

INSTITUUT VOOR BODEMVRUCHTBAARHEID

RAPPORT 9 - 1972

GRONDTRUGGEN EN MINIMALE GRONDBEWERKING IN WEST-DUITSLAND EN OOSTENRIJK  
Verslag van een studiereis van 12 t/m 16 juni 1972

door

C. VAN OUWERKERK

1972

Instituut voor Bodemvruchtbaarheid, Oosterweg 92, Haren (Gr.)

---

Inst. Bodemvruchtbaarheid, Rapp. 9 - 1972

## INHOUD

1. INLEIDING	3
2. GRONDTROGGEN	4
2.1. Inleiding	4
2.2. Forschungsanstalt für Landwirtschaft, Braunschweig-Völkenrode	4
2.3. Institut für Landmaschinenkunde, Universität Göttingen	9
2.4. Institut für Landtechnik, Universität Hohenheim	9
2.5. Institut für Landmaschinen, Technische Universität München	10
2.6. Bundesversuchs- und Prüfungsanstalt für landwirtschaftliche Maschinen und Geräte, Wieselburg a.d. Erlauf, Oostenrijk	12
3. MINIMALE GRONDBEWERKING	14
3.1. Inleiding	14
3.2. Institut für Pflanzenbau und Saatgutforschung, Forschungsanstalt für Landwirtschaft, Braunschweig-Völkenrode	14
3.3. Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung, Universität Göttingen	15
3.4. Fachgruppe Pflanzenproduktion, Abteilung Pflanzenbau II, Universität Hohenheim	18
3.5. Institut für Landtechnik und Bayerische Landesanstalt für Landtechnik, Freising-Weißenstephan	20
4. SAMENVATTING EN CONCLUSIES	22
5. LITERATUUR	24
5.1. Grondtroggen	24
5.2. Minimale grondbewerking	26

## 1. INLEIDING

Te zamen met ir. A.E.R.Mes (IB) werd van 12 t/m 16 juni 1972 een studiereis naar West-Duitsland en Oostenrijk gemaakt.

Deze reis had in de eerste plaats ten doel een nadere oriëntatie omtrent bouw en inrichting van grontroggen t.b.v. het onderzoek naar de invloed van grondbewerkingswerktuigen op de structuur van de grond. Daarnaast werd getracht een overzicht te krijgen van het Duitse onderzoek over minimale grondbewerking.

De Duitse collega's hebben ons steeds bijzonder vriendelijk ontvangen en met veel enthousiasme over de voortgang van hun onderzoek verteld. De verkregen inlichtingen zijn in de hoofdstukken 2 (Grontroggen) en 3 (Minimale grondbewerking) weergegeven. Korteheidshalve is daarbij regelmatig verwezen naar publikaties van de hand van de desbetreffende onderzoekers.

Gaarne willen wij hier nog vermelden dat bij de organisatie van deze reis veel steun werd ondervonden van Dipl.-Ing. R.Krause (Institut für Landmaschinenforschung, Braunschweig-Völkenrode).

## 2. GRONDTROGGEN

### 2.1. Inleiding

Onderzoek in grondtroggen heeft in principe belangrijke voordelen boven onderzoek in het veld, daar men in een grondtrog een homogene grond heeft en, indien de trog overdekt is, het vochtgehalte en de dichtheid onafhankelijk van de weersomstandigheden reproduceerbaar kan instellen. Bovendien kunnen de werktuigen in de trog, door ze aan te spannen aan een wagen die op rails over de trogwanden loopt, veel nauwkeuriger worden gehanteerd (afstelling, snelheid). Tenslotte kan, indien de grondtrog (inclusief bodem) waterdicht en voldoende diep is, een grondwaterstand worden gehandhaafd.

In principe kan men dus in een grondtrog het gehele jaar door experimenteren in een homogene grond onder controleerbare, reproduceerbare omstandigheden, waardoor men t.a.v. de invloed van de grondbewerking op de structuur van de grond veel sneller tot betrouwbare uitspraken kan komen dan d.m.v. veldonderzoek.

Intussen geeft juist het homogeen vullen van de trog veel problemen, vooral indien men het natuurlijke profiel wil nabootsen. Met name het bereiken van een dichtheid van de grond als in het veld normaal voorkomt is niet eenvoudig. Het voorbereiden van de te bewerken laag, het instellen van het gewenste vochtgehalte en het weer ongedaan maken van het effect van de grondbewerking ter voorbereiding op de volgende proef zijn evenzoveel problemen, over de oplossing waarvan de meningen sterk uiteenlopen.

Voor het zuiver technisch onderzoek van werktuigen en materialen, waarbij het krachtenspel op werktuig en grond en de slijtage de voornaamste te onderzoeken grootheden zijn, wordt de grond doorgaans slechts als een medium beschouwd. De reproduceerbaarheid wordt dan belangrijker geacht dan de overeenkomst met de natuurlijke omstandigheden. Bij de overdraagbaarheid van de zo verkregen resultaten naar de praktijk dient dan echter o.i. wel een vraagteken te worden geplaatst.

### 2.2. Forschungsanstalt für Landwirtschaft, Braunschweig-Völkenrode

#### 2.2.1. Institut für Pflanzenbau und Saatgutforschung

Dr. W. Czeratzki en Dipl.-Ing. M. Zach, vroeger verbonden aan het per 1 januari 1971 opgeheven Institut für Bodenbearbeitung, gaven een uiteenzetting over de achtergronden van de in 1951/1952 gebouwde grondbewerkings-troggen. Deze drie troggen van elk 50 cm lang, 3 m breed en 1 m diep, liggen in de open lucht, zijn verzonken in het maaiveld en hebben geen bodem. De erin aangebrachte grond rust op de natuurlijke, goed doorlatende zandondergrond (Feuerlein, 1963).

Twee troggen worden gebruikt voor veeljarig vergelijkend onderzoek naar de invloed van verschillende grondbewerkingswerktuigen op de structuur van de grond (speciaal de vorming van een ploegzool). De derde trog dient voor kortdurende proeven en de beproeving van werktuigen.

Op de betonnen wanden zijn rails aangebracht. De werktuigen kunnen worden voortbewogen door ze of direct te koppelen aan een lierkabel, of te

bevestigen aan een eenvoudige wagen die door een lier over de rails wordt voortgetrokken. Deze lier wordt aangedreven door een 90 pk trekker. De voorwaartse snelheid kan, via een wisselbak, ongeacht de weerstand, in 10 trappen worden gevarieerd van 1 tot 12 à 15 km/h.

Eén trog is gevuld met "loess", de tweede met "klei", de derde voor de helft met "loess" en voor de andere helft met "klei", d.w.z. grondsoorten die wat hun mechanische eigenschappen betreft met loess en klei overeenkomen.

De eerste twee troggen werden gelijktijdig gevuld. Men heeft hierbij de fout begaan de grond over een zeef in de trog te brengen. Hierbij zijn de aggregaten in scheefstaande lagen van afwisselend grof en fijn materiaal in het profiel terecht gekomen. Deze aggregaten vond men jaren nadien nog in de ringmonsters terug.

Aanvankelijk liet de losse grond zich vrijwel niet ploegen daar de grond sterk aan het rister kleefde. Toen de grond bezakt was ging dit beter, maar in deze troggen is het poriënvolume steeds belangrijk hoger, de specifieke ploegweerstand belangrijk lager gebleven dan op de percelen waaraan de grond ontleend was. Op deze percelen werden veeljarige proefvelden aangelegd, een idee dat o.i. navolging verdient. Men is dan in staat zich een idee te vormen van de mate waarin de in de grondtrog verkregen resultaten overdraagbaar zijn naar de praktijk.

Bij de derde, later gebouwde trog heeft men de grond direct na het ontgraven zonder meer in de trog gebracht; hiermee werden van de aanvang af betere resultaten bereikt. Deze trog is slechts 50 cm diep, zodat de maximale bewerkingdiepte ca 30 cm bedraagt. Meer dan 50 cm te onderzoeken grond werd door Dr. Czeratzki afgeraden i.v.m. de bij het verwisselen van de grond optredende problemen (aankoop en transport van grote hoeveelheden grond; homogeniseren van grote laagdikten).

Het na de grondbewerking frezen van de grond om deze te homogeniseren wordt hier niet nodig geacht daar de grond bij alle bewerkingen sterk verkruint. Bovendien wordt de grond doorgaans slechts één maal per jaar bewerkt en blijft dan zo liggen om de verandering van het directe resultaat in de tijd te kunnen vervolgen.

Ook wanneer meerdere proeven achter elkaar worden gedaan (trog III) neemt men hier ruim de tijd voor: na de bewerking wordt de grond vlak geschoven en blijft dan 14 dagen liggen om te bezakken. Hierna wordt de grond gestampt en blijft dan nog 10 dagen liggen alvorens de volgende proef wordt uitgevoerd. Wil men de frequentie opvoeren, dan zal er waarschijnlijk gefreesd moeten worden om de grond te verfijnen opdat hij gemakkelijker verdicht kan worden.

Dr. Czeratzki vindt het verdichten van de grond een veel groter probleem dan het losmaken. De natuurlijke zetting is ook op lange termijn niet voldoende om een dichtheid te verkrijgen als in het veld voorkomt. Daarom acht hij grondtroggen in het algemeen meer geschikt voor onderzoek over het klaarmaken van het zaaibed (als thans door de heer Zach wordt gedaan) dan voor het onderzoek van ploegen e.d., te meer omdat hiervoor doorgaans te weinig breedte beschikbaar is. In het algemeen kan worden gezegd dat het voorbereiden van de grond voor elke grondbak een apart systeem is dat alleen door ervaring kan worden geleerd.

Het is gebleken dat door het gebruik van de vibrerende stamper de dichtheid van de grond in de troggen zodanig kan worden vergroot

dat de specifieke ploegweerstand ongeveer normale waarden bereikt. Het vochtgehalte waarbij de grootste dichtheid wordt verkregen kan men het best ontlenen aan Proctorproeven; in veel gevallen komt dit ongeveer overeen met het vochtgehalte bij pF2. Ten aanzien van de instelling en de handhaving van dit vochtgehalte is de door een luifel overdekte grondtrog van het IB duidelijk in het voordeel t.o.v. een trog in de open lucht. Ook bij de grondtrog van het Institut für Landtechnik in Warschau is een dergelijke luifel toegepast. Dr. Czeratzki acht het niet onmogelijk dat aandrukken van de grond met een belast wiel met gladde band betere resultaten zal geven dan stampen. Hij verwacht echter dat voor de grondtrog van het IB laagsgewijs vibrerend verdichten de beste methode zal zijn.

Bij het uitvoeren van de proeven worden de horizontale langskomponent van de trekkracht en de voorwaartse snelheid gemeten en geregistreerd. Hierbij is duidelijk gebleken dat de spreiding in de uitkomsten geringer is dan in het veld, zodat ook de invloed van kleinere verschillen in snelheid, ristertype en materiaal betrouwbaar kan worden vastgesteld.

De homogeniteit van de grond in de trog kan het eenvoudigst worden gecontroleerd met een registrerende penetrometer. Daar de conusweerstand tevens afhankelijk is van het vochtgehalte dient dit steeds te worden bepaald. Tot nu toe gebeurt dit via vochtmonsters.

Het vochtgehalte kan in principe ook worden afgeleid uit de vochtspanning en de pF-curve. Met het meten van de vochtspanning m.b.v. tensiografen zal dit jaar worden begonnen. Hierbij doet zich de moeilijkheid voor dat de tensiografen, voor zover ze boven de bewerkingdiepte zijn geïnstalleerd, bij elke bewerking moeten worden verwijderd. De samenhang tussen de dichtheid van de grond in de trog, het vochtgehalte en de conusweerstand, dient regelmatig d.m.v. ringmonsters te worden gecontroleerd.

### 2.2.2. *Institut für Landmaschinenforschung*

Het werkterrein van dit instituut heeft zich de laatste jaren sterk gewijzigd: 50% van de beschikbare tijd wordt thans aan milieuhygiënische vraagstukken besteed. Er wordt o.a. nagegaan hoeveel organische mest men aan de grond kan toedienen zonder alle plantegroei onmogelijk te maken of het grondwater te verontreinigen. Hierbij speelt de grondbewerking een belangrijke rol, daar hiermee de diepte van onderbrengen en de intensiteit van doormengen kunnen worden geregeld. Beide variabelen hebben een grote invloed op de omzettingssnelheid in de grond.

In vroeger dagen heeft *Dr.-Ing. R. Thaer* bij zijn onderzoek over aardlichamen voor de aardappelcultuur veel ervaring met grondtrokken opgedaan (Thaer, 1958, 1961, 1962).

De door hem gebruikte, reeds lang gedemonteerde trog (1,60 m breed, 60 cm diep en 12 m lang), was onderdak en geheel boven maaiveld opgesteld. De te onderzoeken werktuigen werden aan een wagen bevestigd die door een lier over op de wanden van de trog bevestigde rails werd voortbewogen.

Met deze lier (aangedreven door een 19 kW draaistroommotor) kon de snelheid van de wagen via twee wisselbakken vrijwel traploos worden geregeld van 0,3 - 12 km/h. De voorgespannen lierkabel (Ø 14 mm) liep van het midden van de voorkant van de wagen naar de liertrommel en vandaar onder de trog door naar het midden van de achterkant van de wagen, zodat deze zowel voor- als achteruit kon worden getrokken. Dit systeem is ook bij de grondtrog van het IB toegepast.

Op de wagen was over de volle breedte een onder een hoek van  $45^\circ$  staande spiegel aangebracht, waardoor het mogelijk was de beweging van de grond tegelijkertijd van voren en van boven waar te nemen en te filmen (high-speed camera). Voor het onderzoek van het breukpatroon van de grond zou een dergelijke inrichting ook voor de grondtrog van het IB aanbeveling verdienen.

Voor het voorbereiden van de grond (fijnzandige leem) werden een frees, een grondschiuf en een gladde rol, naderhand ook een vibrerende stamper gebruikt. Voor het bevochtigen van de grond was aan de wagen een U-vormige sproeibuis bevestigd met gaatjes ( $\varnothing 0,7$  mm) om de 2 cm (Thaer, 1958).

De frees ( $\varnothing 300$  mm) werd aangedreven met een 3 kW electromotor en had een omtreksnelheid van 7,6 m/sec (500 rpm). Met dit geringe vermogen konden uiteraard slechts dunne laagjes grond worden gefreesd. De heer Thaer waarschuwde voor een te hoog vochtgehalte: er ontstaan dan gemakkelijk kunstmatige, ronde aggregaten ("balling effect").

De wals ( $\varnothing 600$  mm) had een inwendige aandrijving (1 kW-electromotor, overbrenging met worm en wormwiel) en had een rotatiesnelheid van 3 rpm. Het gewicht van de rol (400 kg) kon door het aanbrengen van extra gewichten worden vergroot tot maximaal 1200 kg. Hierdoor kon, bij een vochtgehalte van 17,5 gew.%, het poriënvolume worden teruggebracht van ca 50 tot 40 à 42 vol.%.

Met een vibrerende stamper (firma Wacker, type BS 50 K) kon een grotere dichtheid worden verkregen dan met de wals. Het is de heer Thaer echter nooit gelukt over enige diepte eenzelfde dichtheid te verkrijgen: bij alle methoden nam het poriënvolume naar de diepte toe met ca 0,8 vol.% per cm (Thaer, 1962).

Het is opvallend dat de heer Thaer zijn toch slechts 60 cm diepe grondtrog al spoedig te diep vond. Om het moeizame verwisselen van grond tot een minimum te beperken werd daarom eerst een 20 cm dikke laag vastgestampte grond op de bodem aangebracht. Om dezelfde reden wordt in de grondtrog van het IB eerst een 90 cm dik profiel van grind en zand aangebracht: de laag te onderzoeken grond behoeft dan slechts 50 cm dik te zijn.

*Dipl.-Ing. R. Krause* heeft dezer dagen een promotieonderzoek afgesloten over de samenhang tussen het krachterspel op kleine modelwerktuigen en het breukpatroon in de grond en over de wijze waarop de verkregen resultaten m.b.v. dimensieanalyse op grotere werktuigen kunnen worden toegepast. Hierover zijn reeds enige inleidende publikaties verschenen (Krause, 1970a, 1971b).

Bij dit onderzoek heeft de heer Krause gebruik gemaakt van twee kleine, met droog kwartszand gevulde grondtrokken (Krause, 1970b, 1971a). De kleinste daarvan (lengte ca 1,5 cm) heeft glazen wanden, waarvan de wandwrijving zodanig kon worden verminderd dat de dóór de glaswand waargenomen beweging van de grond representatief kan worden geacht voor hetgeen zich in het midden van de trog tijdens de grondbewerking afspeelt (Krause, 1970c).

De tweede grondtrog (8 m lang) dient voor het bestuderen van het eerste deelproces van de grondbewerking: het snijden van de grond. Deze houten trog heeft in de lange wanden horizontale sleuven, zodat de staaldraad waarmee de grond wordt gesneden in een over de bak heen reikende

beugel kan worden ingespannen. Er bestonden plannen in deze trog de voorwaartse snelheid op te voeren tot 10 m/sec (de hiervoor benodigde motor was al geleverd) om de omtreksnelheid van freesmessen nabij te komen. Door de ombuiging van de koers van het instituut kunnen deze plannen echter niet worden gerealiseerd.

Bij dit onderzoek is o.m. gebleken dat ook de mechanische eigenschappen van droog, cohesieloos kwartszand afhangen van de wijze waarop dit zand in de trog is gebracht. Alleen door dit steeds op dezelfde wijze te doen konden reproduceerbare resultaten worden verkregen.

Ter voorbereiding op soortgelijk onderzoek met samenhangende grond heeft de heer Krause een kluitbreker geconstrueerd, die in principe overeenkomt met het rollengedeelte van de door ir. F.P. Smits (TH Eindhoven) ontwikkelde kettingfrees (Smits, 1972). Door de toerentellen van de rollen en daarmee de afwerpsnelheid van de grond te variëren, kunnen poriënvolumina tussen 40 en 65 vol.% worden ingesteld.

Overigens leken de heer Krause ook de freesploeg en de spitmachine in principe geschikte alternatieven voor de frees.

### 2.2.3. *Institut für Landtechnische Grundlagenforschung*

De hier aanwezige onder dak en geheel boven de grond opgestelde houten grondtrog (16,5 m lang, 2,0 m breed en 54 cm diep) is door *Dipl.-Ing. R. Möller* uitvoerig beschreven (Möller, 1967). Deze trog is weliswaar inwendig met bitumen behandeld, maar niet waterdicht; er kan dan ook geen grondwaterspiegel in worden gehandhaafd.

Het *voorbereiden van de grond* geschiedt met een frees, een grondschuif en een gladde rol. Al deze werktuigen hebben een werkbreedte van 2 m. Voor het bevochtigen van de grond is aan de wagen een koperen sproeibuis bevestigd ( $\emptyset$  30 mm, wanddikte 1 mm, gaatjes  $\emptyset$  0,5 mm). Door het water aan beide einden van de buis toe te voeren en een gering debiet in te stellen ( $Q = 1$  l/min.) zijn de drukverschillen in de buis zeer gering. Wanneer zeer langzaam wordt gereden kan een gelijkmatige bevochtiging worden verkregen.

De frees en de rol zijn te zamen in een aparte wagen gemonteerd. Daar onvoldoende ruimte beschikbaar is om deze wagen in het verlengde van de trog te parkeren wordt hij met een zware loopkat op en van de rails getild.

De *frees* ( $\emptyset$  320 mm), aangedreven door een 3 kW electromotor, heeft een toerental van 360 rpm en een omtreksnelheid van 6 m/sec. Met dit geringe vermogen kan de grond slechts laagsgewijs worden bewerkt; de frees wordt hiertoe hydraulisch steeds wat dieper gesteld. Om de voorwaartse snelheid van de frees te beperken wordt de wagen tijdens het frezen met de hand afgeremd.

De *rol* ( $\emptyset$  600 mm, wanddikte 8 mm) wordt inwendig aangedreven door een 0,18 kW electromotor, wat de rol een toerental van 1,72 rpm en een omtreksnelheid van 0,054 m/sec geeft. De rol wordt aanvankelijk hydraulisch op diepte gesteld. Wanneer de hydraulische druk op het eigengewicht van de rol (1000 kg) gaat overtreffen, kunnen nog twee extra gewichten van 250 kg op de wals worden geplaatst. De druk van de rol bedraagt dan ca 1,5 kg/cm<sup>2</sup>. Om aankleven van grond te voorkomen is de rol met latexverf (als gebruikt voor privé-zwembaden) behandeld.

De *grondschiif* wordt gebruikt om de grond na het frezen weer vlak te maken. Na bewerkingen waarbij de grond naar één zijde wordt verplaatst



(bv. ploegen) wordt de grondschiuf scheef op de voortbewegingsinrichting geplaatst. De door het IB aangeschafte grondschiuf is eveneens in alle richtingen verstelbaar.

De trog wordt de laatste jaren voornamelijk gebruikt voor het onderzoek naar de invloed van de wijze van aanspanning van de ploeg op de bij het ploegen optredende krachten (Graef, 1970). De grond wordt hierbij als een medium beschouwd, waarbij het niet ter zake doet dat dit belangrijk afwijkt van natuurlijke grond in ongestoorde ligging. Voor dit doel is de hier door zeer vaak frezen verkregen massa afgeronde aggregaten zelfs zeer voordelig daar deze gemakkelijk en reproduceerbaar in de gewenste toestand kan worden gebracht.

De heer Möller houdt zich de laatste jaren vooral bezig met automatisering (Hesse en Möller, 1972). Interessant is het door hem ontwikkelde, vrijwel voltooide systeem waarbij de trekker elektronisch op bepaalde afstanden (van 0 tot 5 m) langs een op 35 à 40 cm diepte in de grond gelegde draad wordt geleid. Voor het dringend gewenste onderzoek naar de mogelijkheden voor beddenteelt van akkerbouwgewassen biedt dit systeem veelbelovende perspectieven.

### 2.3. *Institut für Landmaschinenkunde, Universität Göttingen*

Onder leiding van de directeur van dit instituut, Prof. Dr.-Ing. F. Wieneke, is een Egyptische promovendus, de heer *F.F. Demian* (medewerker van dr. M.S. Osman; zie Osman, 1964a, b) bezig met de voorbereidingen voor een onderzoek met d'rainermachines.

Dit onderzoek zal worden uitgevoerd in een op de grond staande grondtrog (ca. 9 m lang, 1½ m breed, 60 cm diep), die geheel gevuld is met zware (volgens prof. Baeumer tevens onbegrijpelijk heterogene) grond.

De heer Demian was druk bezig met het construeren van een frees voor het voorbereiden van de grond. Voor het bevochtigen van de grond heeft hij een aantal ondergrondwoelers vervaardigd met daarachter bevestigde verticale sproeibuizen. Hiermee kan het gehele profiel in één keer uniform worden bevochtigd.

Voor het meten van de mechanische eigenschappen van de grond beschikt de heer Demian over een kopie van de hem door een verblijf bij prof. Söhne (Technische Universität, München) bekende, registrerende torsiestaaft-Bevameter. Tevens heeft hij een prototype van een handbediende, registrerende oliedruk-penetrometer vervaardigd.

De in de trog aanwezige grond was zeer sterk uitgedroogd en daarbij waarschijnlijk sterk gekrompen. Wanneer eenmaal met de bevochtiging wordt begonnen, zal het o.i. nog vele maanden duren eer deze grond weer zover gezwollen is dat hij zijn natuurlijk vochthoudend vermogen heeft herkregen.

### 2.4. *Institut für Landtechnik, Universität Hohenheim*

Prof. Dr.-Ing. *G. Segler* vertelde tijdens een inleidend gesprek o.m. dat in Boekarest door het Staatl. Forschungsinstitut für Landtechnik (Prof. Thoma) grondtrokken zijn gebouwd van dergelijke afmetingen (6 m breed, 200 à 300 m lang) dat men er met een trekker in kan

rijden.

Prof. Segler beschouwt de relatie werktuig/grond als een standaardprobleem in de landbouwtechniek, waaruit voortvloeit dat elke zich respecterende onderzoeksinstelling op dit gebied een grondtrog dient te hebben.

Aanvankelijk had men hier een kleine, met zand gevulde grondtrog (Vornkahl, 1967), waarin snelheden tot 20 km/h konden worden gerealiseerd. Voor het onderzoek bleken de voordelen van deze hoge snelheden zodanig dat men ook de nieuwe, grote grondtrog hierop heeft gedimensioneerd.

Deze trog (24 m lang, 1,50 m breed, 60 cm diep) is in feite een kopie van de in het Institut für landtechnische Grundlagenforschung in Braunschweig-Völkenrode aanwezige trog. Er zijn enige verschillen: in Hohenheim staat de trog zelf geheel los op de grond; hij bestaat uit 3 m lange elementen van roestvast staal, zodat de trog gemakkelijk vergroot, verkleind of verplaatst kan worden, al naar de interessen zich ontwikkelen. Daar er voldoende lengte beschikbaar is behoeft de voorbereidingswagen met frees en aangedreven rol hier niet van de trog getild te worden: hij kan eenvoudig over de aan een zijde verlengde rails van de trog afgerold worden. Het leegmaken van de trog is hier erg eenvoudig: na verwijderen van het eindschot kan de grond via een luik in de vloer in de kelder worden geschoven en vandaar afgevoerd worden.

Als te onderzoeken grond werd een zware "probleemgrond" uit de omgeving van Hohenheim gekozen. Deze werd drie jaar geleden direct uit het veld na grof zeven (maaswijdte 3 cm) in lagen van 10 à 15 cm dik in de trog gebracht. Veel ervaring met de grond heeft men sinds het vullen van de trog niet kunnen opdoen. Na gereedkomen van de beproeving en de justering van het 6-componenten meetstel heeft zich nl. een ernstig ongeval voorgedaan: als gevolg van overbelasting zijn de koppeling en de wisselbak van de aandrijving geëxplodeerd. De met het onderzoek belaste *Dipl.-Ing. W. Rühling* heeft hierbij een been verloren. Hangende de gerechtelijke beslissing inzake maatregelen ter verhoging van de veiligheid van de installatie is het onderzoek in de grondtrog sindsdien stilgelegd.

De heer Rühling is van mening dat voor het verkrijgen van inzicht in de overdraagbaarheid van in de grondtrog verkregen resultaten vergelijkend onderzoek in het veld noodzakelijk is. Het arbeidseffect dient daarbij op dezelfde wijze als in de trog te worden gemeten (reliefmeter, conusweerstand etc.).

Het bezoek werd afgerond met een bezichtiging van een gedeelte van de beroemde *Hohenheimer collectie* oude landbouwwerktuigen, waarvan de hoofdmoot uit fraai geconserveerde ploegen en minutieuze schaalmodellen daarvan bestaat (Segler, 1958).

## 2.5. Institut für Landmaschinen, Technische Universität München

*Prof. Dr.-Ing. W. Söhne* is van mening dat een verdere zuiver empirische ontwikkeling van de wieluitrusting van trekkers, wagens, maai-dorsers e.d. niet langer voldoende is. Hij geeft zich dan ook veel moeite om de mechanica van het systeem voertuig-grond verder te ontwikkelen om de energieoverdracht van de motor via de wieluitrusting op

de grond langs analytische weg te optimaliseren (Söhne, 1969, 1970). Een belangrijk deel van de activiteiten van het instituut is dan ook gericht op het meten van de krachten en momenten die op wielen en banden werken (Krick, 1970), op rolweerstand en tractie (Holm, 1970a) en op de invloed die wielen en rupsbanden op de grond uitoefenen (Krick 1969, 1971). Over de mogelijke toepassingen van de onderzoeksresultaten zijn reeds diverse publicaties verschenen (o.a. Söhne, 1964, 1972; Holm, 1970b).

Het onderzoek speelt zich voornamelijk af in grondtroggen. De grootste en tevens de oudste hiervan bevindt zich in de kelder van het instituut (Kühne en König, 1932; Holm, 1970a, Krick, 1970). Deze in de grond verzonken trog heeft geen bodem en is 25 m lang, 2,5 m breed en 60 cm diep. De trog is over de volle diepte gevuld met dezelfde grond ("tonig sandiger Lehm", 18% lutum). Deze rust op het grove grind dat hier van nature in de ondergrond aanwezig is ("Schotter"), zodat er geen drainageproblemen zijn. Aan de andere kant betekent dit ook dat er geen grondwaterstand in kan worden gehandhaafd.

De huidige installatie voor de voortbeweging heeft een relatief gering vermogen (electromotor 10 pk, max. trekkracht 700 kp) en is eigenlijk alleen geschikt om één wiel voort te bewegen. De maximale voortwaartse snelheid bedraagt 2 km/h; d.m.v. een tussengeschakelde hydromotor kan de snelheid traploos worden geregeld. Er bestaan plannen een nieuwe, verbeterde installatie met een groter vermogen te bouwen.

Voor het meten van krachten aan aangebouwde werktuigen wordt een bijzonder 6-componenten meetstel gebruikt. Drie componenten worden voor de langskracht, één voor de verticale kracht en twee voor de zijwaartse krachten. Hiermee wordt bereikt dat de fout in de meting van de langskracht ca 3% bedraagt, de fout in verticale en zijwaartse richting 7 à 9%.

Het voorbereiden van de grond geschiedt d.m.v. een frees (15 kW) met haaks omgebogen messen, gevolgd door een gladde rol. Beide werktuigen werken over de volle breedte van de trog. De frees kan de grond bewerken tot 25 cm diepte (2 werkgangen, superkruipgang). De rol is niet aangedreven, hoewel prof. Söhne het zeer gewenst acht dat men de rol kan instellen op slip rol (rol aandrijven en afremmen). Ook hierin zal binnenkort worden voorzien. Experimenten met een grote vorenpakker hebben nog niet veel succes opgeleverd.

Het instellen van het vochtgehalte gebeurt op primitieve wijze met een gieter; de sproeibuis op de wagen lijkt niet veel gebruikt te worden. De ervaring, gesteund door vochtmonsters, leert hoeveel water moet worden toegediend om tijdens een serie metingen het vochtgehalte op peil te houden (compensatie van de verdamping).

De thans in de trog aanwezige grond is daar 6 jaar geleden ingebracht en maakte een "dode" indruk. Door het vele frezen overheersen thans ronde "kunstmatige" aggregaten ( $\emptyset$  5 mm) die door aanrollen wel enigszins aan elkaar gaan kleven, maar als geheel zeker geen grond in natuurlijke ligging voorstellen. Men is dan ook van plan deze grond binnenkort te vervangen.

Bij het voorbereiden van de grond heeft men meer succes met een vibrerende stamper dan met een niet aangedreven rol, daar men bij het stampen geen scheuren in de grond krijgt en een consistentie verkrijgt die blijkens metingen van cohesie, hoek van inwendige wrijving, trekkracht e.d. te vergelijken is met grond in natuurlijke ligging. In de binnenkort af te sluiten dissertatie van de heer *Dipl.-Ing. H. Pietsch* over het

snijden van grond met een dunne staaldraad, wordt op het verschil in consistentie bij gelijk poriënvolume en vochtgehalte van gerolde en gestampte grond uitvoerig ingegaan.

Prof. Söhne acht deze vibrerende stamper ook voor het verdichten van de zandondergrond van de IB-grondtrog zeer geschikt. Handbediening lijkt hierbij te verkieszen boven het ophangen van de stamper in de driepuntshefinrichting van de meetwagen. Wellicht zou een vibrerende rol ook goede resultaten kunnen geven. Een belast, enkel wiel met gladde band kan als alternatief voor een gladde rol worden gezien. Zo'n wiel zou steeds over de halve breedte verplaatst moeten worden. Een bandenwals met twee assen als in de wegebouw wordt toegepast is in principe ideaal, maar komt wegens de doorgaans geringe lengte van grondtroggen in het algemeen niet in aanmerking.

De kleine grondtrog (12 m lang, 1 m breed en 80 cm diep) staat op de grond en is samengesteld uit stalen profielen en houten planken (Krick, 1971). Ook deze trog is over de volle diepte met dezelfde grond gevuld. Deze wordt tot de gewenste diepte losgemaakt met een frees die tijdens de voortbeweging automatisch op en neer wordt bewogen. Het verdichten van de grond gebeurt in deze trog uitsluitend met een vibrerende stamper.

Voor het meten van de reologische eigenschappen van de grond wordt gebruik gemaakt van drukstempels (Holm, 1970a; Krick, 1971), afschuifapparaten (Ghani, 1966; Holm, 1970a, b) en van een niet registrerende penetrometer van Soiltest. Een triaxiaal-apparaat zal binnenkort worden aangeschaft.

#### *2.6. Bundesversuchs- und Prüfungsanstalt für Landwirtschaftliche Maschinen und Geräte, Wieselburg a.d. Erlauf, Oostenrijk*

De leider van de afdeling "Landtechnische Forschung", *Dipl.-Ing. E. Reichmann*, bestudeert sinds 1955 de mogelijkheden voor het meten van het nat-volume-gewicht van de grond m.b.v. gamma-stralen (Reichmann, 1965; Danfors, 1970). Sinds 1967 berust de uitvoering van dit onderzoek bij *Dipl.-Ing. J. Permkopf*, terwijl de heer Reichmann zich heeft geconcentreerd op de stabiliteit van voertuigen die op hellingen moeten werken (Reichmann, 1972).

De methode van de heer Reichmann onderscheidt zich van de in Schotland en Oost-Europa toegepaste methoden (Soane, 1968; Soane et al., 1971; Birecki et al., 1968) door een veel hoger oplossend vermogen. Met een sterk gecollimeerde  $^{60}\text{Co}$ -bron (500 mC) en een scintillatie-ontvanger (onderlinge afstand 45 cm kan bij het gemiddelde nat-volume-gewicht van een horizontale cylinder ongeroerde grond van 45 cm lang en  $\emptyset$  1 cm in situ bepalen.

De methode werd in het veld toegepast om de poriëverdeling onder wielsporen tot ca. 55 cm diepte te bepalen. Dit vereist veel graafwerk: er moeten dwars op het spoor 2 sleuven ( $h = 75$ ,  $b = 100$ ,  $d = 50$  cm) worden gegraven op een onderlinge afstand van exact 45 cm. In verband met de heterogeniteit van de grond dient dit op 10 à 15 plaatsen te worden herhaald. Het doormeten van een dergelijk netto 55 cm hoog en 80 cm breed profiel vergt bijzonder veel tijd: na elke meting moet de positie van bron + ontvanger over een afstand van 1 cm m.b.v. handwielen

worden gewijzigd. Bovendien zijn zeer veel vochtmonsters nodig om uit het nat-volume gewicht het poriënvolume te kunnen afleiden. Vochtmetingen m.b.v. neutronen stralen bieden hier geen uitkomst daar het oplossend vermogen te gering is. Tenslotte bleken de meetresultaten bijzonder sterk te worden beïnvloed door oude sporen e.d.

Er werd daarom overgegaan op laboratoriummetingen, waarbij gewerkt wordt met kunstmatige profielen waarin sporen worden gesimuleerd door er houten stempels in te drukken die in vorm overeenkomen met een trekkerband, een rupsband of een massieve terreinband (onderzijde stempel resp. bol, vlak, hol).

De kunstmatige profielen worden aangebracht in een stalen bak die ca. 1 m lang, 30 cm breed en 1 m diep is. Hiertoe wordt de grond vooraf op het gewenste vochtgehalte gebracht, over een zeef in de bak gebracht en met een hydraulische pers tot het gewenste poriënvolume verdicht. Na doormeten van dit kunstmatige profiel met de gammastraleninstallatie wordt een stempel in de grond gedrukt, waarna het profiel weer wordt doorgemeten. Deze metingen geschieden geheel automatisch: de tijd, nodig voor 20.000 impulsen en de coördinaten van het meetpunt worden geregistreerd op een strook papier, waarna een electromotor de bron + ontvanger over een afstand van 1 cm verplaatst. De geregistreerde meetgegevens, aangewuld met gegevens over het vochtgehalte en het soortelijk gewicht van de grond, worden volgens een zelfgeschreven programma door de computer verwerkt tot een "computer portret". Vlakken van gelijk poriënvolume worden hierbij door overeenkomstige letters en tekens aangegeven, zodat, na met de hand intekenen van de scheidslijnen tussen de vlakken, de poriënverdeling duidelijk zichtbaar wordt. Een publikatie over deze stempelmetingen mag binnenkort tegemoet worden gezien.

Er dient te worden opgemerkt dat men er van uitgaat dat bij samendrukken van de grond in de bak het vochtgehalte in gew.% niet verandert zolang het poriënvolume niet geheel met water is gevuld (verzadigingspunt). Het bepalen van het vochtgehalte van de grond tijdens het vullen van de bak wordt daarom voldoende geacht.

De hier in het kort beschreven installatie is in principe geschikt te maken voor het onderzoek in de grondtrog van het IB. Daarbij zou een Cs-bron voordelen bieden boven een Co-bron daar Cs slechts één piek in het emissiespectrum heeft, terwijl Co er twee heeft. De totale kosten zullen ca. f 20.000,- belopen.

De heer Reichmann heeft weliswaar de beschikking over een *grondtrog* (l = 16 m, b = 2 m, geen bodem), maar de bijbehorende apparatuur (rails, wagen, aandrijving enz.) kon nog niet worden aangeschaft. Hij heeft dan ook geen ervaring met het vullen van de trog en het voorbereiden van de grond.

### 3. MINIMALE GRONDBEWERKING

#### 3.1. *Inleiding*

Het opheffen van het vroeger toonaangevende Institut für Bodenbearbeitung te Braunschweig-Völkenrode betekent niet dat er in West-Duitsland geen belangstelling voor grondbewerkingsonderzoek meer zou zijn. Integendeel, er kan worden geconstateerd dat er diverse centra zijn waar met grote voortvarendheid en enthousiasme wordt getracht de eigentijdse en dikwijls strekgebonden problemen van de grondbewerking tot oplossing te brengen.

Veelal tenderen de oplossingen in de richting van de zg. minimale grondbewerking. Over de "state of the art" wordt mededeling gedaan in de gebundelde voordrachten gehouden op een symposium over "Neue Anbauverfahren in der Landwirtschaft mit Hilfe von Gramoxone" (Merck-Blätter 20 (1970) pp. 67), in de AID-brochure "Minimalbodenbearbeitung" (Czeratzki et al., 1971) en in het tijdschrift Landwirtschaftliche Forschung 26, I. Sonderheft (1971) 221-289.

In het algemeen is er weinig of geen samenwerking of zelfs maar overleg tussen de onderzoekers. Weliswaar bestaat er een KTBL-Arbeitsgemeinschaft "Bodenbearbeitung", maar erg actief is deze niet. Het tot stand brengen van de genoemde, door zes onderzoekers gezamenlijk geschreven AID-brochure is dan ook een bijzonder moeizame aangelegenheid geweest.

Minimale grondbewerking is geen scherp gedefinieerd begrip (Czeratzki et al., 1971). Er wordt zowel het combineren van werkgangen (bv. ploegen, zaaiklaarmaken en zaaïen) als het zaaïen in niet of slechts oppervlakkig bewerkte grond onder verstaan. Bij het eerste systeem wordt in wezen niets nieuws gedaan; het is slechts een consequente verdere ontwikkeling van de techniek van het koppelen van werktuigen. Dit kan tevens een vermindering van de intensiteit van de grondbewerking inhouden, maar dit is doorgaans niet de opzet. Bij het tweede systeem daarentegen is er een belangrijk verschil met de traditionele grondbewerking en zou men wellicht beter van rationele grondbewerking of "reduced tillage" kunnen spreken. Daarbij wordt gepoogd frequentie en intensiteit van de grondbewerking terug te brengen tot een verantwoord minimum. Wat in dit verband "verantwoord" mag heten, wordt voornamelijk afgemeten aan het effect op de structuur van de grond, de reactie van het gewas en het verschil tussen kosten en baten.

#### 3.2. *Institut für Pflanzenbau und Saatgutforschung, Forschungsanstalt für Landwirtschaft, Braunschweig-Völkenrode*

Dr. W. Czeratzki heeft zich sinds 1966 beziggehouden met onderzoek over het zaaïen van akkerbouwgewassen in niet bewerkte grond (Czeratzki, 1969a, b; Czeratzki en Ruhm, 1969). Dit onderzoek, dat werd uitgevoerd op twee proefvelden, waarvan één op zand en één op klei, is thans afgesloten (Czeratzki en Ruhm, 1971). Er zal alleen nog aanvullend onderzoek naar de stabiliteit van de aggregaten tegenover water plaats vinden.

Uit dit onderzoek is gebleken dat het poriënvolume en het luchtge-

halte bij pF2 op niet bewerkte grond belangrijk lager zijn dan op geploegde grond; de infiltratie van regenwater is echter op niet bewerkte grond doorgaans beter. Op zandgrond waren er de eerste jaren geen belangrijke verschillen in groei en opbrengst van het gewas. Daarna werd de tendens tot lagere opbrengsten op niet geploegde grond steeds sterker. Op kleigrond werden op niet geploegde grond van de aanvang af lagere opbrengsten verkregen.

Dr. Czeratzki is van mening dat men, mede in verband met de mechanische onkruidbestrijding, het ploegen hooguit twee jaar achterwege kan laten: het risico wordt anders te groot (Czeratzki, 1970; Czeratzki en Ruhm, 1971).

De belangstelling van de praktijk voor het volledig achterwege laten van elke vorm van grondbewerking is in Niedersachsen sterk afgenomen; ook bouwt ICI geen nieuwe triple disc zaaimachines meer (er zijn er in totaal 7 geleverd). Er is wel belangstelling voor de *zomerwoor*, waarbij direct na de graanoogst het stro en de stoppel worden verbrand, op diepte wordt geploegd en een tussenvrucht (koolzaad of Phacelia) wordt gezaaid. Deze tussenvrucht (die niet te veel bovengrondse massa mag vormen) wordt doodgespoten of vriest dood, waarna graan of suikerbieten zonder meer met de gewone zaaimachine kunnen worden gezaaid. Daar de stoppelbewerking in dit systeem achterwege blijft is het wel te verwachten dat kweek een groot probleem zal gaan vormen. De betekenis van de tussenvrucht ligt voornamelijk in de toevoer van gemakkelijk verteerbare organische stof, waar bacteriën en regenwormen <sup>wordt</sup> zeer dankbaar voor zijn.

Wanneer het stro niet verbrand, dient men het zeer goed te hakselen, waarna het zonder bezwaar diep kan worden ondergeploegd. Indien het niet goed gehakseld is moet het stro eerst oppervlakkig worden ingewerkt, zodat het kan voorverteren. In beide gevallen loopt men meer kans op ziekten en plagen (voetziekte, graanvlieg) dan na verbranden.

Dipl.-Ing. M. Zach is thans bezig met proeven over oppervlakkige zaai-bereiding, gecombineerd met zaaien, bv. met de Howard Semavator. Ook hierbij moeten belangrijk meer herbiciden worden toegepast dan bij de traditionele grondbewerking, zodat in eerste instantie alleen maar sprake is van een verschuiving van kosten. Een dergelijk systeem is alleen verantwoord op grote bedrijven met grote percelen (Rosegger en Olfe, 1971). Samenwerking tussen bedrijven of inschakelen van de loonwerker is dan de aangewezen weg (Czeratzki et al., 1971).

Volgens dr. Czeratzki berust de invloed op de grondbewerking op de opbrengst voor 30 à 40% op de invloed van de bodemstructuur, voor 30% op onkruidbestrijding en voor 30% op mobilisering van voedingsstoffen. Zijn slotconclusie was: "als ik praktisch boer was, bleef ik bij de traditionele grondbewerking!"

### 3.3. *Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung, Universität Göttingen*

Het onderzoek naar de veelzijdige consequenties van het achterwege laten van de diepe, kerende grondbewerking is een project dat door Prof. Dr. K. Baeumer en zijn medewerkers gezamenlijk wordt bestudeerd.

De heer Ehlers bekijkt de veranderingen in de bodemstructuur en de waterhuishouding, de heer Böhm gaat de invloed op de wortelontwikkeling

na, de heer *Tiedau* bestudeert de onkruidbestrijding, terwijl de heer *Fleige* zich bezighoudt met de stikstofhuishouding.

Over de tot nu toe verkregen resultaten zijn reeds verschillende publikaties verschenen (Baeumer, 1970a, b; Baeumer et al., 1971).

Het onderzoek speelt zich voornamelijk af op een aantal, op sterk uiteenlopende grondsoorten gelegen proefvelden in de directe omgeving van Göttingen.

Op het *proefveld Leinwiese* (laaggelegen, regelmatig overstromd oud grasland op rivierleem) blijkt dat bij overgang op akkerbouw de *afbraak van de aanwezige humusvoorraad* (6 à 8% org. stof) bij achterwege laten van ploegen veel langzamer verloopt. Op de geploegde stroken was de stikstofmineralisatie de eerste jaren zo sterk dat in zomertarwe en haver sterke legering optrad.

In verband met het *onkruidprobleem* (vooral kweek) is onafgebroken vastegroundsteelt voorlopig niet mogelijk. Men ziet meer perspectief in een systeem waarbij in een vruchtopvolging met drie gewassen (wt-zg-sb), waarin alleen voor suikerbieten wordt geploegd. Dit gebeurt dan direct na de oogst van de zomergerst (25 à 30 cm diep), waarna met schijveneg of frees een mechanische kweekbestrijding wordt uitgevoerd en een tussenvrucht wordt ingezaaid (in de praktijk meestal wikken of bladramenas). In het voorjaar wordt de bovengrondse massa d.m.v. 3 à 5 cm diep frezen (1000 rpm) oppervlakkig ingewerkt, waarna suikerbieten worden gezaaid met de precisiezaaimachine (4 cm afstand in de rij).

Bij het zaaien van de tussenvrucht mogen geen diepe sporen ontstaan: de frees kan dan in het voorjaar niet egaal werken. Het beste is dan ook te werken met de combinatie ploeg-vorenpakker-zaaimachine. De granen worden hier ingezaaid met de door Bakermans ontwikkelde ruiglandzaaimachine (Bakermans en De Wit, 1970).

De *tussenvrucht* heeft twee functies: bescherming van de oppervlakte, waardoor verslemping wordt voorkomen en een gunstig microklimaat voor regenwormen wordt geschapen, en toevoer van organische stof via de wortel-massa.

In het algemeen zijn de resten van het voorgaande gewas in dit systeem erg hinderlijk bij het zaaien (slechte opkomst, dunne stand). Tevens trekt een dikke mulch veel muizen aan (vreterij). Los stro e.d. wordt daarom verbrand of afgevoerd. Om dezelfde redenen moet de bovengrondse massa van de tussenvrucht zo klein mogelijk zijn (laat zaaien) en in de winter dood vriezen of gemakkelijk doorgespoten kunnen worden.

Op het *proefveld Wittbüh* worden Perzische klaver, wikken, Phacelia, Italiaans raaigras en winterkoolzaad in dit opzicht vergeleken. Proeffactoren: maaien; doodspuiten; chemische onkruidbestrijding; diepte van frezen (3 cm (5 à 8 cm). Italiaans raaigras en winterkoolzaad voldeden goed (weinig bovengrondse massa); Phacelia (te vroeg gezaaid) en wikke veroorzaakten verstopping van de zaaielementen.

Op het *proefveld "Hohes Feld"* wordt getracht door vastegroundsteelt het zeer lage humusgehalte (1½%) van bekalakte, zeer sloefrijke loessgrond zodanig te verhogen dat de grond minder slempgevoelig en gemakkelijker bewerkbaar wordt. Op het geploegde gedeelte heeft men elke herfst last van stagnerend water en kunnen suikerbieten alleen met de hand worden geroid. Op het sinds 1965 niet meer geploegde gedeelte is de draagkracht van de grond sterk toegenomen, niet in de laatste plaats door de snelle waterafvoer via wormgangen. Suikerbieten kunnen hier zonder moeilijkheden machinaal worden geoogst.



Op dit proefveld wordt tevens onderzoek gedaan naar de *waterbeweging in de grond* en naar de *stikstofbalans*. Dr. Fleige heeft hiertoe zowel op geploegde als op niet geploegde grond 30 monolith-lysimeters gecreëerd door PVC-cylinders ( $\emptyset$  30 cm, h = 125 cm) in de grond te drukken. Hierop is gemerkte stikstof ( $^{15}\text{N}$ ) toegediend, waarna haver werd gezaaid. Op in totaal 10 tijdstippen (waarvan 7 in 1972 en 3 in 1973) worden een aantal monolithen opgegraven en laagsgewijs in hun geheel geanalyseerd. Tevens worden dan gewasmonsters genomen (Carter et al., 1967). Ter ondersteuning worden dagelijks zuigspanningen en bodemtemperaturen gemeten, worden tweemaal per week vochtmonsters genomen en wordt om de drie weken de grond : water : lucht-verhouding bepaald. Dr. Fleige hoopt m.b.v. deze gegevens antwoord te kunnen geven op de vraag waarom niet geploegde grond doorgaans meer stikstof vraagt als voor een gelijke opbrengst op geploegde grond nodig is.

*Tensiometers* blijken een waardevol hulpmiddel te zijn bij het bestuderen van de waterbeweging in de grond. Het is gebleken dat de amplitude van de zuigspanning op niet geploegde grond veel kleiner is, daar de neerslag voor een belangrijk deel wordt afgevoerd door regenwormgangen. Het totale volume hiervan is slechts gering (ca. 0,5% van het totale bodemvolume), maar ze functioneren perfect daar ze een doorsnede hebben van 3 à 8 mm en zonder onderbrekingen van de oppervlakte tot grote diepte verlopen. Op geploegde grond wordt een veel groter deel van de neerslag in de bouwvoor opgenomen en stagneert een deel van het water op de ploegzool. Beregeningsproeven met gekleurd water hebben dit bevestigd.

De metingen van het totale poriënvolume en van de poriënverdeling hebben aangetoond dat op dit proefveld de niet geploegde grond steeds een ca. 3 à 4 vol.% lager poriënvolume heeft, vnl. door een veel kleiner aantal poriën  $> 300 \mu\text{m}$  (Baeumer et al., 1971). De gelaagde structuur die op niet geploegde grond veelvuldig wordt aangetroffen, wordt door Dr. Ehlers toegeschreven aan vorstwerking: dit verschijnsel doet zich ook voor op proefvelden waar nooit met trekkers wordt gereden, zodat ontstaan o.i.v. mechanische druk uitgesloten is. Tegen deze opvatting pleit dat dezelfde structuur op geploegd land alleen beneden de ploegzool wordt aangetroffen. Regenwormen hebben geen moeite deze gelaagdheid te doorboren; plantewortels hebben echter de neiging horizontaal te gaan groeien.

Op het proefveld *Luxsebrink* (kalkloze loess) is dit jaar na zaaien met de ruiglandzaaimachine (rijenafstand 25 cm) nogmaals tussen de rijen doorgezaaid, zodat de wintergerst hier, evenals op het geploegde gedeelte, op  $12\frac{1}{2}$  cm rijenafstand kwam te staan. Hierdoor werd dit jaar voor het eerst op beide gedeelten een even egale, dichte stand verkregen. Desalniettemin was het gewas hier bij 0 N op het niet geploegde gedeelte duidelijk lichter van kleur. Bij de overige N-trappen (80, 110 en 140 kg N/ha) was er geen verschil.

Daar bij vastegroundsteelt aanzienlijke accumulaties van fosfaat aan de oppervlakte optreden, werden door de heer Böhm pot- en veldproeven gedaan met oppervlakkig toegediende en in diverse lagen aangebrachte superfosfaat. Hierbij is gebleken dat oppervlakkig toegediende fosfaat de *wortelontwikkeling* in het jeugd stadium stimuleert en beneden 50 cm - mv. relatief meer wortels geeft. Schade door fosfaat-overmaat is niet opgetreden; fosfaat-tekort daarentegen gaf opbrengstreducties.

Op een proefveld nabij de Universiteitsgebouwen wordt het *systeem Thormann* op zijn merites getoetst. Bij dit systeem wordt in monocultuur wintertarwe verbouwd, het stro na de oogst verbrand en wordt direct diep geploegd, waarna winterkoolzaad wordt gezaaid. Deze tussenvrucht wordt ondiep ondergewerkt, waarna wintertarwe wordt gezaaid met een extreem hoge zaaizaadhoeveelheid (240 kg/ha). Vroeg in het voorjaar wordt 20 à 40 kg NP gegeven, in april 100 kg ks en vlak voor het in aar komen 40 à 60 kg N/ha als ureum. Proeffactoren: tijdstip van ploegen, tussenvrucht, N-bemesting. De tussenvrucht blijkt de veronkruiding met kweek sterk in de hand te werken en het volgend jaar de stikstofmineralisatie af te remmen. Het is de bedoeling dit proefveld "tot het bittere einde" voort te zetten.

Op het *proefveld Reinshof* wordt vastegronsteelt vergeleken met ploegen in een vruchtopvolging wintertarwe-mais-wintertarwe-haver, waarbij na wintertarwe een tussenvrucht wordt verbouwd. In tegenstelling tot alle andere proefvelden werkt men hier niet met cumulatieve N-trappen, maar met *jaarstroken*, waardoor cumulatieve effecten juist worden voorkomen.

Op het *proefveld Rosdorf* tenslotte wordt nagegaan of het effect van een *bekalking* op ontkalkte loessgrond versterkt kan worden door de grond door toepassing van vastegronsteelt en verbouw van uitsluitend granen in rust te laten.

#### 3.4. *Fachgruppe Pflanzenproduktion, Abteilung Pflanzenbau II, Universität Hohenheim*

*Dr. G. Kahnt* houdt zich intensief bezig met het gehele complex van de gereduceerde grondbewerking (Czeratzki et al., 1971) en is zelfs bezig daar een boek over te schrijven.

Er zijn in het gebied rond Stuttgart drie probleemgronden waarvoor gereduceerde grondbewerking in principe een uitkomst kan zijn:

- (1) Gronden met een dunne bouwvoor met veel stenen;
- (2) Zware, moeilijk bewerkbare kleigronden;
- (3) Slempgevoelige loessgronden.

De praktijk toont veel belangstelling: er zijn nogal wat bedrijven waar een deel wordt geploegd, terwijl de rest zo oppervlakkig mogelijk wordt bewerkt.

*Dr. Kahnt* heeft eerst een aantal jaren de *techniek van het zaaien* in niet of slechts oppervlakkig bewerkte grond bestudeerd (Kahnt, 1968, 1969, 1970a). Het bleek al spoedig dat het zaaien in niet bewerkte grond met een triple disc zaaimachine op de hier veel voorkomende zware grond te veel risico's met zich meebrengt. Er werd daarom overgestapt op frezen van de zaairijen, gecombineerd met rijenzaai, de zg. Fräsrillensaai. Daar de bestaande Howard Rotaseeder niet voldeed (te smalle frees-messen) werd te zamen met de firma Eberhard een prototype met 3 à 4 cm brede freesmesses ontwikkeld. Ook met deze machine is men echter nog sterk afhankelijk van de chemische onkruidbestrijding. Er wordt daarom thans tevens geëxperimenteerd met machines voor volveldsfrezen gecombineerd met rijenzaai, zoals de Howard Semavator en soortgelijke machines van Rau en Eberhard.

Vervolgens kwam de vraag aan de orde: welk herbicide kan bij welk gewas binnen een bepaalde vruchtopvolging de mechanische *onkruidbestrijding*

*ding* vervangen zonder schade voor hoofdgewas en volggewas, en hoe kan door geschikte gewassen, rassen of tussenvruchten de onkruidgroei worden gereduceerd (Schwerdtle, 1971).

Het derde punt van onderzoek betreft de wijze waarop door minerale bemesting de aan gereduceerde grondbewerking verbonden geringere mineralisatie van organisch materiaal in de grond kan worden opgevangen (Kahnt, 1971).

Tenslotte dient men zich af te vragen welke *gewassen en rassen* zich *in de vruchtopvolging* lenen voor gereduceerde grondbewerking: tot nu toe is de veredeling uitsluitend gericht geweest op traditioneel, intensief bewerkte grond.

Dr. Kahnt houdt zich niet expliciet bezig met onderzoek van de *bodemstructuur*; bij tijd en wijle wordt hieraan door studenten en promovendi aandacht besteed. Het lagere luchtgehalte bij pF2 van niet of slechts oppervlakkig bewerkte grond behoeft geen nadelige consequenties voor de groei van het gewas te hebben, tenzij het veel regent. Ook bij dit systeem wordt nl. zoveel water aan de grond onttrokken voor de productie van bovengrondse massa dat het actuele luchtgehalte doorgaans voldoende is. De optimale dichtheid van de bovengrond voor een bepaald gewas hangt volgens dr. Kahnt sterk samen met het voedingsstoffen-niveau. Een volumegewicht van 1,4 à 1,5 behoeft dan ook zelfs voor gerst niet limiterend te zijn.

Er zijn een groot aantal *proefvelden* aangelegd (o.a. op de proefboerderij Ihinger Hof), waarvan de proefplannen zijn opgenomen in de ons uitgereikte Versuchsfeldführer 1971/1972. Hieruit blijkt dat dr. Kahnt niet bang is voor ingewikkelde proefopzetten.

Zo ligt op het proefveld Hohenheim (nabij de Universiteit) een proef met vier vruchtopvolgingen (zg-zg-zg; wt-wt-wt; wt-zg-hav; wt-zt-maïs), drie grondbewerkingssystemen (ploegen, volveldsfrezen, Fräsrijsaat) en vier tussenvruchten (wikken-veldbonen; winterkoolzaad; mosterd; rode klaver).

De *aard van de tussenvrucht* (cruciferen of leguminosen) is van belang o.m. in verband met de N-leverantie. Daarnaast is er verschil in aard en hoeveelheid van de bovengrondse massa. Bij koolzaad verteert deze snel, zodat er vrijwel alleen sprake is van voedingsstoffenleverantie. Mosterd daarentegen verhoudt tamelijk snel en verteert langzaam, zodat hier de humusleverantie op de voorgrond staat.

Deze *humuskwestie* houdt dr. Kahnt sterk bezig. Hij stelt dat door de gebruikelijke, intensieve grondbewerking de organische stof in de grond versneld wordt afgebroken hetgeen op den duur tot een lager humusgehalte leidt. Hierdoor wordt de grond moeilijker bewerkbaar en neemt de kans op verslemping toe. Het eerste doel van de gereduceerde grondbewerking moet daarom zijn de grond in rust te laten en daardoor het humusgehalte van de grond te verhogen.

Wanneer het stro oppervlakkig wordt ingewerkt dient men voorzichtig te zijn met het toedienen van stikstof. De kans is nl. groot dat hierdoor niet alleen de vertering van het stro wordt begunstigd, maar dat ook de wortelmassa van het graan versneld wordt afgebroken. Wil men een positieve humusbalans hebben, dan zal men de grondbewerking en de stikstofbemesting zeer goed op elkaar moeten afstemmen.

Een geheel andere mogelijkheid is in een systeem van oppervlakkige grondbewerking de grond eens in de 4 à 5 jaar 30 à 40 cm diep te ploegen

zodat de in de bovenlaag geaccumuleerde organische stof wordt geconserveerd en de eveneens in de bovenlaag opgehoopte P en K naar beneden wordt gebracht (Kahnt, 1970b).

In een tweede proef op het proefveld Hohenheim wordt een 4-jarige graanrotatie zonder tussenvruchten steeds het vijfde jaar onderbroken door suikerbieten, maïs, klaver + gras, winterrogge. Hierbij worden vier grondbewerkingssystemen vergeleken: altijd ploegen; altijd frezen; even jaren frezen, oneven jaren ploegen, twee jaar achtereen frezen, het volgende jaar ploegen. Op alle gewassen liggen elk jaar drie N-trappen volgens het systeem: praktijkgift (P), P + 25%, P - 25%. Genoemde vier gewassen waren in 1971 verbouwd; dit jaar werd op het gehele proefveld wintertarwe verbouwd. Op de gefreesde gedeelten bleek hinderlijk veel opslag van rogge en raaigras voor te komen.

Tenslotte kan worden vermeld dat zich in een potproef met wintertarwe na vier leguminosen en vier cruciferen belangrijke verschillen in gewaslangte voordeden. Dr. Kahnt concludeert hieruit dat grondbewerking en tussenvrucht beide een specifieke werking hebben.

### 3.5. *Institut für Landtechnik und Bayerische Landesanstalt für Landtechnik, Freising-Weihenstephan*

Het project "Minimalbodenbearbeitung" wordt geleid door *Dr. M. Estler* (Czeratzki et al., 1971). Het is vooral gericht op de technische mogelijkheden die werktuigcombinaties in dit opzicht bieden.

In een herfst 1970 aangelegde, meerjarige proef met de hier gebruikelijke vruchtopvolging wintergraan-zomergraan-korrelmaïs (waartoe men zich bewust heeft beperkt) worden de objecten risterploeg, freesploeg (Raussendorf, Claas) en niet geploegd vergeleken.

Op de *geploegde objecten* wordt het zaaiklaar maken en tegelijk zaaien met de volgende werktuigcombinaties vergeleken:

- (1) Rotorkoepel (Lely) + rijenzaaimachine (Isaria)
- (2) Triltandcultivator (Rau) + opgebouwde zaaimachine
- (3) Schudegge (2-balks) + rijenzaaimachine (Amazone D4)
- (4) Triltandcultivator (Tume) + opgebouwde zaaimachine.

Op de *niet geploegde grond* worden de volvelds zaaifrezen Rau Rotex en Howard Semavator vergeleken.

Alle machines en werktuigen worden door de landbouwwerktuigenindustrie "in consignatie" beschikbaar gesteld.

Bij de diverse bewerkingen worden allerlei technische gegevens verzameld (trekkracht, koppelbehoefte, benodigd hefvermogen bij gevulde zaai-bak, snelheid, arbeidstijd/ha enz.). Zowel het directe grondbewerkingseffect (verkruimeling, ruwheid van het oppervlak) als de structuur van de grond in het groeiseizoen worden bestudeerd. Uiteraard wordt ook de ontwikkeling van het gewas nauwkeurig gevolgd en wordt de opbrengst bepaald.

Op een ander bedrijf ligt eenzelfde proef in wat beperkter omvang, terwijl men van plan is nog dit jaar een derde proefveld aan te leggen op zeer zware grond.

Uit de tot nu toe verkregen gegevens leidt dr. Estler af dat er veel perspectief is voor

- (1) de volvelds zaaifrezen van Rau en Howard.

Men kan hiermee zowel op rijen, in banden of breedwerpig (alleen Howard) zaaien. Vooral na de maïsoogst bieden deze machines voordelen

daar er dan doorgaans weinig tijd beschikbaar is voor de grondbe-  
werking.

- (2) De rotorkoepel van Lely + zaaimachine van Isaria.  
Door de rotatiesnelheid en de voorwaartse snelheid op elkaar af te stemmen kan men steeds de gewenste verkrumming van de voordien geploegde grond verkrijgen.
- (3) Triltandcultivator (Rau) + opgebouwde zaaimachine.  
Deze 2,50 m brede combinatie, waarmee in banden wordt gezaaid, is relatief goedkoop en men kan er snel mee rijden. De praktijk heeft hier veel belangstelling voor.

De Amazone combinatie 2-balks schudegge + rijenzaaimachine voldoet niet daar er te vaak verstoppingen optreden (maïsstro!); bij de rotorkoepel heeft men daar absoluut geen last van. De Tume triltandcultivator + opgebouwde zaaimachine (waarmee in banden wordt gezaaid) is niet interessant daar de extra inrichting voor rijenbemesting hier in verband met de goede bemestingstoestand van de grond niet nodig is.

Of men breedwerpig of in banden zal zaaien is o.m. afhankelijk van de toestand van de grond. Zijn er veel diepe sporen, dan moet men minstens 10 cm diep frezen en kan dan alleen in banden zaaien; zijn er geen sporen, dan kan men volstaan met 5 cm diep frezen en breedwerpig zaaien (infrezen van het zaad, zaaipijpen vóór de frees).

Voor een vlot verloop van de werkzaamheden wordt bij frees-zaai-combinaties met 2,50 m werkbreedte een trekker van 115 pk noodzakelijk geacht.

Dr. Estler was van mening dat men veel sneller inzicht kan krijgen in de bruikbaarheid van machines (kwaliteit van het zaai-bed, regelmaat van het gewas) dan in het effect dat deze machines op de structuur van de grond hebben. Het bepalen van het directe grondbewerkingseffect ofwel de structuur van het pas bewerkte land gaat met grote moeilijkheden gepaard. Er zijn slechts weinig goede methoden; deze zijn echter in het algemeen ofwel zeer tijdrovend ofwel zeer duur.

In principe kan de dichtheid van de grond worden gemeten met gammastralen of met ultrasonore trillingen. Apparatuur voor veldgebruik is echter nog niet beschikbaar. Tot zolang dient men zich te behelpen met ringmonsters en penetrometers.

Gezien echter het enthousiasme waarmee dr. Estler en zijn medewerkers (Dipl.-Ing. Stanzel, Dipl.-Ing. Knittel en Ass. Zeltner) zich op dit onderzoek hebben geworpen, mogen binnen afzienbare tijd belangwekkende resultaten worden verwacht.

#### 4. SAMENVATTING EN CONCLUSIE

Tijdens een studiereis naar West-Duitsland en Oostenrijk van 12 t/m 16 juni 1972 werden een aantal inlichtingen verkregen die voor de voortgang van het *onderzoek in de grondtrog* van het IB van belang kunnen worden geacht.

Deze grondtrog bestaat uit een waterdichte, betonnen bak (binnenwerks  $14,70 \times 5,80 \times 1,40 \text{ m}^3$ ) die 10 cm boven het maaiveld uitsteekt. Uit technische overwegingen bij de constructie van de meet-sleepwagen is de trog in de lengte middendoor gedeeld door een betonnen muur, zodat er in feite twee troggen zijn ontstaan. De trog bevindt zich aan de noordzijde van de laboratoriumvleugel. Boven de trog is een vrijdragende betonnen luifel aangebracht, terwijl hij aan de westzijde tegen regeninslag is beschermd door een demontabele glaswand.

In de trog kunnen diverse grondwaterstanden worden ingesteld. De watertoevoer vindt plaats via drie grondwaterstandspotten aan elk van beide lange zijden, die onderling met elkaar in verbinding staan en per groep van drie afgesloten kunnen worden met een afsluiter.

Het ligt in de bedoeling in deze trog een profiel aan te brengen bestaande uit 9 cm grof grind (5-20 mm), afgedekt met 1 cm fijn grind (3-6 mm), waarop ca 65 cm slibarm, tamelijk fijn zand (M 50 = 140). Tussen dit zand en het grind zullen nog één of twee lagen grover zand worden aangebracht om inspoeling van zand in het grindbed te voorkomen. Op dit profiel zal een laag van 50 cm te onderzoeken grond worden aangebracht: in de ene troghelft zware klei; in de andere troghelft lichte zavel.

Met diepe, waterdichte grondtroggen met een bodem en met een profiel als hierboven aangegeven, heeft men in West-Duitsland en Oostenrijk geen ervaring. Men was echter van mening dat aanstampen tot de maximale dichtheid met een vibrerende stamper zowel voor de zandlaag als voor de te onderzoeken grond de beste resultaten zal geven. Het hierbij in te stellen vochtgehalte kan worden ontleend aan Proctor-proeven. Wanneer de trog eenmaal gevuld is zal rollen met een aangedreven rol doorgaans goed voldoen.

Over het losmaken van de grond liepen de meningen uiteen. Wellicht kan het veel toegepaste frezen worden vervangen door een bewerking met de freesploeg of met een spitmachine. Soms, bv. wanneer bij het frezen veel kogelronde, kunstmatige aggregaten zijn ontstaan, kan behandeling van de grond met een aangepaste kluitbreker worden aanbevolen.

Uiteindelijk is echter elke grondtrog uniek en moet men al probeerend de beste werkwijze zien te vinden. Ook hier geldt dat ervaring de beste leermeester is.

Het bezoek aan Oostenrijk gold vooral het bestuderen van de mogelijkheden tot *het meten van de dichtheid van de grond met gammastralen*. Hierbij wordt een blok grond ter dikte van 45 cm horizontaal doorstraald, waarna de absorptie van de straling wordt vertaald in het gemiddelde natte volumegewicht van de grond. Het oplossend vermogen van deze methode is zeer groot: door zeer sterke collimering van de stral bundel wordt een cirkelvormig oppervlak met een doorsnede van slechts 1 cm doorstraald.

In principe is deze methode toepasbaar in de grondtrog, waarbij dan

na vrijmaken van het profiel een breedte van één ploegvoor over de volle lengte van de trog en over de volle diepte van de te onderzoeken grond punt voor punt zou kunnen worden doorgemeten. Hierdoor kan een zeer gedetailleerd beeld van de heterogeniteit van de grond na de bewerking worden verkregen. Ook voor het steekproefsgewijs controleren van de homogeniteit van de voorbereide grond biedt deze methode perspectieven.

Bij het bezoek aan onderzoekscentra op het gebied van de zg. "*minimale grondbewerking*" is duidelijk geworden dat men door de frequentie en de intensiteit van de grondbewerking belangrijk te verminderen, in feite het in de loop van vele eeuwen uitgebalanceerde traditionele teeltsysteem van akkerbouwgewassen grondig verstoort. De grond wordt in het algemeen dichter en vaster, waardoor de berijdbaarheid verbetert, de stikstofmineralisatie echter ongunstig wordt beïnvloed. Ten dele door een nog gebrekkige techniek komt het zaad veelal niet optimaal in de grond, waardoor het gewas vaak holler is en anders reageert dan een normaal, vol gewas. Deze reactie kan al naar het ras nog zeer uiteenlopen, terwijl de vruchtopvolging, mede in verband met de bestrijding van ziekten en plagen en vooral ook van het onkruid, een buitengewoon belangrijke rol speelt. Al met al is minimale grondbewerking in de strikte zin van het woord een volledig nieuw systeem, waarvan alle onderdelen weer van het begin af aan opnieuw moeten worden getoetst.

Bij het opzetten van nieuw onderzoek kan gebruik gemaakt worden van de ruime ervaring die op diverse onderdelen in West-Duitsland is verkregen. Zo is al wel gebleken dat het volledig achterwege laten van elke vorm van grondbewerking (de zg. vastgrondsteelt) op den duur niet vol te houden is. Het onkruid vnl. kweek) wordt daarbij eerder limiterend dan de structuur van de grond. Ook bij het beperken van de grondbewerking tot het frezen van de zaaisleuven krijgt men al spoedig met ernstige veronkruiding te maken. Volvelds frezen, gecombineerd met rijenzaai, eventueel precisiezaai, lijkt nog de meeste perspectieven te bieden.

Een alternatief wordt gevormd door een systeem waarbij men alleen voor suikerbieten ploegt. Er wordt dan direct na de graanoogst op diepte geploegd (de zg. zomervoor), een mechanische kweekbestrijding uitgevoerd en een tussenvrucht ingezaaid. Deze tussenvrucht wordt belangrijk geacht daar deze de grond behoed voor uitdroging en verslumping en bij een verstandig bemestingsbeleid een redelijke bijdrage aan de instandhouding c.q. verhoging van het humusgehalte kan leveren. Het ondiep onderwerken van de tussenvrucht (evt. na doodspuiten) d.m.v. frezen kan worden gecombineerd met de precisiezaai van de suikerbieten.

Concluderend kan worden gesteld dat onze studiereis naar West-Duitsland en Oostenrijk volledig aan zijn doel heeft beantwoord. Zowel op het gebied van het grondbewerkingsonderzoek in grontroggen als op dat van de zg. minimale grondbewerking werden waardevolle contacten gelegd en werd veel informatie verkregen die wij in ons onderzoek zeker ten nutte zullen kunnen maken.

Haren (Gr.), 17 juli 1972

## 5. LITERATUUR

## 5.1. Grondtroggen

- Birecki, M., A.Kullman, I.B.Revut und A.A.Rode, 1968. Untersuchungsmethoden des Bodenstrukturzustandes. VEB Deutscher Landwirtschaftsverlag, Berlin, 68-72, 96-105.
- Danfors, B., 1970. Jord-fordon och maskinen. Jordbrukstekniska Inst., Medd. no. 333: 53 pp.
- Feuerlein, W., 1963. 10-jährige vergleichende Untersuchungen an einem Lehm- und einem Tonboden in den Völkenroder Bodenrinnen. Mitt. Deut. Bodenk. Ges. 1: 167-177.
- Gahni, M.A., 1966. Determination of shear stress of a fine cloddy soil with a "guarded" shear head. Proc. 2nd Int. Congr. Soil-Vehicle Systems, Toronto, pp. 279-310.
- Graef, M., 1970. Pflugkräfte und Pfluglagemessungen in der Bodenrinne und deren Auswertung mit Hilfe des Analogrechners. Arbeitstagung 3. Sektion CIGR, Wageningen, 19-23. Oktober 1970, 207-218.
- Hesse, H. und R.Möller, 1972. Eine elektrohydraulische Zwei-Größen-Tiefenregelung für grosse Schlepperanbaupflüge. Grundlagen Landtechnik 22: 75-79.
- \*Holm, I.C., 1970a. Das Verhalten von Reifen beim mehrmaligen Überfahren einer Spur und dessen Auswirkung auf die Fahrzeugkonzeption. Vortrag Mannheim.
- Holm, I.C., 1970b. Articulated, wheeled off-the-road vehicles. J. Terramechanics 7: 19-54.
- Krause, R., 1970a. Ähnlichkeitstheoretische Untersuchung eines Bodenmechanischen Problems. Teil 1: Theorie. Grundlagen Landtechnik 20: 181-182.
- Krause, R., 1970b. Methoden der qualitativen und quantitativen Untersuchungen in Bodenrinnen. Landbauforsch. Völkenrode 20: 77-82.
- Krause, R., 1970c. Die Grenzflächenreibung bei Untersuchungen in Bodenrinnen mit Glaswänden. Landbauforsch. Völkenrode 20: 83-90.
- Krause, R., 1971a. Methoden zur Ermittlung der Wirkungen und des Energiebedarfes von Werkzeugen in Bodenrinnen. Landtech. Forsch. 19: 74-80.
- Krause, R., 1971b. Ähnlichkeitstheoretische Untersuchung eines bodenmechanischen Problems. Teil 2: Versuche. Grundlagen Landtechnik 21: 11-15.
- \*Krick, G., 1969. Radial and shear stress distribution under rigid wheels and pneumatic tires operating on yielding soils with consideration of tire deformation. J. Terramechanics 6: 73-98.
- Krick, G., 1970. System zur Messung der Kräfte und Momente an angetriebenen, schräglaufenden Reifen, der Druck- und Schubspannungsverteilung in der Kontaktfläche und der Reifendeformation. Arbeitstagung 3. Sektion CIGR, Wageningen, 19-23 oktober 1970, pp. 219-244.

---

\*De met \* aangeduide publikaties zijn gebundeld in Institut für Landmaschinen, T.H. München, Institutseröffentlichungen, Heft 1 (1970) 188 pp.



- Krick, G., 1971. Die Wechselbeziehungen zwischen starrem Rad, Luftreifen und nachgiebigem Boden. Diss. TU München, 158 pp.
- Kühne, G. und A.König, 1932. Forschungsarbeiten in der Bodenrinne des Instituts für Landmaschinen der Technischen Hochschule München.
- Möller, R., 1967. Überlegungen beim Aufbau einer Bodenrinne. Grundlagen Landtechnik 17: 176-179.
- Osman, M.S., 1964a. The mechanics of soil cutting blades. J. Agr. Eng. Res. 9: 313-328.
- Osman, M.S., 1964b. The measurement of soil shear strength. J. Terramechanics 1: 54-60.
- Reichmann, E., 1965. Über die Ermittlung der Bodenverdichtungen, die durch das Befahren des Ackerbodens mit landwirtschaftlichen Maschinen und Traktoren hervorgerufen werden. Mitt. Bundesversuchs-Prüfungsanst. Landwirt. Maschinen Geräte Wieselburg a.d. Erlauf 11 (4): 299-325.
- Reichmann, E., 1972. Stabilitätskriterien landwirtschaftlicher Fahrzeuge beim Fahren am Hang. Festschrift: 25 Jahre Bundesversuchs- und Prüfungsanstalt für landwirtschaftliche Maschinen und Geräte in Wieselburg, pp. 37-45.
- Segler, G., 1958. Modellsammlung des Instituts für Landtechnik. In: Landwirtschaftliche Hochschule Hohenheim; aus ihrem Werden und Wirken. Stuttgart-Hohenheim. S. 60.
- Smits, F.P., 1972. A new tillage implement: the chain-rotary-tiller. Proc. Int. Conf. ISTVS, Stockholm (in press).
- Soane, B.D., 1968. A gamma-ray transmission method for the measurement of soil density in field tillage studies. J. Agr. Eng. Res. 13: 340-349.
- Soane, B.D., D.J.Campbell and S.M.Herkes, 1971. Hand-held gamma-ray transmission equipment for the measurement of bulk density of field soils. J. Agr. Eng. Res. 16: 146-156.
- \*Söhne, W., 1964. Allrad- oder Hinterradantrieb bei Ackerschleppern hoher Leistung. Grundlagen Landtechnik Heft 20.
- \*Söhne, W., 1969. Agricultural engineering and terramechanics. J. Terramechanics 6: 9-30.
- \*Söhne, W., 1970. Fahrwerksart, Triebkraft und Rollwiderstand geländegängiger Fahrzeuge bei unterschiedlich tragfähigen Böden Vortrag Mannheim.
- Söhne, W., 1972. Versuch einer Prognose der Leistung und Produktion der Ackerschlepper sowie ihrer konstruktiven Weiterentwicklung. Grundlagen Landtechnik No.4.
- Thaer, R., 1958. Über Häufelwerkzeuge für den Kartoffelbau. Landbauforsch. Völkenrode 8: 27-31.
- Thaer, R., 1961. Häufelwerkzeuge für den Schlepperbetrieb. Landtechnik 16: 19.
- Thaer, R., 1962. Versuche mit Häuflern verschiedener Anstell- und Seitenrichtungswinkel. Grundlagen Landtechnik Heft 15: 37-45.
- Vornkahl, W. 1967. Dynamik gezogener Bodenwerkzeuge im Modellversuch. Diss. TH Stuttgart.

5.2. *Minimale grondbewerking*

- Baeumer, K., 1970a. Die Standortfaktoren Boden und Klima bei pflugloser Bestellung. Merck-Blätter 20, Folge 1: 32-37.
- Baeumer, K., 1970b. First experiences with direct drilling in Germany. Neth. J. Agr. Sci. 18: 283-292.
- Baeumer, K., W.Ehlers und G.Pape, 1971. Erste Erfahrungen im Ackerbau ohne Bodenbearbeitung in Göttingen. Sonderh. Z. Landwirt. Forsch. 26. I: 264-272.
- Bakermans, W.A.P. and C.T.de Wit, 1970. Crop husbandry on naturally compacted soils. Neth. J. Agr. Sci. 18: 225-246.
- Böhm, W., 1972. Polyäthylen-Röhren als Gefäße für Wurzeluntersuchungen. Plant Soil (in press).
- Carter, J.N., O.L.Bennet, R.W.Pearson, 1967. Recovery of fertilizer nitrogen under field conditions using nitrogen-15. Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 31: 50-56.
- Czeratzki, W., 1969a. Neuzeitliche Bodenbearbeitung und ihre Beziehung zur Bodenfruchtbarkeit. In: Landtechnik von Morgen, Folge 7. Motorenfabrik Anton Schlüter, Freising, S.14-19.
- Czeratzki, W., 1969b. Möglichkeiten und Aussichten für den Ersatz der mechanischen Bodenbearbeitung durch chemische Stoffe, Landbau-forsch. Völkenrode Sonderh. S.11-20.
- Czeratzki, W., 1970. Möglichkeiten und Grenzen für den Einsatz pflugloser Bestellungsverfahren. Merck-Blätter 20, Folge 1: 23-31.
- Czeratzki, W., 1971. Grundlagen der Bodenbearbeitung. Vortrag auf der DLG-Informationstagung am 29. Juli 1971. 14 S.
- Czeratzki, W. und E.Ruhm, 1969. Zweijährige Ergebnisse aus Versuchen zur bearbeitungslosen Bestellung. Ber. III. Int. Kongr. Technik Landwirt., Sekt. II: 1-3, 7-12.
- Czeratzki, W. und E.Ruhm, 1971. Ergebnisse aus Versuchen mit bearbeitungslosen Bestellung. Sonderh. Z. Landwirt. Forsch. 26. I: 281-289.
- Czeratzki, W., J.Debruck, M.Estler, H.Hanus, G.Kahnt und F.Schwerdtle, 1971. Minimalbodenbearbeitung. AID-Broschüre Nr. 330: 31 S.
- Kahnt, G., 1968. Säen ohne zu pflügen? Mitt. Deut. Landwirt. Ges. 83: 463-465.
- Kahnt, G., 1969. Ergebnisse zweijähriger Direktsaatversuche auf 3 Bodentypen. Z. Acker- Pflanz. 129: 277-295.
- Kahnt, G., 1970a. Technische Möglichkeiten pflugloser Bestellung. Merck-Blätter 20, Folge 1: 7-16.
- Kahnt, G., 1970b. NPK-Aufnahme, NPK-Wirkungen und NPK-Bilanzen nach Gefügemeliorationen bei Winterweizen- und Haferanbau. Z. Acker- und Pflanz. 131: 333-343.
- Kahnt, G., 1971. NPK- und C-Veränderungen auf 3 Bodentypen nach 5 Jahren pfluglosem Ackerbau. Sonderh. Z. Landwirt. Forsch. 26. I: 273-280.
- Rosegger, S. und H.C.Olfe, 1971. Die Minimalbodenbearbeitung aus arbeitswirtschaftlichen Sicht. Landbauforsch. Völkenrode 21: 25-36.
- Schwerdtle, F., 1971. Untersuchungen zum Direktsaatverfahren im Vergleich zu Bestellung bei verschiedenen Kulturen unter besonderer Berücksichtigung der Unkrautflora. Diss. Univ. Hohenheim.