deze proefveldresultaten voor de stalmest gebruikende landbouwers hebben.

In ons land past men zich op de thans aanwezige proefvelden meestal bij de bestaande bedrijfsorganisatie aan. Op zandgronden met gemengd bedrijf worden de gebruikelijke vruchtwisselingen en stalmestgiften toegepast, echter zonder de onkruidbestrijding, de grondbedekking en de biologische grondbewerking doelbewust in het onderzoek te betrekken. Op grondbewerkingproefvelden op de kleigronden met zuivere akkerbouwbedrijven, waar normaal geen of minimale hoeveelheden organische mest worden verstrekt, wordt de biologische grondbewerking eveneens uitgeschakeld. Een vergelijking van de rulle, poreuze, dicht doorwortelde, maar niet kunstmatig bewerkte grond onder een natuurlijke begroeiing met de massieve, in de zomer steenharde, ijel doorwortelde, maar intensief mechanisch bewerkte zelfde grond op de akker leert ons, dat hier slechts een eenzijdige keuze uit twee mogelijkheden is



gemaakt, waarvan het alternatief het onderzoek zeer zeker waard is.

Er zijn aanwijzingen, dat het op verschillende wijze mechanisch bewerken van biologisch „dode gronden” aanleiding geeft tot vele variaties op eenzelfde thema, die onderling weinig verschillen. Indien door landbouwtechnisch uitvoerbare maatregelen op doelmatige wijze de biologische grondbewerking zou worden ingeschakeld, bestaat echter de mogelijkheid, dat een drempelwaarde wordt overschreden waardoor men een geheel ander niveau bereikt, zowel wat de fysische eigenschappen van de grond betreft als de opbrengsten van de gewassen. Wij denken hierbij vooral aan de waarschijnlijk sterk onderschatte betekenis van de luchthuishouding in de grond. Voor het oplossen van dit vraagstuk zal het echter noodzakelijk zijn, dat het onderzoek van de mechanische grondbewerking direct gekoppeld wordt aan dat van de organische bemesting en van de vruchtwisseling (grondbedekking), terwijl tevens het onkruid als eventuele spelbreker hierbij betrokken dient te worden, zoals dit reeds op de destijds door O. J. Cleveringa aangelegde serie grondbewerkingsproefvelden is geschied.

## 6. Samenvatting.

- 1 In verhouding tot o.a. het onderzoek op het gebied van bemesting, zaai- en oogsttechniek is in het algemeen het grondbewerkingsonderzoek verwaarloosd.
- 2 Het grondbewerkingsonderzoek is herleefd wegens de ontwikkeling van de techniek op het gebied van landbouwwerktuigen en dank zij de ontwikkeling van nieuwe, meer exacte methoden van bodemonderzoek.
- 3 Het onderzoek van de afzonderlijke groeifactoren, die mede in verband met de grondbewerking de opbrengst van de gewassen bepalen, belooft meer inzicht in het grondbewerkingsvraagstuk te verschaffen dan het statistisch onderzoek van het verband tussen grondbewerking en opbrengst op een groot aantal proef- of praktijkpercelen.
- 4 Het doel van de grondbewerking is de regeling van de fysische, chemische en biologische eigenschappen van de grond en de bestrijding van een met het gewas concurrerende vegetatie.
- 5 De vervulling van de eerste drie genoemde functies kan het meest doelmatig door de bodemflora en -fauna geschieden (biologische grondbewerking).
- 6 Mechanische grondbewerking blijft voorlopig noodzakelijk voor de handhaving van monoculturen door de bestrijding van opslag van voorgaande gewassen en van onkruid.
- 7 De mechanische grondbewerking belemmert de biologische grondbewerking, doordat de natuurlijke ruimtelijke ordening in de grond

- wordt verstoord en de grond periodiek braak wordt gelegd. Het onvoldoende vervangen van de onttrokken oogsten door organisch voedsel voor het bodemleven vormt eveneens een belemmering voor het functioneren van de biologische grondbewerking.
- 8 Algemeen geldt, dat, naarmate de bodemflora en -fauna sterker ontwikkeld zijn, de behoefte aan mechanische grondbewerking geringer wordt, terwijl omgekeerd het bodemleven meer verzwakt wordt, naarmate de mechanische grondbewerking intensiever wordt toegepast.
  - 9 De meest doelmatige grondbewerking berust op een compromis tussen de eisen, die een monocultuur voor haar handhaving tegenover de andere vegetatie stelt en de voorwaarden, die voor het functioneren van een biologische grondbewerking vervuld moeten zijn.
  - 10 Voor het vinden van deze meest doelmatige methode van grondbewerking is het noodzakelijk, dat het onderzoek van de mechanische grondbewerking gekoppeld wordt aan dat van de organische bemesting en van de vruchtwisseling (grondbedekking), terwijl tevens het onkruid als eventuele spelbreker hierbij betrokken dient te worden.

## 7. Literatuur.

- 1 Ban, P. A. van den: Grondbewerking en grondbewerkingswerktuigen 1948.
- 2 Bayer, L. D.: Soil physics 1947.
- 3 Berlijn, J. D.: Landbouwwerktuigkunde 1952.
- 4 Carew, N.: Ploughman's wisdom 1948.
- 5 Cleveringa, C. J.: Grondbewerking; C.I.L.O. Gestenc. Mededelingen No. 6, jaargang 1954.
- 6 Cleveringa, O. J.: De betekenis van de structuur (werkzaamheid) van de bouwgrond in verband met het optreden van plantenziekten en beschadigingen; Landbouwk. Tijdschr. 50: 18, 1938.
- 7 —, Waarnemingen over de invloed van de behandeling van de grond op de structuur van cultuurgronden; Landbouwk. Tijdschr. 60: 358, 1948.
- 8 Dobben, W. H. van, en C. Lugt: Het opbrengstverhogend effect van schoffelen in granen; Landbouwk. Tijdschr. 65: 397, 1953.
- 9 Duin, R. H. A. van: Influence of tith on soil- and air-temperature; Netherl. Journ. of Agr. Sci. 2: 229, 1954.
- 10 Faulkner, E. H.: Plowman's folly 1943.
- 11 Franz, H.: Bodenzoölogie als Grundlage der Bodenpflege 1950.
- 12 Frese, H.: Aufgaben und Ziele der KTL Forschungsstelle für Bodenbearbeitung; Berichte über Landtechnik 4: 17, 1948.
- 13 —, Nötwendigkeit und Möglichkeiten praktischer Versuche auf dem Gebiet der Bodenbearbeitung. Arbeiten DLG Band 3: 5, 1949.
- 14 —, Fragen der Bodenbearbeitung und ihre technische Lösung; Landtechnik 7: 115, 1952.
- 15 Gliemeroth, G.: Fragen zur Durchführung von Bodenbearbeitungsversuchen und zum Arbeiten bei Stechzylinderuntersuchungen; Ber. über Landtechnik 4: 92, 1948.

- 16 —, Ansichten und Grundsätzliches in der Bodenbearbeitung; Arbeiten der DLG Bd 3: 14, 1949.
- 17 —, Zeitgemässe Fragen der Bodenbearbeitung; Archiv der DLG Bd 5, 1950.
- 18 Görbing, J.: Die Spatendiagnose. Ziel und Grundlage biologisch zweckmässiger Bodenbearbeitung; Schriftenreihe: Neuaufbau vom Boden her. Heft. 7, 1947.
- 19 —, Die Grundlage der Gare im praktischem Ackerbau 1948.
- 20 Heidema, J.: Grondbewerking en grondbewerkingswerktuigen 1938.
- 21 Huisman, L. H.: De grondbewerking in Nederland; Landbouwk. Tijdschr. 65: 328, 1953.
- 22 —, en J. C. Glerum: Verslag van een op 1 t/m 4 September 1954 aan de „Forschungsanstalt für Landwirtschaft“ te Braunschweig-Völkenrode gebracht bezoek; Inst. voor Landb. Techn. en Ration. St. No. 1062—30—1954.
- 23 Köhler, R.: Der biotechnische Ackerbau 1949.
- 24 Könnecke, G.: Untersuchungen über das sogenannte Sichsetzen des Bodens; Kühn Archiv 39: 294, 1935.
- 25 Krüger, W.: Einfluss der Bodenbearbeitung auf die Tierwelt der Felder; Zeitschr. Acker- und Pflanzenbau 95: 261, 1952.
- 26 Kuhlewind, K.: Die Untergrundkultivierung. Forschung und Beratung Heft 2; 137, 1953.
- 27 Matthy, W.: Einfluss der Untergrundverdichtung auf die Wasser- und Luftbewegung im Boden; Kühn Archiv 54: 171, 1940.
- 28 Nitzsch, W. von: Bessere Bodenbearbeitung; RKTL Schriften Heft 70, 1937.
- 29 —, Porengrössen im Boden, ihre Beziehungen zur Bodenbearbeitung und zum Wasserhaushalt; RKTL Schriften Heft 85, 1938.
- 30 Opitz, K. u.a.: Weitere Untersuchungen über die Bedeutung der Bodenbearbeitung und Kalkdüngung für den chemischen Zustand des Bodens; Landw. Jahrb. 83: 391, 1937.
- 31 Russell, E. W.: The effects of methods of cultivation on crop yield; Landbouwk. Tijdschr. 65: 169, 1953.
- 32 Sekera, F.: Gesunder und kranker Boden 1951.
- 33 —, Beobachtungen über die „Mikro-erosion“ der Boden; Zeitschr. für Pflanzenernähr. Dung. Bodenk. 55: 193, 1951.
- 34 Swanson, C. L. W. and H. G. M. Jacobson: The effect of surface cultivation on soil structure and crop growth; World Crops 3: 345, 1951.
- 35 Vervelde, G. J.: Het doel van de grondbewerking; Landbouwk. Tijdschr. 59: 78, 1947.

Overdruk uit „Bodem“, orgaan van de Nederlandse Vereniging voor Bodemgezondheid

no 19, 1955