

RIJKSLANDBOUWPROEFSTATION TE GRONINGEN.

Onderzoek naar de veranderingen, welke door planten- groei en bemesting in den bouwgrond teweeggebracht worden.

I.

DOOR

J. G. MASCHHAUPT.

Het onderzoek naar de oorzaken van de „haverziekte” in de Groningsche en Drentsche Veenkoloniën ¹⁾ heeft overtuigend aangetoond, dat onder invloed van de kultuur in den bouwgrond veranderingen kunnen plaats grijpen, waardoor het productievermogen van den grond ernstig bedreigd wordt. Nu eenmaal de aandacht op dit verschijnsel gevestigd is geworden, is het niet onwaarschijnlijk, dat ook op andere plaatsen en op andere grondsoorten dergelijke ongunstige veranderingen van den bouwgrond geconstateerd zullen worden. ²⁾

De zaak is van gewicht. Want al mogen van andere grondsoorten nog geen klachten vernomen zijn, dit bewijst niet, dat de langzaam voortschrijdende veranderingen ook daar niet reeds tot geringere productiviteit leiden. Hoe licht kan niet, waar de oogstopbrengst van zoovele factoren afhankelijk is, eene intredende oogstvermindering aan de waarneming ontsnappen of toegeschreven worden aan onvoldoende bemesting en door toepassing eener zwaardere bemesting, tijdelijk althans overwonnen worden.

In de Veenkoloniën had men bovendien het bijzonder geval, dat een typisch ziekteverschijnsel optrad, hetwelk in hooge mate de aandacht trok. Het is zeer goed mogelijk, dat op andere grondsoorten dergelijke frappante ziekteverschijnselen niet optreden en geen uiterlijk waarneembare verschijnselen waarschuwen, dat er met den bouwgrond iets niet in orde is.

Reeds een halve eeuw geleden, toen het kunstmesttijdperk nauwe-

¹⁾ SJOLLEMA en HUDIG: Onderzoek naar de oorzaken der vruchtbaarheidsafname van enkele gronden in de Groningsche en Drentsche veenkoloniën. Verslagen van landb. onderzoekingen der Rijks Landb. proefst. n^o. V, 1909.

²⁾ Ondertusschen zijn door den Heer HUDIG inderdaad reeds op andere grondsoorten bij enkele gewassen verschijnselen geconstateerd geworden, welke ook daar op dergelijke veranderingen in den bouwgrond wijzen.

lijks was aangevangen, veronderstelde G. J. MULDER de mogelijkheid eener ongunstige verandering van den bouwgrond onder invloed van het gebruik van chemische meststoffen en achtte hij het noodig zijne tijdgenooten te waarschuwen. De woorden in 1860 door hem neergeschreven in het derde deel van zijn werk: „de Scheikunde der bouwbare aarde” zijn te merkwaardig om ze hier niet te herhalen. Sprekende over „intensieve kultuur” wijst MULDER erop, dat men hierbij te veel de opbrengst te weinig den bodem voor oogen heeft. „Men ziet, de zaak is gewigtig. Wat het geeft heeft men altoos gevraagd, even als nu; maar thans vraagt men wat het geeft in het eerste jaar, in de eerste jaren, en daar men niet den bodem, maar de opbrengst voor oogen heeft, kan het wel zijn, dat de uitkomst niet gelukkig wezen zal.

„Ik doe geene voorspelling; ik heb ook geen vasten grond voor vrees; al had ik ook nog zooveel vrees, het zou den stroom des tijds niet kunnen stuiten; maar eene opmerking is toch in dit werk over deze aangelegenheid niet misplaatst; de opmerking betreft den grondslag van de methode.

„Die grondslag is: de opbrengst, niet de bodem.

„Dat die grondslag fout is, behoeft nauwelijks betoog. Het kan nu toevallig wel zoo uitkomen, dat de intensieve landbouw der latere jaren ook den grond verbetert, of althans hem voor de toekomst niet bederft; maar het kan ook anders zijn.

„De uitkomst kan gunstig zijn, maar in een tak van bedrijf, waarin niet jaren, maar eeuwen spreken mogen, weet men in jaren niet wat het nieuwe gegeven heeft, wat het nieuwe aan waarde bezit. En is de uitkomst ongunstig, dan zal het nageslacht wraak roepen over de lichtzinnigheid, waarmede men in dezen tijd gehandeld heeft met het meest uitnemende der bedrijven van ons geslacht”.¹⁾

Dat men aan deze waarschuwing van MULDER geen aandacht heeft geschonken, wien zal het verwonderen, die weet welke ommekeer het gebruik van chemische meststoffen in het landbouwbedrijf heeft teweeggebracht!

Maar thans nu de feiten spreken is de tijd gekomen, dat men niet langer wachten mag met het vraagstuk ernstig onder de oogen te zien.

Tot nu toe ging de zorg voor de toekomst van den bouwgrond niet verder dan dat men er op bedacht was den grond in goeden bemestingstoestand te houden, dat de grond, als reservoir voor plantenvoedsel steeds voldoende gevuld bleef met stikstof, phosphorzuur en kali. Ook paste men kultuurmaatregelen (grondbewerking, grondverbetering, drainage) toe, welke de praktijk, gesteund door theoretische overwegingen, als doeltreffend voor den toestand van den bouwgrond had leeren kennen. De „haverziekte” wierp echter een

¹⁾ MULDER: Scheikunde der bouwbare aarde, III, pag. 497 en 498.

schel licht op die kleine veranderingen in den bodem, welke aan het oog van den landbouwer ontsnappen, maar die toch *op den duur* zulk een grooten invloed op de productiviteit van den bodem kunnen hebben. Deze veranderingen en de rol die de verschillende kultuurgewassen en de verschillende chemische meststoffen hierbij spelen, na te speuren is het doel van dit onderzoek.

Blijkt nu bij dit onderzoek, dat tengevolge van de bemesting met bepaalde stoffen en den verbouw van bepaalde gewassen veranderingen in den grond plaats grijpen, die op den duur de bodem voor de kultuur ongewenschte eigenschappen doet aannemen, dan zullen wij mogelijk in de toekomst deze ongunstige veranderingen kunnen tegengaan of beperken, door bij de keuze der bemesting en de vruchtwisseling rekening te houden met de resultaten van dit onderzoek. Dit onderzoek moet ons dus de gegevens verschaffen, welke als grondslag moeten dienen voor wat men zou kunnen noemen, de gezondheidsleer, de hygiene van den bouwgrond.

Ik ben mij volkomen bewust van de groote moeilijkheden, welke dit vraagstuk zal opleveren. Uit het algemeene probleem resulteeren bijzondere vraagstukken, aan welker oplossing meerdere onderzoekers zich zullen moeten wijden. Veel vraagstukken zullen moeten voorgelegd worden aan onderzoekers, welke hunne volle aandacht kunnen schenken aan de studie van de eigenschappen van den bodem. Ook voor den bodembacterioloog ligt hier een uitgebreid veld van onderzoek. Want naast de veranderingen in chemischen en physischen zin, zal de invloed van plantengroei en bemesting op de bacteriënflora in den bouwgrond naar alle waarschijnlijkheid van grooten invloed blijken te zijn.

Voorloopig heb ik mij beperkt tot een vergelijkend onderzoek van enkele kultuurgewassen en enkele zouten, welke bij de bemesting een rol spelen, ten opzichte van de veranderingen door deze gewassen en zouten in een zeer bepaalde richting in één enkele grondsoort teweeg gebracht. De resultaten reeds nu bij dit onderzoek verkregen hebben bij mij de overtuiging gevestigd, dat langs den ingeslagen weg wel wat te bereiken is en van hier uit het thans nog geheel braak liggende veld ontgonnen kan worden.

In mijne publicatie: „Reactieverandering van den bodem, tengevolge van plantengroei en bemesting” ¹⁾ werd uiteengezet, op welke wijze plantengroei en bemesting de reactie van den bouwgrond zullen kunnen wijzigen, terwijl in het kort gewezen werd op de gevolgen van dergelijke reactie-veranderingen. Verder vestigde ik er de aandacht op, dat niet alleen eventueele *reactie*-veranderingen maar ook veranderingen in de verhouding, waarin de verschil-

¹⁾ Verslagen van Landbouwk. onderzoekingen der R. Landbouwproefstations, n^o. X, 1911.

lende in de bodemvloeistof gemakkelijk oplosbare zouten in den bodem voorkomen, van invloed moeten zijn op de eigenschappen van den bouwgrond. Tevens werd in het kort medegedeeld, welke pogingen aan het Proefstation te Groningen gedaan werden om een antwoord te krijgen op de gestelde vraag.

Behalve dat langs indirecten weg, door analyse der oogstproducten, afkomstig van met verschillende stoffen bemeste veldjes, getracht zal worden, uit hetgeen door de gewassen aan den bodem onttrokken wordt, conclusies te trekken omtrent de veranderingen, welke in den grond plaats grijpen, werden ook proeven aangezet om direct in den bodem deze veranderingen te kunnen constateeren.

Hiertoe werden kultuurlpotten gevuld met zeer zorgvuldig gezeefden en gemengden grond (lichte zavel) en de potten verschillend bemest en bebouwd.

Het lag aanstonds in mijne bedoeling de verschillende potten gedurende enkele jaren op dezelfde wijze te bemesten en te bebouwen om zodoende de veranderingen, die vermoedelijk na den verbouw van een enkel gewas niet groot zouden zijn, verder te doen ingrijpen en ze zodoende onder het bereik der waarneming te brengen.

Boven verwachting zijn de veranderingen na twee jaar reeds zóó sprekend, dat ik meen reeds nu een en ander over de verkregen resultaten te mogen mededeelen.

Voor de proef werden zinken kultuurlpotten gebruikt, voorzien van de gewone inrichting voor luchtcirculatie en van binnen met paraffine bestreken.

De potten werden gevuld met 9,95 Kg grond, die vooraf met de verschillende zouten, opgelost in 600 c.c. water, innig gemengd was.

De grondsoort was lichte zavel. Het zandgehalte, bepaald met het slibapparaat van SIKORSKY, bedroeg 81,5 pct. Het gehalte aan Ca O, oplosbaar in 10 procentig HCl, was 0,98, terwijl het gehalte aan Ca CO₃ 0,80 pct. bedroeg.

De 16 potten werden op de volgende wijze bemest en bebouwd.

	Aard-appelen.	Tarwe.	Haver.	Onbe-bouwd.
	Nummers der potten.			
3 gram NaNO ₃ . . .	35	36	12	29
2,5 „ (NH ₄) ₂ SO ₄ . .	37	25	38	20
1,5 „ NH ₄ NO ₃ . . .	7	4	31	11
Geen stikstof	30	32	3	15

Het onderzoek werd voorloopig beperkt tot de genoemde stikstofverbindingen, omdat bij deze duidelijk waarneembare veranderingen eerder te verwachten zijn dan bij andere zouten en zoowel in de landbouwpraktijk als bij enkele proefnemingen reeds veranderingen van den grond door bemesting met Na NO_3 en $(\text{NH}_4)_2 \text{SO}_4$ werden waargenomen. ¹⁾

Voor de praktijk is in de eerste plaats eene studie van den invloed der stikstofbemesting op de eigenschappen van den grond van belang, omdat de praktijk bij het toedienen eener stikstofbemesting eene keuze kan doen uit stoffen van zéér uiteenlopend karakter. Of de stikstof gegeven zal worden in den vorm van chilisalpeter, zwavelzure ammoniak, kalkstikstof of kalksalpeter, zal thans nog in hoofdzaak bepaald worden door de vraag, welke bemesting bij de heerschende prijsverhouding voor het eerstvolgende gewas het voordeeligst is. Kent men eenmaal den invloed van deze zouten op den bodem dan zal ook de vraag hoe men den bodem in de beste conditie houdt, dan zal ook de hygiëne van den bouwgrond gewicht in de schaal leggen, zooals thans reeds de veenkoloniale landbouwer zijne keuze dikwerf vestigt op de zwavelzure ammoniak met het oog op de „haverziekte”.

De stikstofbemesting van 3 gram Na NO_3 per pot is bijzonder zwaar; ze komt overeen met eene bemesting van minstens 1000 K.G. per H.A. De hoeveelheden van 2,5 gram NH_4 -sulfaat en 1,5 gram NH_4 -nitraat bevatten ongeveer dezelfde hoeveelheid stikstof. Deze zware bemesting is gegeven om de resultaten eenigszins te forceeren, ze zoo sprekend mogelijk te doen zijn.

De gewassen werden gekozen in verband met de resultaten van de proeven van KRÜGER ²⁾. Op grond van deze proeven waren bij aardappelen en tarwe sterk uiteenlopende resultaten te verwachten terwijl haver in dit opzicht vermoedelijk tusschen deze beide gewassen geplaatst zou moeten worden.

De onbebouwde potten werden gedurende de proef met gedestilleerd water op dezelfde vochtigheidsgraad gehouden als de bebouwde potten.

Ondanks de zware stikstofbemesting was de opbrengst van alle potten beneden het middelmatige hetgeen vermoedelijk ten deele moet toegeschreven worden aan het achterwege blijven eener phosphorzuur- en kalibemesting.

Nadat de gewassen tot volkomen rijpheid gekomen waren, werden zij geoogst, de grond gezeefd om de wortels zooveel mogelijk te verwijderen en vervolgens aan de lucht gedroogd. Van den luchtdrogen grond uit iederen pot werd een monster genomen voor nader onderzoek.

¹⁾ Verslagen van Landb. Onderz. der R.Landb.proefst. n^o. X 1911, pg. 59 e. v.

²⁾ KRÜGER: Einfluss der Düngung und des Pflanzenwachses auf Bodenbeschaffenheit und Bodenerschöpfung. Landw. Jahrb. 34, 1905, p. 783.

In het voorjaar 1911 werd de hoeveelheid grond, die door monsternamen en verliezen eenige vermindering had ondergaan, weer door toevoeging van nieuwen grond op de oorspronkelijke hoeveelheid teruggebracht. Per pot was daartoe noodig 550—800 gr., d.i. dus ongeveer 5,5—8 pct. van de totale hoeveelheid.

Aangezien de ontwikkeling der gewassen in 1910 minder goed was werd ditmaal eene K- en P-bemesting gegeven in den vorm van 0,69 gr. KH_2PO_4 per pot, hetgeen overeenkomt met eene bemesting van ruim 79 K.G. K_2O en 120 K.G. P_2O_5 per H.A.

De stikstofbemesting werd teruggebracht tot de helft van die in 1910, zoodat deze nu overeenkwam met ongeveer 500 K.G. Chilisalpeter per H.A.

Einde Juli en begin Augustus werden de gewassen geoogst en de grond gezeefd door een zeef met openingen van 2 m.M. Hierbij werd zorg gedragen, dat de grond niet verder indroogde dan even noodig was om het zeven mogelijk te maken.

Het lag n.l. in mijne bedoeling na te gaan, hoe de kleiachtige bestanddeelen zich wat bezinkingssnelheid betreft zouden gedragen na schudden van den grond uit de verschillende potten met water, en ik achtte het niet onmogelijk, dat bij indrogen van den grond de kolloïdale klei zoodanige veranderingen zou ondergaan, dat eventuele verschillen in de bezinkingssnelheid der kleisuspensies minder duidelijk zouden worden. Zooals we later zullen zien bleek deze vrees echter ongegrond te zijn.

Verscheidene overwegingen leidden mij er toe eerst na te gaan in hoeverre de bezinkingssnelheid der kleisuspensie invloed had onderzonden van plantengroei en bemesting.

In de eerste plaats hadden de onderzoekingen van KRÜGER ¹⁾ in dit opzicht sprekende resultaten gegeven.

In de tweede plaats konden de bezinkingsproeven indirect vermoedelijk iets leeren omtrent de reactieverandering in den grond, omdat een der factoren, welke de bezinkingssnelheid der kleisuspensie beheerschen, de concentratie der OH-ionen is.

Ten slotte hangt de snelheid waarmede de fijnere kleideeltjes bezinken ten nauwste samen met de voor de kultuur zoogewichtige structuur van den grond. Verschil in bezinkingssnelheid beteekent dus verschil in voor de kultuur belangrijke eigenschappen van den bouwgrond. Het volgende moge dit nog verduidelijken.

Worden na opschudden van een grond met water de kleideeltjes spoedig uitgevlokt, dan zal dit ook gebeuren wanneer zich op het land na regenbuien kleisuspensies gevormd hebben; in dit geval heeft men dus te maken met een gemakkelijk water en lucht doorlatenden bodem. Blijft de kleisuspensie na schudden van den grond

¹⁾ KRÜGER l.c.

met water dagen lang troebel, zetten de fijne deeltjes zich pas na verloop van langen tijd af, dan zullen ook de kleisuspensies, die zich in de bouwkruij na regen vormen, zeer bestendig zijn. Bij verdamping van het water of bij wegtrekken van het water in diepere lagen slaat de gesuspendeerde klei niet in vlokken neer, doch zet zich in een dicht, water en lucht moeilijk doorlatend laagje rondom de bodemkruimels en in de fijnere kanaaltjes af. In dit geval heeft men te doen met een kleigrond van minder goede structuur.

Van den nog vochtigen grond afkomstig uit de verschillende potten werd eene hoeveelheid afgewogen, overeenkomende met 100 gram drogen grond. De grond werd met gedestilleerd water zacht in een mortier aangewreven en na eenige malen decanteeren in glazen cilinders gespoeld. Vervolgens werden de cilinders in een schudapparaat gedurende een half uur krachtig geschud; dit werd den volgenden dag nogmaals herhaald terwijl tusschentijds zoo nu en dan nog met de hand geschud werd. Tenslotte werd met water bijgevuld tot het volume 500 ccm. bedroeg, de cilinders nogmaals flink geschud en vervolgens ter bezinking weggezet.

Al spoedig traden duidelijke verschillen op tusschen de cilinders onderling. Na twee dagen, toen de verschillen zeer sprekend waren geworden, werden de cilinders bij doorvallend licht gefotografeerd.

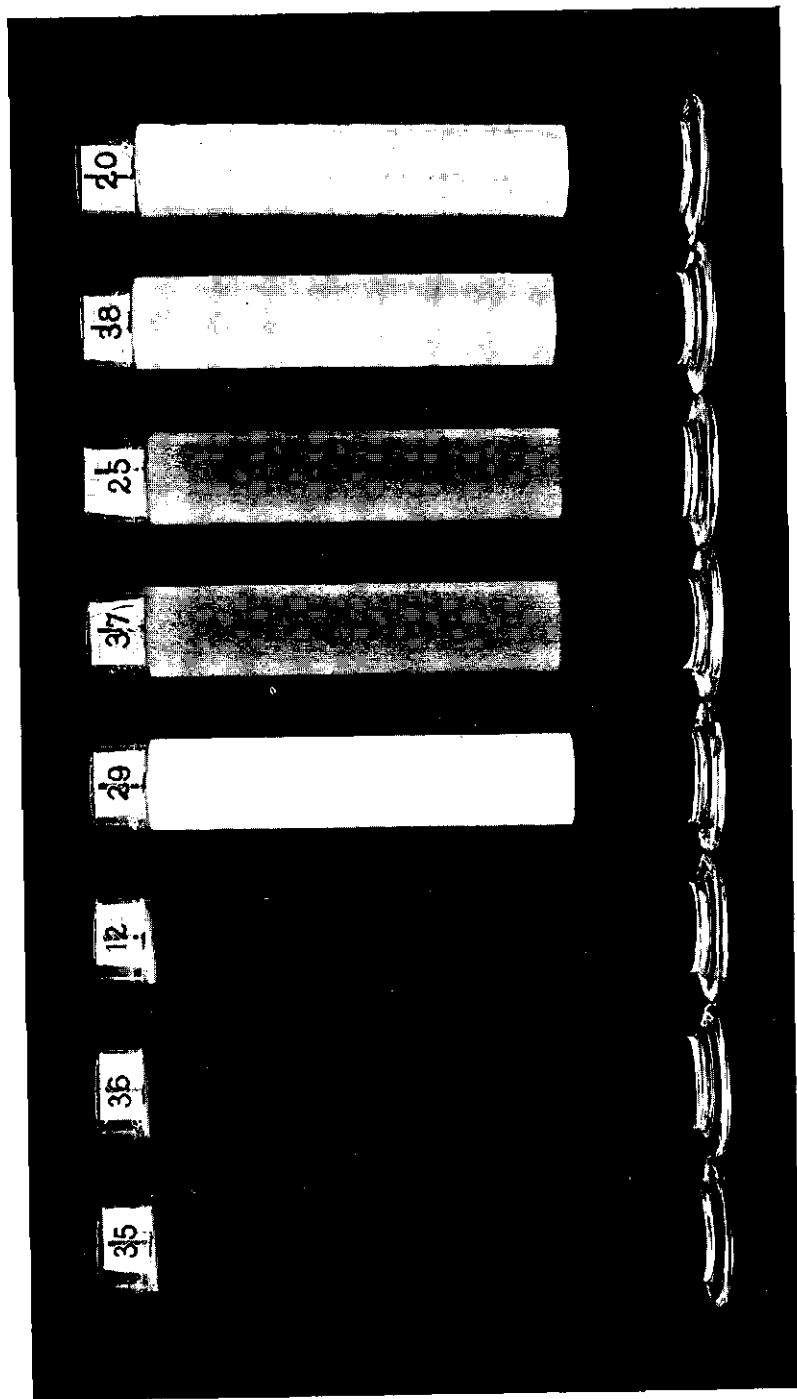
Wanneer we plaat 1 en 2 beschouwen dan zien we, dat de cilinders 29, 20, 15 en 11, dus de *onbebouwde* gronden het beste zijn bezonken. Bij 29, 20 en 11 is het achter op den cilinder geplakte strookje zwart papier reeds door de vloeistof heen te zien, terwijl bij 20 en 11 (althans op de oorspronkelijke foto) zelfs de ruitjes zijn waar te nemen, die getrokken waren op het matglas waardoor de cilinders verlicht werden. Cilinder 15 doet zien hoe de grond oorspronkelijk zich bij bezinking uit water gedroeg; pot 15 n.l. ontving geen bemesting, werd ook niet bebouwd en slechts met gedestilleerd water vochtig gehouden. ¹⁾

In de tweede plaats valt op, dat van de overige cilinders de nummers 37, 25 en 38, dus de met *ammoniumsulfaat* bemeste gronden het beste bezonken zijn. Het slechtste zijn bezonken de *natriumnitraat*-gronden (cilinders 35, 36 en 12), waarbij zóó weinig licht door de troebele vloeistof drong dat er geen indruk op de fotografische plaat gemaakt werd. Op de natriumnitraat serie volgt de *onbemeste* serie (30, 32 en 3) en daarna de *ammoniumnitraat* serie (7, 4 en 31).

De specifieke invloed van de onderzochte gewassen op de bezinkings-snelheid is op de foto's ook duidelijk waar te nemen. Aardappelen vertragen de bezinking het meest, dan volgt tarwe en vervolgens

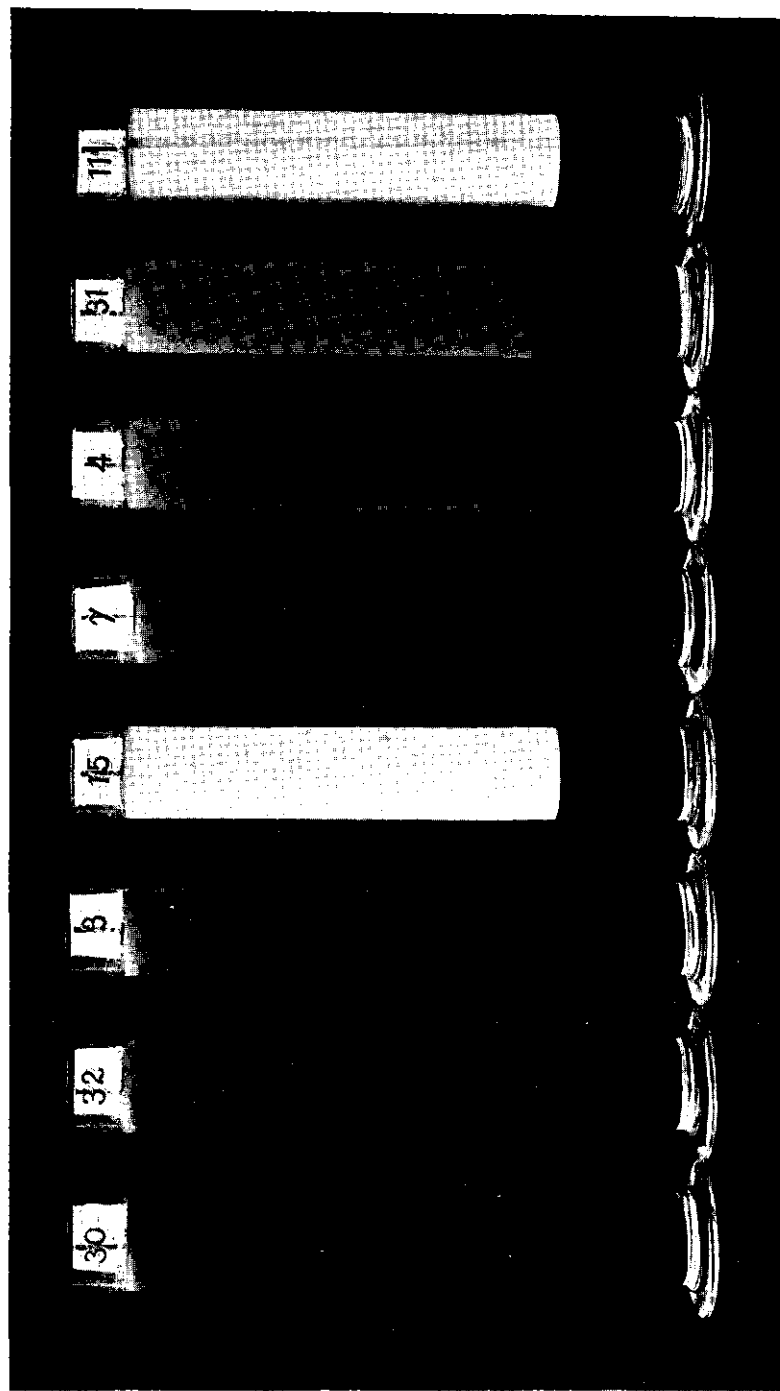
¹⁾ Waarschijnlijk heeft dit „braken” ook al eenigen invloed op de wijze van bezinken der kleideeltjes.

PLAAT 1. — Absetzungsversuche angestellt gleich nach der Ernte des zweiten Versuchsjahres (1911)
mit noch feuchtem Boden.



Kartoffeln.	Weizen.	Hafer.	Unbestellt.	Kartoffeln.	Weizen.	Hafer.	Unbestellt.
Natriumnitrat.				Ammoniumsulfat.			

PLAAT 2.



Kartoffeln.	Weizen.	Hafer.	Unbestellt.	Kartoffeln.	Weizen.	Hafer.	Unbestellt.
Ohne N-düngung.			Ammoniumnitrat.				

haver. Zeer duidelijk is dit te zien bij de ammoniumnitraat-serie (7, 4 en 31) maar ook bij de andere series herhaalt zich deze volgorde. Duidelijker nog zijn deze verschillen te zien op plaat 3 en 4.

De bovenvermelde resultaten zijn in zooverre in overeenstemming met die, door KRÜGER bij zijn onderzoekingen verkregen, dat:

1°. bemesting met NaNO_3 de bezinking der kleideeltjes vertraagt,
2°. de gewassen op dit verschijnsel een verschillenden invloed uitoefenen,

3°. ook de gewassen op zich zelf dus zonder NaNO_3 -bemesting de bezinkingssnelheid beïnvloeden en vooral aardappelen.

Bij mijne proeven oefende echter, in tegenstelling met wat KRÜGER vond, tarwe eene zeer duidelijke werking uit.

Hoe moeten wij deze verschijnselen verklaren?

De meerdere of mindere stabiliteit der kleisuspensie hangt af van de stoffen, welke bij het schudden van den grond met water in oplossing zijn gegaan. De verschillende zouten of beter gezegd, de kationen der verschillende zouten werken uitvlokkend op de kleisuspensie; de kalkzouten nemen in dit opzicht eene eerste plaats in. De hydroxylionen daarentegen bezitten de eigenschap de suspensie stabiel te maken.

Oorspronkelijk bestond er in dit wateroplosbare deel van den grond een bepaalde verhouding tusschen uitvlokkende en stabiliseerende ionen, waarmede eene bepaalde bezinkingssnelheid van de kleisuspensie gepaard ging.

Bij verbouwing van een gewas worden verschillende stoffen uit den grond opgenomen waarbij de bovenbedoelde verhouding tusschen uitvlokkende en stabiliseerende ionen zich al of niet kan wijzigen. Met de verandering dezer verhouding moet ook de bezinkingssnelheid der kleisuspensie zich wijzigen.

Zooals boven reeds werd opgemerkt, neemt onder de uitvlokkend werkende ionen in den grond, het Ca-ion de allereerste plaats in; daarnaast zijn ook het Mg- en het K-ion van beteekenis. Gewassen, die veel Ca en Mg aan den grond onttrekken zullen het optreden eener stabielere kleisuspensie veroorzaken, tenminste wanneer niet tevens de OH-concentratie aanmerkelijk daalt.

De OH-ionen in den grond zijn in hoofdzaak afkomstig van de alcalimetalen gebonden aan zwakke zuren (koolzuur, kiezelzuur, fosforzuur.) Ook in de OH-concentratie kan door het gewas wijziging gebracht worden. Wanneer n.l. het gewas meer zuuraequivalenten dan base-aequivalenten aan den bodem onttrekt, dan zal dit toename der OH-concentratie tengevolge hebben; de OH-concentratie zal daarentegen afnemen wanneer de voorraad in wateroplosbare K- en Na-verbindingen sterk wordt aangesproken.

Voor het verschijnsel, dat ons thans bezighoudt komt het dus vermoedelijk vooral aan op:

- 1°. de hoeveelheid Ca en Mg, die het gewas aan den bodem onttrekt in verhouding tot de door het gewas opgenomen hoeveelheid K en Na;
 - 2°. de hoeveelheid zuur door het gewas aan den grond onttrokken, waarbij vooral de hoeveelheid salpeterzuur een groote rol zal spelen.
- De invloed van de bemesting bestaat uit:
- 1°. de verandering door de bemesting teweeggebracht in aard en hoeveelheden der door het gewas aan den grond onttrokken stoffen;
 - 2°. het brengen in den grond van bepaalde zuren en basen.

Beschouwen we thans de resultaten der bezinkingsproeven nog wat nader.

NaNO_3 op den onbebouwden pot (29) heeft weinig invloed gehad; de klei zette zich nog iets beter af dan bij 15 (onbebouwd-onbemest.)

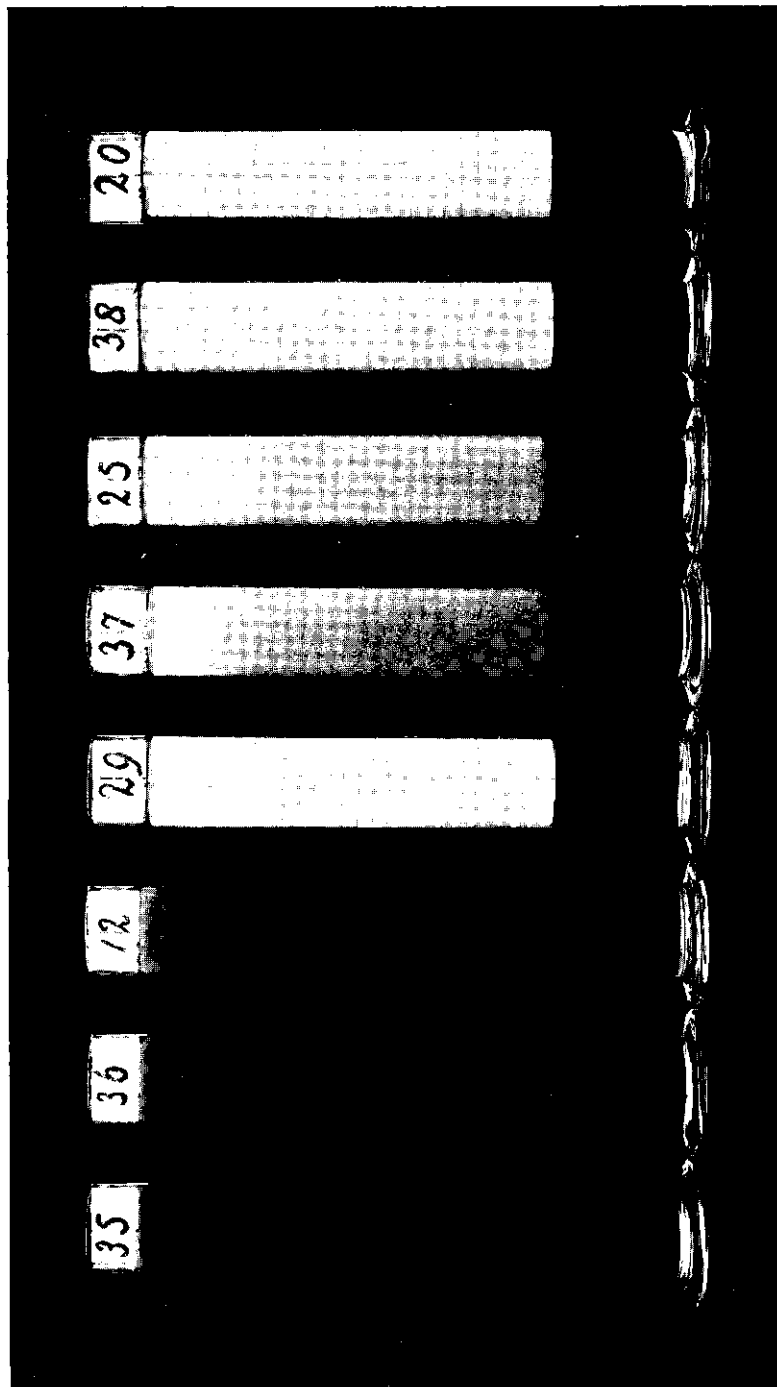
$(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ op den onbebouwden pot deed de grond zich merkbaar beter afzetten. Dit is vermoedelijk toe te schrijven aan de nitrificatie van het ammoniumsulfaat, tengevolge waarvan zwavelzuur en salpeterzuur gevormd is, welke zuren o.a. Ca en Mg in oplossing hebben gebracht, waardoor de uitvloeking bevorderd is geworden. Dit vermoeden wordt, zooals we later zullen zien, bevestigd door het relatief hooge Ca-gehalte der oplossing bij 20.

Voor de bebouwde potten uit de $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ -serie (37, 25, 38) geldt het bovenstaande eveneens. Alleen doet zich hier tevens de invloed gevoelen van de verbouwde gewassen, zoodat deze drie cilinders minder helder zijn dan 20. De gewassen zullen n.l. een groot deel van het door nitrificatie van het ammoniumsulfaat gevormde salpeterzuur opgenomen hebben (resp. niet genitrificeerd NH_4) zoodat dit zuur geen kalk etc. in oplossing kon brengen. Verder zullen de planten van de gemakkelijke oplosbare kalk- en magnesiumzouten, een zeker deel tot zich genomen hebben. Ook kan de concentratie der OH-ionen tengevolge van den plantengroei iets zijn toegenomen. Dit zijn allen factoren, welke de kleisuspensie stabiel maken.

Bij de bebouwde potten uit de NaNO_3 -serie hebben we ten eerste te maken met de opname door de gewassen van metaalionen, -- in de eerste plaats Ca --, die uitvlokkend werken, en ten tweede met het feit, dat de met de bemesting in den grond gebrachte Na-ionen daarin achter zullen blijven niet meer gebonden aan NO_3 , daar dit door de planten is opgenomen, doch gebonden aan zwakke zuren (koolzuur) tengevolge waarvan de OH-concentratie iets zal zijn toegenomen.

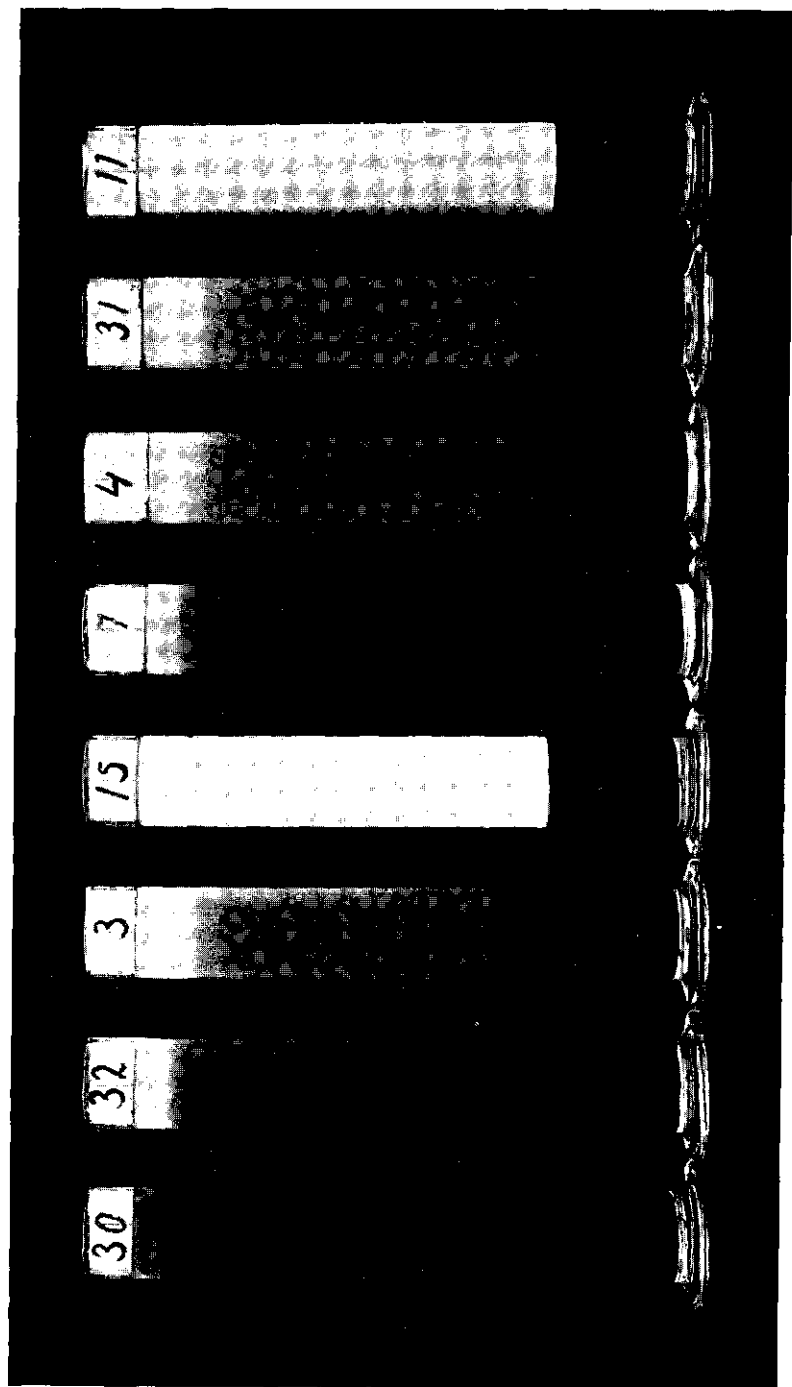
Verder moet men aan de mogelijkheid denken, dat het gevormde

PLAAT 3. — Absatzungsversuche angestellt 8 Monate später mit lufttrocknem Boden (1911).



mgr. Ca O in 100 cc.	Kartoffeln.	Weizen.	Hafer.	Unbestellt.	Kartoffeln.	Weizen.	Hafer.	Unbestellt.
	6,7	8,7	8,5	11,8	12,4	14,4	13,5	15,7
Natriumnitrat.				Ammoniumsulfat.				

PLAAT 4.



nagr. Ca O in 100 cc.	Ohne N-düngung.			Ammoniumnitrat.		
	Kartoffeln.	Weizen.	Hafer.	Kartoffeln.	Weizen.	Hafer.
	8,7	9,2	8,9	10,1	11,1	10,8
	Unbestellt.			Unbestellt.		
	10,6			13,8		

natriumcarbonaat humus in oplossing brengt, welke humusoplossing dan als „Schutskolloïd” op de kleisuspensie kan werken ¹⁾. Ook is het mogelijk, dat door het natriumcarbonaat uit de gemakkelijk oplosbare kalkverbindingen Ca als calciumcarbonaat is neergeslagen.

Bij de NH_4NO_3 -serie kunnen we dergelijke redeneeringen toepassen als bij de $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ -serie, alleen met dit verschil, dat hier bij de nitrificatie slechts salpeterzuur is gevormd, dat grootendeels door de planten is opgenomen en dus niet Ca etc. blijvend in oplossing kan hebben gebracht, terwijl bij het ammoniumsulfaat het zwavelzuur slechts voor een zeer gering deel door de planten werd opgenomen en dus wel Ca etc. oplosbaar heeft gemaakt. Hiermede is het zooveel minder goed bezinken bij de NH_4NO_3 -serie vergeleken bij de $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ -serie volkomen in overeenstemming.

Ook het slechts geringe verschil tusschen NH_4NO_3 - en onbemeste serie is met deze verklaring van de gevolgen eener ammonium-nitraatbemesting in overeenstemming. De iets betere bezinking bij de NH_4NO_3 -serie zou zoo te verklaren zijn, dat het door nitrificatie gevormde salpeterzuur wel grootendeels, doch niet geheel door de planten is opgenomen, zoodat nog een deel eene blijvende oplossende werking op kalk- en andere verbindingen heeft kunnen uitoefenen.

Toen de boven beschreven frappante verschillen geconstateerd werden nadat de grond twee achtereenvolgende jaren bebouwd en bemest was geworden, interesseerde het mij te weten, of misschien reeds bij de grondmonsters na het eerste jaar uit de potten genomen, overeenkomstige verschillen zouden zijn waar te nemen. Deze monsters waren echter gedurende een jaar in luchtdrogen toestand bewaard geworden; het was dus niet ondenkbaar, dat, mochten er aanvankelijk al verschillen in bezinkingssnelheid bestaan hebben, deze verschillen door het indrogen geheel of gedeeltelijk verdwenen zouden zijn.

Om den invloed van het indrogen te leeren kennen, werden de voor de bezinkingsproef benodigde hoeveelheden van den nog vochtigen grond (ruim 100 gram) van het tweede proefjaar in vlakke schaaftjes gedurende 7 weken aan de lucht te drogen gezet. Daarna werden deze luchtdroge monsters in de cilinders geslibd, de cilinders geschud en ter bezinking weggezet.

Het resultaat van deze proef was, dat het indrogen van den grond geen verandering brengt in de oorspronkelijk aanwezige verschillen in de bezinkingssnelheid ²⁾.

¹⁾ FICKENDEIJ: Journ. f. Landw., Bd. 54, 1906, pg. 343.

²⁾ Later bleek, dat de ingedroogde grond zelfs na 8 maanden zich nog precies eender bij het bezinken gedroeg als de vochtige grond direct na het oogsten, zooals vergelijking van de foto's 1 en 2 met 3 en 4 overtuigend bewijst. Zelfs zijn op de foto's 3 en 4 de onderlinge verschillen nog iets meer geprononceerd, doordat de bezinkingssnelheid door het indrogen over 't algemeen iets is toegenomen.

Uit deze proef kon derhalve de conclusie getrokken worden, dat ook de monsters uit 1910 nog een goed beeld moesten geven van de veranderingen, welke in het eerste proefjaar in den grond waren opgetreden. Ook met deze monsters werd dus nog een bezinkingsproef aangezet (zie plaat 5 en 6).

Uit de betreffende foto's blijkt, dat de veranderingen in het eerste jaar volkomen overeenstemmen met die, welke na het tweede jaar geconstateerd werden. Bij alle cilinders heeft de bezinking echter sneller plaats gehad dan bij de bezinkingsproef na het tweede jaar. Ook zijn de onderlinge verschillen minder sprekend, met uitzondering van cilinder 35 (NaNO₃-aardappelen), die opvallend minder bezonken is dan alle andere cilinders.

Om een goed inzicht te krijgen in de veranderingen, welke in den grond plaats grepen en oorzaak zijn der geconstateerde verschillen in de bezinkingssnelheid der kolloïdale klei, zou een volledige analyse van de vloeistoffen, verkregen door schudden der gronden met water, noodzakelijk zijn. Bovendien zou een bepaling der concentratie van de OH-ionen niet achterwege mogen blijven. Gebrek aan tijd stond echter een dergelijk omvangrijk onderzoek in den weg en was ik derhalve genoodzaakt mij voorloopig te beperken tot de bepaling der hoeveelheden Ca en Mg, welke bij het schudden van den grond met water in oplossing waren gegaan.

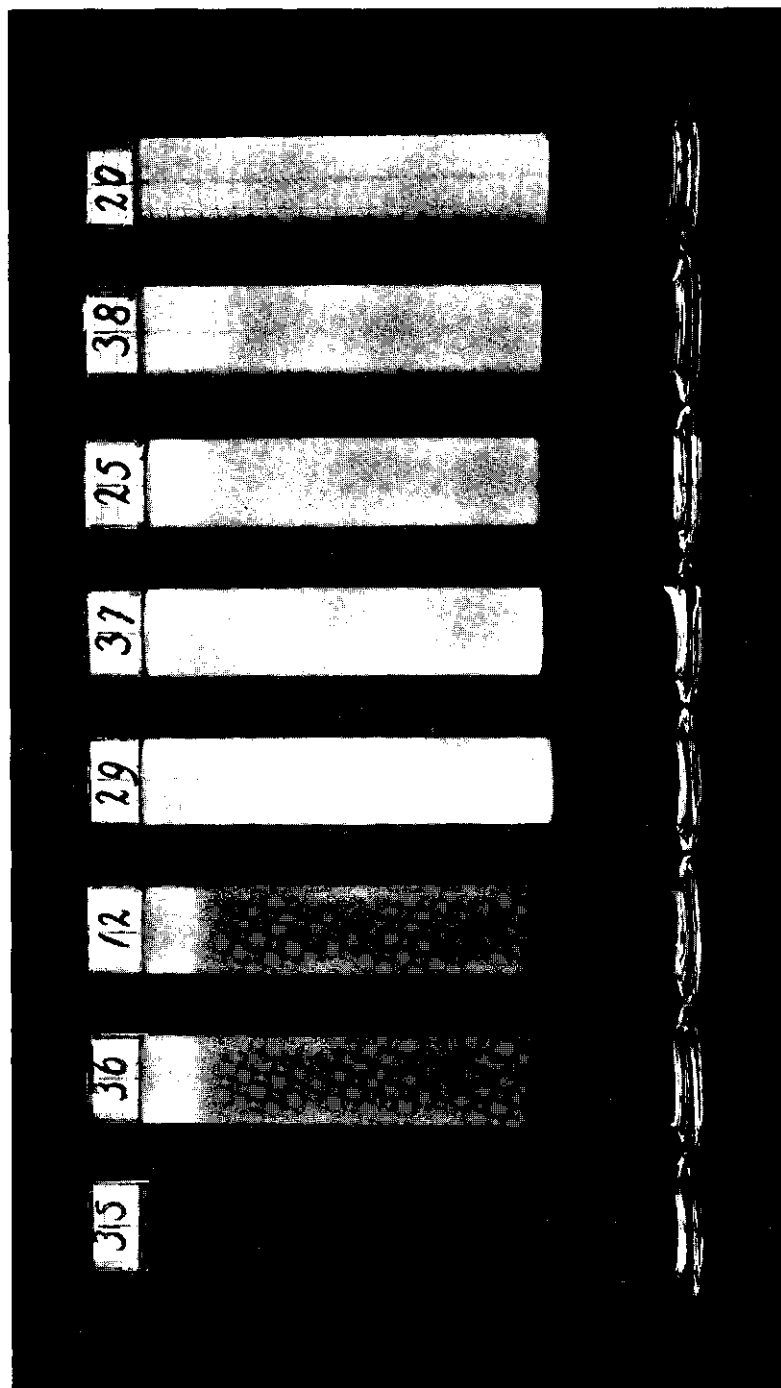
Nadat de vloeistoffen voldoende bezonken waren, werden zij afgeheveld en, om ze volkomen helder te krijgen, door een Pukallfilter gezogen ¹⁾. Van de filtraten werd 100 cc. drooggedampt en gegloeid, de gloeirest in verdund zoutzuur opgenomen, gefiltreerd en in 't filtraat de kalk met ammoniumoxalaat geprecipiteerd. Onderstaande tabel geeft de gevonden kalkcijfers ²⁾ voor beide proefjaren:

	Ca O in mgr. per 100 cc. vloeistof.	
	1910.	1911.
<i>Natriumnitraat.</i>		
35 — aardappelen	8,2	6,7
36 — tarwe	10,6	8,7
12 — haver	12,3	8,5
29 — onbebouwde.	13,0	11,8

¹⁾ Van te voren had ik er mij van overtuigd, dat deze filters geen kalk uit de oplossing terug houden.

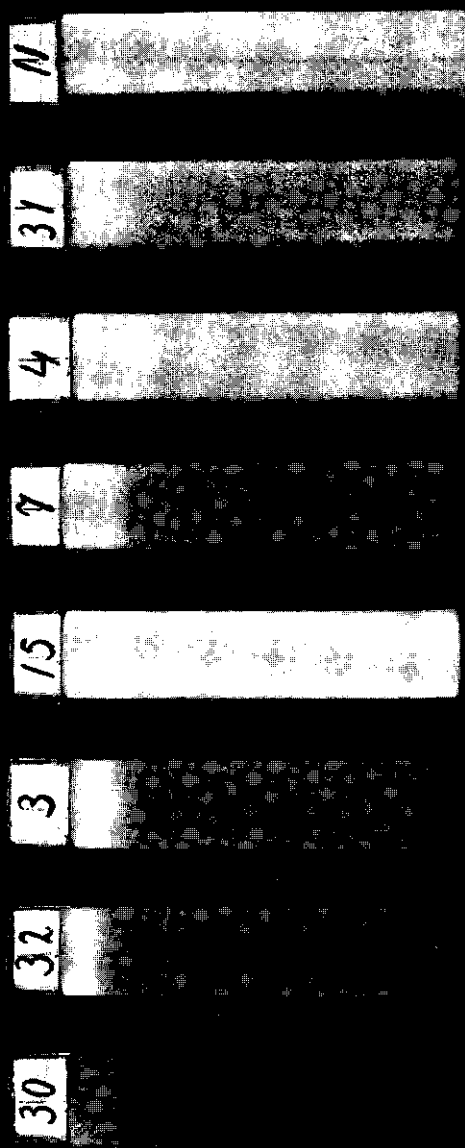
²⁾ De hoeveelheden Mg O, welke in oplossing waren gegaan, waren zóó gering, dat ze buiten beschouwing kunnen blijven.

PLATT 5. — Absatzungsversuche angestellt nach der Ernte des ersten Versuchsjahres (1910);
die Bodenproben waren während 1 1/2 Jahr lufttrocken aufbewahrt worden.



ngr. Ca O in 100 cc.	Kartoffeln.	Weizen.	Hafer.	Unbestellt.	Kartoffeln.	Weizen.	Hafer.	Unbestellt.
	8,2	10,6	12,3	13,0	13,1	13,6	14,4	14,4
	Natriumnitrat.				Ammoniumsulfat.			

PIAAT 6.



mgm. Ca O in 100 cc.	Ohne N-düngung.			Ammoniumnitrat.		
	Kartoffeln.	Weizen.	Hafer.	Unbestellt.	Kartoffeln.	Weizen.
	10,1	11,9	12,4	11,0	9,6	10,9
						12,9
						12,5
						Unbestellt.

Ca O in mgr. per 100 cc.
vloeistof.

	1910.	1911.
<i>Ammoniumsulfaat.</i>		
37 — aardappelen	13,1	12,4
25 — tarwe	13,6	14,4
38 — haver	14,4	13,5
20 — onbebouwde.	14,4	15,7
<i>Geen N-bemesting.</i>		
30 — aardappelen	10,1	8,7
32 — tarwe	11,9	9,2
3 — haver	12,4	8,9
15 — onbebouwd.	11,0	10,6
<i>Ammoniumnitraat.</i>		
7 — aardappelen	9,6	10,1
4 — tarwe	10,9	11,1
31 — haver	12,9	10,8
11 — onbebouwd.	12,5	13,3

Beschouwen we eerst de cijfers voor 1911. Duidelijk springt het verband tusschen kalkgehalte en bezinkingssnelheid (zie plaat 3 en 4) in het oog.

De cijfers in de ammoniumsulfaat-serie zijn de hoogste, die in de natriumnitraat-serie de laagste. Bij het ammoniumnitraat zijn de kalkcijfers hooger dan bij de serie zonder N-bemesting. In elke serie is het cijfer voor den onbebouwden grond het hoogste, het cijfer voor den grond waarop aardappelen werden verbouwd het laagste. Wanneer men n°. 20 met n°. 15 vergelijkt ziet men duidelijk de oplossende werking van $(\text{NH}_4)_2 \text{SO}_4$ tengevolge van nitrificatie waar- bij salpeterzuur en zwavelzuur gevormd wordt. Ook bij 11 is duidelijk de oplossende werking van het door nitrificatie uit het ammonium- nitraat gevormde salpeterzuur te bespeuren.

Naarmate de gronden sneller bezinken blijkt ook de hoeveelheid kalk, welke in het water in oplossing is gegaan, grooter te zijn. Alleen in zooverre treedt er eene afwijking van deze regelmaat op, dat, hoewel de haver-cilinders 12, 38, 3 en 31 iets beter bezinken dan de tarwe-cilinders 36, 25, 32 en 4, het kalkgehalte juist bij de eerst- genoemde cilinders iets lager is.

Beschouwt men de kalkcijfers voor 1910 dan merkt men, afgezien van een enkele afwijking, dezelfde nauwe betrekking op, welke tusschen kalkgehalte der oplossing en bezinkingssnelheid schijnt te bestaan (zie plaat 5 en 6).

De vraag doet zich nu voor of de geconstateerde verschillen in de bezinkingssnelheid misschien ook bijna geheel op rekening kunnen gesteld worden van de verschillen in het kalkgehalte der oplossingen.

Om een antwoord op deze vraag te bekomen heb ik aan de cilinders, afgebeeld op plaat 3 en 4 zooveel CaCl_2 toegevoegd, dat bij alle cilinders het kalkgehalte der oplossing gelijk werd aan dat van cilinder 20. Vervolgens werden de cilinders alle omgeschud en na twee dagen gefotografeerd (plaat 7).

Zooals wij op de foto's zien zijn alle cilinders nu minstens zoo goed bezonken als n°. 20, met uitzondering van cilinder 25 die in verhouding tot de bezinkingssnelheid oorspronkelijk een zeer hoog kalkgehalte had.

Hieruit volgt, dat de boven gemaakte veronderstelling in hooge mate waarschijnlijk is, dat dus de verbouwde gewassen en de in den grond gebrachte zouten verandering brengen in de hoeveelheid in water oplosbare kalk en dat in hoofdzaak hierdoor wijziging gebracht wordt in de bezinkingssnelheid der kleideeltjes van den grond.

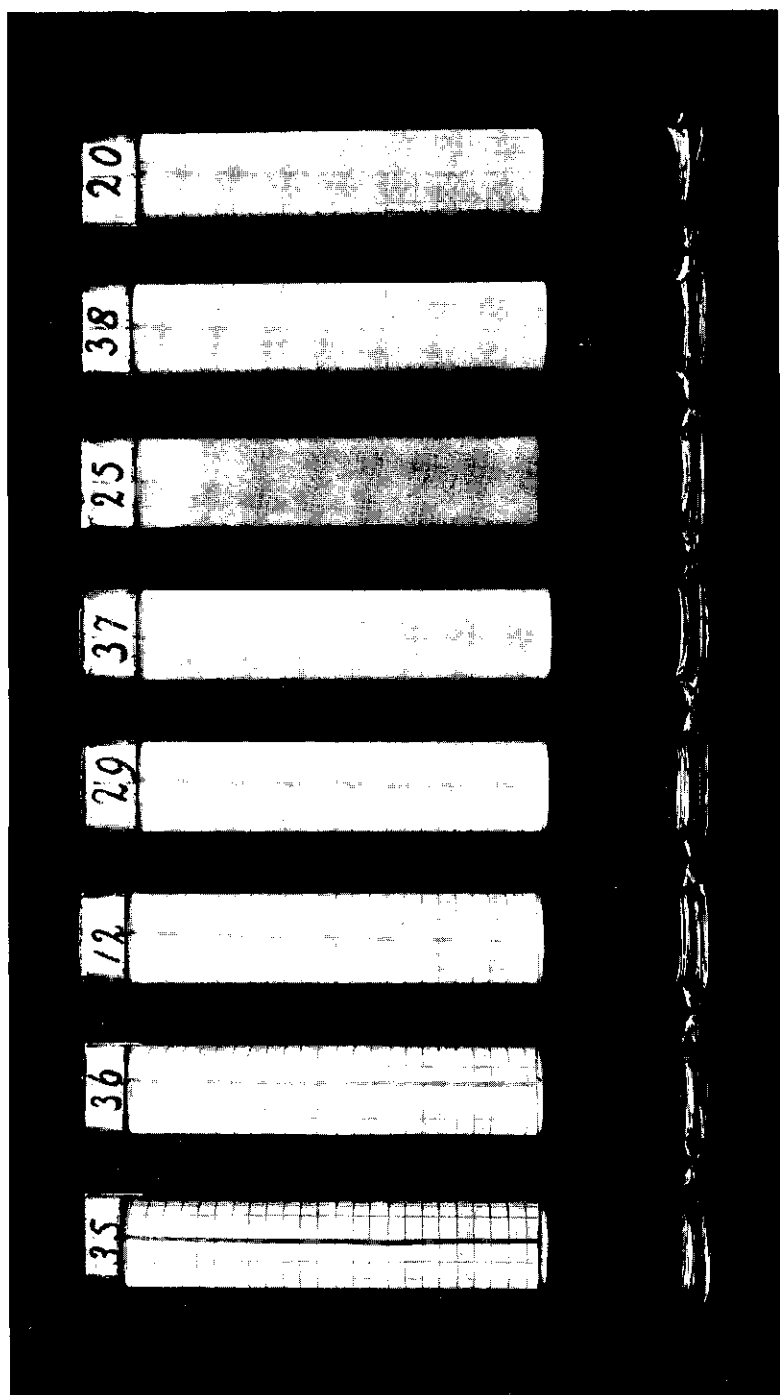
Op de foto's ziet men, dat de cilinders, die oorspronkelijk het slechtste bezonken en aan welke de grootste hoeveelheid kalk moest toegevoegd worden, na toevoeging van het calciumchloride het beste bezonken. Vermoedelijk zou de overeenstemming met cilinder 20 beter zijn geweest wanneer het mogelijk ware niet het gehalte aan Ca , maar de *concentratie der Ca-ionen*, waar het hier feitelijk om gaat, bij alle cilinders gelijk te maken. Door toevoeging van kalk in den vorm van calciumchloride, dat naar alle waarschijnlijkheid vollediger gedissocieerd is dan de kalkverbindingen in het waterige extract van den grond aanwezig, is de concentratie der Ca -ionen, vooral bij die cilinders bij welke de grootste hoeveelheid kalk toegevoegd werd te groot geworden, hetgeen een snellere bezinking der kleisuspensie dan bij 20 tengevolge heeft gehad.

Voor de hoge kalkcijfers in de $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ -serie en de NH_4NO_3 -serie gaf ik boven reeds een verklaring.

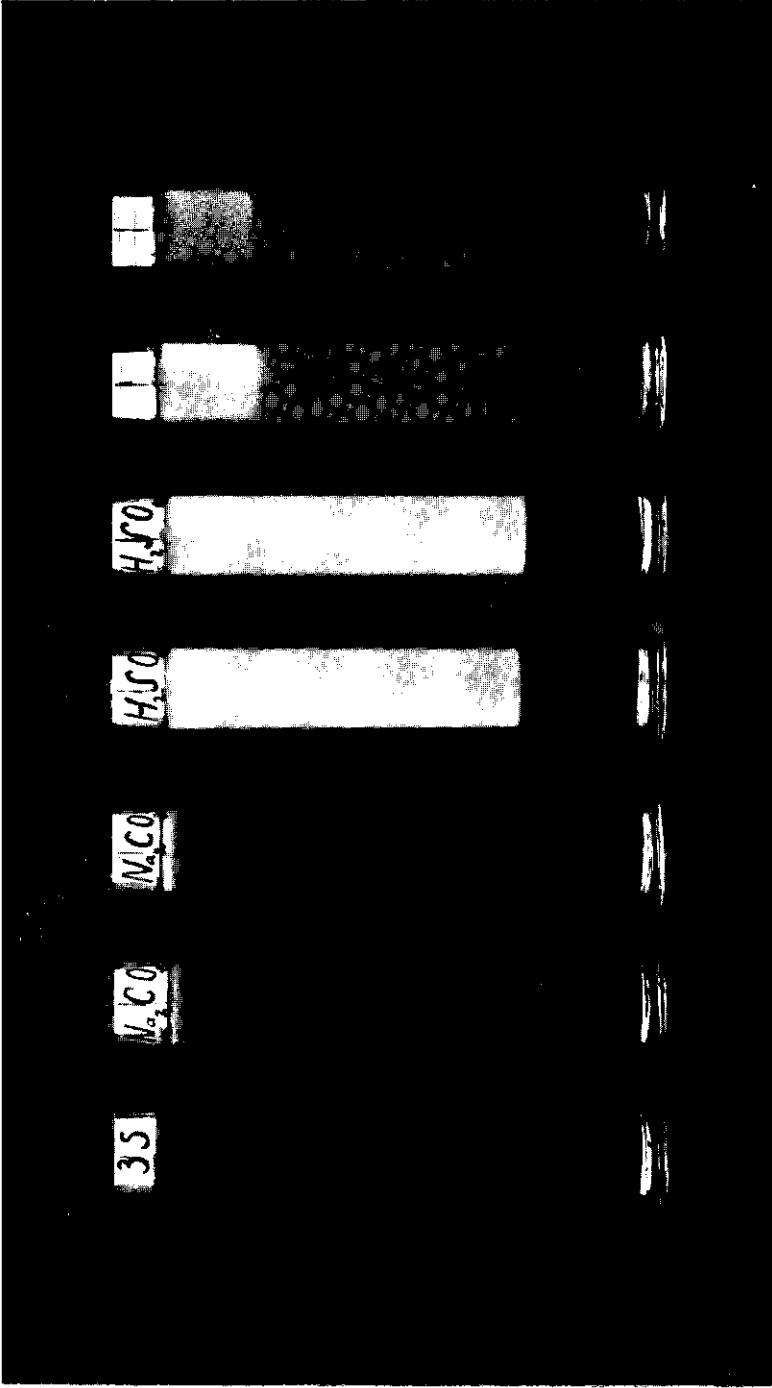
Wat de verschillen in dit opzicht tusschen de gewassen onderling betreft, zoo ligt het voor de hand aan te nemen dat de drie onderzochte gewassen verschillende hoeveelheden gemakkelijk oplosbare kalk hebben opgenomen en aardappelen meer dan de beide andere gewassen. Aschanalyses der oogstproducten zouden hier zekerheid kunnen geven. Onderzoek der oogstproducten had echter bij deze proeven niet plaats, doch zal in de toekomst niet achterwege mogen blijven. Gezien het hoge kalkgehalte van aardappelloof is het wel waarschijnlijk, dat dit gewas meer kalk aan den grond onttrok dan tarwe en haver.

Behalve dat de gewassen *direct* het gehalte aan in water oplosbare kalk wijzigen, zullen zij dit naar alle waarschijnlijkheid ook *indirect* kunnen doen door de samenstelling van de bodemvloeistof in andere opzichten zoodanig te veranderen, dat bij schudden van den grond met

PLAAT 7.



PLAAT 8.



Kartoffeln Na N O ₃	100 gr. Boden mit 5,8 cc $\frac{n}{10}$ Na ₂ CO ₃	100 gr. Boden mit 5,67 cc $\frac{n}{10}$ H ₂ SO ₄	Für die Versuche gebrauchter Boden.
-----------------------------------	--	--	--

water de evenwichtstoestand ten opzichte van de kalk verplaatst wordt.

De lage kalkcijfers in de Na NO_3 -serie zou men, evenals ook Krüger deed, kunnen verklaren door aan te nemen, dat het uit het natriumnitraat gevormde natriumcarbonaat kalk onoplosbaar heeft gemaakt.

Om te zien of eene dergelijke hoeveelheid natriumcarbonaat dit gevolg kan hebben, werd aan 100 gr. van den oorspronkelijken grond 5,3 cc $\frac{n}{10}$ $\text{Na}_2 \text{CO}_3$ -oplossing toegevoegd, d. i. eene hoeveelheid, welke aequivalent is met de hoeveelheid natriumnitraat per 100 gr. grond op de potten gebracht; uit het natriumnitraat kan hoogstens, bij volledige opname der stikstof door de planten, deze hoeveelheid natriumcarbonaat gevormd zijn geworden.

De grond werd na bevochtiging met bovengenoemde hoeveelheid natriumcarbonaat en eene voldoende hoeveelheid water goed gemengd en ter droging aan de lucht blootgesteld. Na enkele dagen werd nogmaals met gedestilleerd water bevochtigd en opnieuw zorgvuldig gemengd.

Nadat de monsters (de proef werd in duplo aangezet) luchtdroog waren geworden, werd op dezelfde wijze als bij de vorige bezinkingsproeven met water geschud en de cilinders na 2 dagen gefotografeerd. Op plaat 8 is de invloed der toevoeging van $\text{Na}_2 \text{CO}_3$ zeer duidelijk te zien. De bezinkingssnelheid van de kleideeltjes, is aanmerkelijk kleiner geworden.¹⁾

Eene kalkbepaling in het bodemextract leerde, dat het natriumcarbonaat inderdaad kalk onoplosbaar gemaakt heeft. 100 c.c. extract van den oorspronkelijken grond bevatte 7,9 mgr. Ca O terwijl dezelfde hoeveelheid extract van den met $\text{Na}_2 \text{CO}_3$ behandelenden grond slechts 5,8 mgr. Ca O bevatte.

Deze proef heeft overtuigend bewezen dat de hoeveelheid $\text{Na}_2 \text{CO}_3$, welke uit het als bemesting op den grond gebrachte Na NO_3 onder invloed van den plantengroei gevormd kan worden, de bij mijne proeven geconstateerde 'aanmerkelijke vertraging der kleiafzetting tengevolge kan hebben.

Op dezelfde wijze werd de invloed nagegaan van de hoeveelheid zwavelzuur welke bij volledige stikstofopname uit het op de potten gebrachte $(\text{NH}_4)_2 \text{SO}_4$ gevormd zou kunnen worden. (5,67 c.c. $\frac{n}{10}$ $\text{H}_2 \text{SO}_4$ per 100 gr. grond.)

De bezinking der kleideeltjes had bij den op deze wijze met zwavel-

¹⁾ Laet men den grond niet indrogen met $\text{Na}_2 \text{CO}_3$ doch schudt men den grond met water, waaraan dezelfde hoeveelheid $\text{Na}_2 \text{CO}_3$ is toegevoegd dan is de invloed op de bezinkings-snelheid veel geringer. We hebben hier dus minder te maken met de stabiliseerende werking der OH -ionen dan wel met veranderingen door het $\text{Na}_2 \text{CO}_3$ tijdens het indrogen (bij stijgende concentratie dus) in den grond teweeg gebracht, onder welke veranderingen in de eerste plaats het onoplosbaar worden van calciumverbindingen genoemd mag worden.

zuur behandelden grond sneller plaats, zooals op plaat 8 duidelijk te zien is. 100 c.c. van de vloeistof bevatten 10,8 mgr. CaO , terwijl bij den grond zonder zwavelzuur 7,9 mgr. werd gevonden. Door het zwavelzuur werd dus eene hoeveelheid kalk in oplossing gebracht die van grooten invloed is op de kleiafzetting.

Gaan we thans over tot de bespreking der indertijd door KRÜGER ¹⁾ verkregen resultaten en zien wij in hoeverre deze met de uitkomsten van dit onderzoek in overeenstemming zijn.

KRÜGER constateerde eveneens, dat verschillende gewassen in staat zijn eenen met NaNO_3 bemesten kleigrond zoodanig te veranderen, dat bij opslibben van den grond met water de fijnere kleideeltjes slechts langzaam bezinken. In hooge mate bezitten aardappelen deze eigenschap. Tarwe zou volgens KRÜGER deze eigenschap niet bezitten. Op pag. 793 schrijft hij: „Nach dem Verlauf von Versuchsreihe f. kommt keiner der drei in dieser Hinsicht geprüften Pflanzen (Weizen-Roggen-Raps) die Eigenschaft zu den Natronsalpeter vor der Aufnahme zu spalten und sich die Salpetersäure anzueignen, das Natron dagegen bei der Aufnahme zu verschmähen. Wir sehen daher keine wesentliche Veränderung des Bodens bei Düngung mit Natronsalpeter und Bestellung mit den genannten Gewächsen eintreten.“ Bij mijne proeven kon daarentegen een zeer duidelijke werking van de tarwe worden waargenomen, zij het dan ook eene minder sterke dan bij aardappelen, welk gewas ook bij mijne proeven in dit opzicht de kroon spande.

Uit de boven aangehaalde woorden blijkt verder, dat KRÜGER het verschijnsel uitsluitend op rekening stelt van het NaNO_3 . Hierdoor was het voor hem ook onmogelijk eene verklaring te vinden voor het feit, dat verschillende gewassen, ook zonder NaNO_3 -bemesting, eene vertraging der bezinking veroorzaken, een verschijnsel ook door mij waargenomen. Op pag. 794 schrijft hij: „Die Versuchsreihe a, ohne Natriumsalz, zeigt merkwürdigerweise durch die ganze Reihe der angebauten Pflanzen ein gegen Erwarten ausgefallenes Ergebnis. Ueberall, wenn auch bei den einzelnen Pflanzen graduell etwas verschieden, erfolgte die Absetzung nicht so prompt wie bei den unbestellten Gefässen und die erhaltenen Filtrate waren mässig durch in der Schwebe befindlichen feine Bodenteilchen gelb getrübt, wenn die Erscheinung auch im entferntesten nicht derjenigen durch Kartoffel und Senf bei Salpeterdüngung hervorgerufenen entsprach. Eine über Zweifel erhabene Erklärung dieses Befundes bin ich zurzeit nicht in der Lage zu geben.“

¹⁾ KRÜGER. Einfluss der Düngung und des Pflanzenwuchses auf Bodenbeschaffenheit und Bodenerschöpfung. Landw. Jahrb. 34, 1905, pg. 783.

Reeds vroeger ¹⁾ gaf ik eene verklaring voor dit verschijnsel; ook kan hier verwezen worden naar pag. 55 van dit opstel. Overigens moet ik er hier op wijzen, dat bij de bovenbedoelde „Versuchsreihe a” eene N-bemesting niet achterwege bleef, doch inplaats van natriumnitraat ammoniumnitraat gegeven werd en wel ongeveer 1,6 grām op 6 K.G. grond. (Bij mijne proeven 1,5 gram op ruim 9 K.G. grond). We hebben dus bij deze proef van KRÜGER niet te maken zuiver en alleen met den invloed van het gewas, moge dan al de invloed van $\text{NH}_4 \text{NO}_3$, wanneer de in dezen vorm toegevoegde hoeveelheid stikstof vrijwel geheel door het gewas opgenomen wordt, niet groot zijn.

Verder zou ik hier de opmerking willen maken, dat de hoeveelheden der door KRÜGER per 6 K.G. grond gebruikte zouten wel wat ruim zijn genomen. Aangezien de meeste dezer zouten sterk uitvlokkend werken is het toevoegen van dergelijke groote hoeveelheden niet bevorderlijk voor het waarnemen van eventueele kleine wijzigingen in de bezinkingssnelheid terwijl men al te veel van de in de praktijk toegepaste bemestingen afwijkt. Zoo geeft KRÜGER op 6 K.G. grond 12,1 gram Chilisalpeter overeenkomende met eene bemesting van ongeveer 6000 K.G. per H.A. Verder geeft hij eveneens op 6 K.G. grond, 14,4 gr. KNO_3 , 8,4 gr. NaCl , 22,9 gr. $\text{Na}_2 \text{SO}_4$, 10 aq 25,7 gr. $\text{Na}_2 \text{HPO}_4$, 12 aq, 16,5 gr. natriumsilicaat.

Ten opzichte van het natriumchloride heeft KRÜGER dit bezwaar ook wel gevoeld. Hij neemt n.l. geen invloed van dit zout waar, waaruit de conclusie getrokken zou moeten worden, dat natriumchloride niet door de planten gesplitst wordt. KRÜGER laat nu echter volgen: „Da jedoch das NaCl im unzersetzten Zustande die Wirkungen des $\text{Na}_2 \text{CO}_3$ aufhebt, so ist es bei den vorliegenden Versuchen möglich dass das NaCl trotz einer teilweisen Zersetzung, durch die Pflanzen (Kartoffeln und Senf) im Ueberschusz blieb und so die Zersetzung kennzeichnende Erscheinung aufhob”.

KRÜGER had opgemerkt, dat de hoeveelheid neerslag, welke zich na toevoeging van $\text{Na}_2 \text{CO}_3$ en NaOH aan de bodemextracten vormde, veel grooter was bij de met ammoniumsulfaat, dan bij de met natriumnitraat bemeste potten. Hij bepaalde toen de hoeveelheden van het in het water opgeloste Ca en Mg, en vond resultaten, die volkomen met de mijne overeenstemmen. Deze feiten worden echter door KRÜGER, naar het mij voorkomt, minder juist geïnterprêteerd. KRÜGER zegt n.l.: „Diese Erscheinung (grootere hoeveelheden wateroplosbare Ca- en Mg-verbindingen bij de $(\text{NH}_4)_2 \text{SO}_4$ potten dan bij de NaNO_3 -potten) ist jedoch eine rein chemische, denn während der vorhin erörterte Vorgang der Salpeterzerlegung erst durch die Tätigkeit der Pflanzenwurzeln ausgelöst wird, tritt der

¹⁾ Verslagen van Landbouwonderzoekingen der Rijkslandbouwproefstations. 1911, n^o. X, pag. 62.

hier in Frage stehende als chemischer Prozess auch ohne Bestellung der Gefässe ein”.

KRÜGER verliest hier echter de nitrificatie van het ammoniumsulfaat in den onbebouwden grond uit het oog. Toch treedt de invloed van de nitrificatie bij de cijfers van de tabel op pg. 800 zeer sterk naar voren; terwijl de hoeveelheid oplosbare kalk, uitgedrukt in grammen Ca O per pot, bij de onbemeste onbebouwde en bij de met Na NO_3 bemeste doch onbebouwde potten 1,5—2 gram bedroeg, was dit cijfer voor de met ammoniumsulfaat bemeste en onbebouwde potten 5 à 6.

Nog duidelijker blijkt dat hier werkelijk nitrificatie de oorzaak is van het hooge kalkgehalte uit de tabel op pg. 801. KRÜGER geeft hier de kalkcijfers voor gesteriliseerde en niet-gesteriliseerde potten. Bij de niet-steriele potten (ammoniumsulfaat-onbebouwd) was het gehalte aan $\text{Ca O} \pm 6,4$ gram per pot, bij de overeenkomstige potten doch gesteriliseerd was dit cijfer $\pm 3,3$. Wel is dit laatste cijfer nog ongeveer $3 \times$ grooter dan voor de potten zonder stikstof maar dit is mogelijk toe te schrijven aan onvolledige sterilisatie en infectie na sterilisatie.

Verder blijkt uit de cijfers de belangrijke vermindering van het gehalte aan wateroplosbare kalk door verbouw der verschillende gewassen. In de Na NO_3 -serie is bij aardappelen het Ca O -gehalte het laagste, bij voederbieten het hoogste, terwijl haver in dit opzicht tusschen beide gewassen instaat. Dit is volkomen in overeenstemming met de snelheid waarmede deze gronden, opgeschud met water, bij de proeven van KRÜGER bezonken. KRÜGER legt echter geen verband tusschen bezinkingssnelheid en gehalte aan in water oplosbare kalkverbindingen. Hij ziet slechts in de lage kalkcijfers eene bevestiging van zijne theorie, dat de langzame bezinking toe te schrijven is aan de vorming van $\text{Na}_2 \text{CO}_3$ uit Na NO_3 ; de afname van het gehalte aan oplosbare kalk zou n.l. volgens hem, behalve aan kalkopname door de planten, toe te schrijven zijn aan het gevormde $\text{Na}_2 \text{CO}_3$. Uit mijne proeven volgt echter, dat het verschil in bezinkingssnelheid voor een groot deel op rekening gesteld moet worden van veranderingen teweeggebracht in den voorraad in watergemakkelijk oplosbare kalkverbindingen.

Nog eene enkele opmerking tot besluit. Uit dit onderzoek is reeds gebleken en verder onderzoek zal dit ongetwijfeld nog nader bevestigen, dat niet alleen bemesting met de verschillende zouten maar ook de verschillende gewassen op zichzelf bepaalde veranderingen in den bouwgrond teweeg brengen. Wanneer men nu eene vruchtwisseling heeft van een groot aantal gewassen dan is het niet onmogelijk, dat eene verandering in eene bepaalde richting door een der volgende gewassen weer geheel of gedeeltelijk wordt teniet

gedaan. Niet onwaarschijnlijk mag het geacht worden, dat bij verder onderzoek zal blijken, dat de doeltreffendheid van bepaalde vruchtwisselingen ten deele ook op dergelijke omstandigheden berust. Heeft men in een bepaalde streek daarentegen eene vruchtwisseling van slechts enkele gewassen dan is de kans grooter, dat een dezer gewassen eenen overwegenden invloed uitoefent op de eigenschappen van den grond en dezen merkbaar verandert. Ik zou hier willen wijzen op den veenkolonialen grond waarop in hoofdzaak slechts een drietal gewassen, aardappelen, rogge en haver, wordt verbouwd. Waar de proeven van KRÜGER en ook dit onderzoek nu juist den aardappel hebben doen kennen als een gewas, dat een zeer merkbare verandering in den grond teweeg brengt, gedeeltelijk hierin bestaande, dat het den grond in alcalische richting verandert, vooral bij bemesting met chilisalpeter, daar dringt zich de vraag op, of de waargenomen productievermindering van den veenkolonialen bodem, welke gekarakteriseerd wordt door de haverziekte, niet voor een deel is toe te schrijven aan de intensieve aardappelcultuur in deze streken. Mocht nader onderzoek deze veronderstelling bevestigen, dan zou tevens een nieuwe weg gewezen zijn waarlangs getracht moet worden de vruchtbaarheid dezer gronden te behouden; men zal dan n.l. in de vruchtwisseling een gewas moeten inschakelen dat den schadelijken invloed van den verbouw van aardappelen opheft.

Het bovenstaande voorbeeld moge dienen om de beteekenis van dit onderzoek voor de praktijk van den landbouw nader te illustreeren.

Dit voorjaar is het onderzoek over meerdere gewassen en enkele andere zouten, welke bij de bemesting een rol spelen, uitgebreid. Het ligt in mijne bedoeling in de eerstvolgende jaren op dezelfde wijze door potproeven te trachten een inzicht te krijgen in de specifieke werking van de meest voorkomende kultuurgewassen en van de in gebruik zijnde kunstmeststoffen op den bouwgrond.

Daarnaast dient echter nog een ander weg te worden ingeslagen. Bij de potproeven heeft n.l. geen uitspoeling van den grond plaats en is dus een der oorzaken weggenomen waardoor de bouwgrond gedurig een zeker niet onbelangrijke verandering ondergaat. Dergelijke proeven als thans uitgevoerd worden, dienen dus ook genomen te worden op eene wijze waarbij normale doorspoeling van den grond door het regenwater plaats heeft en die onderzoek van hetgeen uitgespoeld wordt mogelijk maakt. Tevens zal dan nauwkeurig bepaald dienen te worden, hetgeen met het gewas aan den grond onttrokken wordt. In eene vroegere publicatie ¹⁾ werd reeds op de noodzakelijkheid van eene dergelijke inrichting gewezen.

Groningen, Juni 1912.

¹⁾ Reactieverandering van den bodem. Verslagen van landbouwkundige onderzoekingen der Rijkslandbouwproefstations n^o. X 1911.

Ueber die Veränderungen, welche zufolge des Pflanzenwuchses und der Düngung im Boden stattfinden

(Kurze Zusammenfassung obiger Ausführungen).

G. J. MULDER wies in seinem in 1860 erschienenen Werke: Die Chemie der Ackerkrume ¹⁾ nachdrücklich darauf hin, dass man in der landwirtschaftlichen Praxis bei der Düngung zuviel den *Ertrag*, zu wenig den *Boden* ins Auge fasste.

Nach MULDER sollte bei der Düngung das Streben in erster Linie darauf hin gehen zu sorgen, dass der Boden *auch mit der Zeit* in jeder Hinsicht zur Kultur geeignet bleibe. Und es stände durchaus nicht fest, dass die intensive Kultur mit Hilfe chemischer Düngestoffe auch mit der Zeit *günstig für den Boden* sein würde, möchte der Ertrag anfänglich auch stark zunehmen.

Jahrzehntelang schien es alsob die Furcht MULDERs unbegründet wäre. Ueberall wo die künstlichen Düngemittel zweckmäßig angewandt wurden fand ein mächtiger Umschwung der Landwirtschaft statt.

Das Auftreten der sogenannten „Haferkrankheit“ in den Groningschen und Drenthischen Moorkolonien, eine Erscheinung die, laut angestellten Untersuchungen ²⁾, ungünstigen Aenderungen des Moorbodens durch Pflanzenwachstum und Düngung zuzuschreiben ist, hat erwiesen, dass die Warnung MULDERs nicht völlig unbegründet war.

Die genannte Untersuchung über diese merkwürdige Bodenkrankheit und einige anderen Untersuchungen haben mich von der Notwendigkeit überzeugt, die Veränderungen, welche die einzelnen Kulturgewächse und die verschiedenen chemischen Düngemittel im Böden hervorrufen, systematisch zu verfolgen.

Vorläufig wurden nur drie Gewächse, Kartoffeln, Weizen und Hafer, und drei Salze (NaNO_3 , -- $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$, — NH_4NO_3) in die Untersuchung aufgenommen.

Die Versuche wurden angestellt mit einem leichten sandigen Lehm Boden in paraffinierten zinken Kulturtöpfen. Die 16 Gefäße enthielten jedes ungefähr 10 Kg Boden; vier Gefäße bekamen 3 gr. NaNO_3 , vier 2,5 gr. $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$, vier 1,5 gr. NH_4NO_3 und die letzten vier bekamen keine Stickstoffdüngung.

Von jeder Serie wurde ein Topf bestellt mit Kartoffeln, ein zweiter mit Weizen, ein dritter mit Hafer; der vierte Topf blieb unbestellt.

Nach der Ernte wurde der Boden aus den Töpfen abgesiebt, an der Luft getrocknet, und dem Inhalte jedes Topfes eine Probe zur Untersuchung entnommen.

1) Eine deutsche Uebersetzung dieses Werkes erschien in 1863.

2) Sjollesma und Hudig: Ueber die Ursachen der Fruchtbarkeitsabnahme einiger Böden in den Groningschen und Drenthischen Moorkolonien. Verslagen van Landb. onderzoekingen der R. Landbouwprouffstations n^o. X 1909. Siehe auch: Landw. Jahrbücher 1911, pg. 613.

Das folgende Jahr wurden die Böden wieder in die Töpfe eingefüllt und in derselben Weise bestellt und gedüngt. Allein bekamen alle Töpfe 0,69 gr. KH_2PO_4 und wurde die Stickstoffdüngung auf die Hälfte herabgesetzt sodass sie einer Düngung von ungefähr 500 Kg NaNO_3 pro H.A. gleichgestellt werden konnte.

Bei der Untersuchung der Bodenproben habe ich mich vorläufig darauf beschränkt die Absetzungsgeschwindigkeiten der feineren Tonteilchen aus den einzelnen Töpfen in Wasser mit einander zu vergleichen. Erstens haben die Untersuchungen Krügers in dieser Hinsicht interessante Tatsachen ans Licht gebracht. Zweitens müssen mehrere der Aenderungen, welche im Boden auftreten, sich in dieser Erscheinung abspiegeln, und zum Schlusse steht diese Erscheinung in Zusammenhang mit der für die landwirtschaftliche Praxis so wichtigen Struktur des Bodens.

100 gr. Boden, berechnet auf Trockensubstanz, wurde mit destilliertem Wasser in Glaszylinder eingeschlämmt und mehrere Male während einiger Zeit kräftig mechanisch geschüttelt; nachher wurde das Volumen auf 500 cc gebracht, nochmals geschüttelt und die Zylinder zur Absetzung der Tonteilchen bei Seite gestellt. Nach zwei Tagen wurden die Zylinder bei durchfallendem Lichte fotografiert. Die Abbildungen 5 und 6 beziehen sich auf die Absetzungsversuche nach dem ersten Versuchsjahre, die Abbildungen 1—4 zeigen wie die Böden sich nach dem zweiten Versuchsjahre absetzen.

Die gegenseitigen Unterschiede in der Absetzungsschnelligkeit nach dem ersten Jahre stimmen in groszen Zügen ganz mit denen, welche nach dem zweiten Versuchsjahre auftraten überein, nur sind sie weniger ausgeprägt. Beide Jahre fanden die Aenderungen im Boden in dieselbe Richtung statt; dadurch dass der Boden in zwei aufeinander folgenden Jahren in gleicher Weise bebaut und gedüngt wurde, haben die Veränderungen jedoch tiefer eingreifen können. Betrachten wir jetzt die Abbildungen 1 und 2 oder 3 und 4 ¹⁾. Es zeigt sich das folgende.

1. Die unbestellten Böden (29—20—15—11) der vier Versuchsreihen setzen sich am besten ab; die Böden aus den bestellten Töpfen setzen sich allen weniger gut ab.

2. Die Absetzung erfolgt am schlechtesten bei den bebauten Töpfen aus der NaNO_3 -Serie; die Böden aus der $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ -Serie setzen sich viel schneller und vollständiger ab. Die NH_4NO_3 -Serie und die Serie ohne Stickstoff nehmen hinsichtlich der Tonabsetzung eine Mittelstellung ein; bei der erstgenannten Serie erfolgt die Klärung jedoch etwas schneller als bei der letztgenannten.

¹⁾ Vergleichen wir die Abbildungen 1—2 mit 3—4 so sehen wir dass das während längerer Zeit lufttrocken Aufbewahren der Bodenproben nur einen geringen Einfluss auf das Absetzen der Tonteilchen ausübt.

3. Der Einfluss der drei untersuchten Kulturpflanzen auf der Tonabsetzung ist zwar derselbe jedoch graduell verschieden; in den drei Versuchsreihen ist die Reihenfolge der Gewächse dieselbe nämlich: Kartoffeln, Weizen, Hafer. Kartoffeln verzögern die Absetzung der Tonteilchen in bedeutender Weise, ein Ergebnis, das vollkommen im Einklange ist mit dem Resultate der KRÜGERSCHEN Versuche.

Wie sind die Unterschiede in der Absetzung zu erklären.

Die Schnelligkeit mit welcher die feineren Tonteilchen sich zu Boden setzen wird bestimmt von den Stoffen, welche sich beim Schütteln des Bodens mit Wasser lösen; die OH-Ionen wirken stabilisierend, die Metall-Ionen, besonders die Ca- und Mg-Ionen, ausflockend auf die Tonsuspension ein. Sowohl Düngung als Pflanzenwuchs werden die Zusammensetzung der wässrigen Lösung ändern, was meistens eine Veränderung der Absetzungsschnelligkeit der Tonsuspension zur Folge haben wird. Entnimmt das Gewächs dem Boden z.B. in Wasser leicht lösliche Kalziumverbindungen, so werden die Tonteilchen sich weniger schnell absetzen; geht dagegen mehr Kalzium in wasserlöslichen Zustand über, so wird dieses die Absetzung der Teilchen fördern. Bei Zunahme der OH-Konzentration wird die Tonsuspension sich langsamer absetzen, nimmt die OH-Konzentration ab so hat dieses eine Zunahme der Absetzungsschnelligkeit zur Folge.

Betrachten wir jetzt die Ergebnisse der Absetzungsversuche etwas eingehender.

NaNO_3 auf dem unbestellten Topf (29) hat nur einen unbedeutenden Einfluss gehabt, der Ton setzt sich aber noch etwas besser ab als bei 15 (unbestellt-ungedüngt).

$(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ auf dem unbebauten Boden verursachte eine merkbar bessere Absetzung. Vermutlich ist dieses der Nitrifikation des Ammoniumsulfates zuzuschreiben. Infolge der Nitrifikation bildet sich Schwefelsäure und Salpetersäure, welche Säuren Ca und Mg löslich machen, wodurch die Ausflockung gefördert wird. Diese Annahme wird bestätigt von dem relativ hohen Kalziumgehalt des Bodenextractes bei 20.

Dasselbe gilt auch für die bestellten Töpfe aus der $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ Serie (37, 25, 38). Nur macht sich hier auch der Einfluss der angebauten Gewächse geltend, insofern diese drei Zylinder weniger klar sind als 20. Die Gewächse werden namentlich einen grossen Teil der durch Nitrifikation des Ammoniumsulfates gebildeten Salpetersäure aufgenommen haben (bzw. nicht nitrifiziertes NH_4) sodass in diesen Töpfen eine geringere Säuremenge (hauptsächlich nur H_2SO_4) lösend auf Kalzium- und andere Verbindungen einwirken konnte. Weiter werden die Pflanzen einen Teil der leichtlöslichen Kalzium- und Magnesiumverbindungen aufgenommen haben. Auch kann die Konzentration der OH-Ionen unter dem Einflusse des

Pflanzenwuchses etwas gestiegen sein. Alle die genannten Umstände machen die Tonsuspension stabiler.

Bei den bebauten Töpfen aus der NaNO_3 -Serie haben wir erstens zu machen mit der Aufnahme von ausflockendwirkenden Metallionen (zB. Ca), durch die Pflanzen, und zweitens mit der Tatsache, dass die mit der NaNO_3 -Düngung in den Boden gebrachten Na-ionen darin zurückbleiben werden, nicht mehr gebunden an NO_3 , weil dieses von den Pflanzen aufgenommen worden ist, sondern gebunden an schwachen Säuren (Kohlensäure) insofern die OH-Konzentration etwas grösser wird. Auch ist es möglich — und Versuche haben es bestätigt — dass durch die auf diese Weise im Boden gebildete Na_2CO_3 -Menge, wasserlösliche Kalziumverbindungen unlöslich gemacht werden.

Bei der NH_4NO_3 -Serie können wir ähnliche Betrachtungen anstellen wie bei der $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ -Serie nur mit dem Unterschiede, dass sich hier bei der Nitrifikation nur Salpetersäure bildet, welche grösstenteils von den Pflanzen aufgenommen worden ist und demzufolge kein Kalzium bleibend wasserlöslich gemacht haben kann, indem bei dem Ammoniumsulfate sich auch Schwefelsäure gebildet hat, die nur in sehr geringer Menge von den Pflanzen aufgenommen wird. Die soviel bessere Absetzung in der $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ -Serie als in der $(\text{NH}_4)\text{NO}_3$ -Serie steht hiermit vollkommen im Einklange.

Auch der nur geringe Unterschied hinsichtlich der Tonabsetzung zwischen der NH_4NO_3 -Serie und der Serie ohne Stickstoff stimmt sehr gut mit dieser Erklärung von dem Einflusse einer Ammoniumnitratdüngung. Die etwas bessere Absetzung bei der NH_4NO_3 -Serie würde so zu erklären sein, dass die durch Nitrifikation gebildete Salpetersäure zwar grösstenteils aber nicht ganz von den Pflanzen aufgenommen worden ist, sodass noch ein Teil der Salpetersäure etwas Kalzium löslich gemacht haben kann.

Um eine bessere Einsicht zu bekommen in die Veränderungen, welche im Boden stattgefunden haben, würde eine vollständige Analyse der wässerigen Bodenauszüge und eine Bestimmung der OH-Konzentration im Boden notwendig sein. Zeitmangel nötigte mir von der vollständigen Analyse abzusehen und nur den in dieser Hinsicht wichtigsten Bestandteil n. Kalzium zu bestimmen. Der Magnesiumgehalt war sehr gering und kann hier ausser Betracht gelassen werden; die Kalkzahlen findet man in der Tabelle auf Seite 58—59.

Betrachtet man die Zahlen für 1911 so fällt der Zusammenhang zwischen Kalkgehalt und Tonabsetzung deutlich ins Auge (Siehe die Abbildungen 3 u. 4.) Die Annahme dass die Unterschiede in Absetzungsschnelligkeit grösstenteils auf die Differenzen im Kalkgehalt der Bodenauszüge zurückzuführen sind bekommt grössere Wahrscheinlichkeit durch die Tatsache dass die grossen Unterschiede

in der Tonabsetzung verschwinden, wenn man den Kalkgehalt in jedem Zylinder mittels einer CaCl_2 -Lösung gleich dem des Zylinders 20 macht (Siehe Abbildung 7.)

Der im Vergleich mit Gefäß 29 geringe Gehalt an löslichen Kalziumverbindungen der mit NaNO_3 gedüngten und bebauten Gefässe ist nicht nur der Kalkaufnahme von den Pflanzen zuzuschreiben, doch beruht zum Teil auch auf die Wirkung des aus dem Natriumnitrat gebildeten Natriumkarbonates. Daz die geringe Menge Na_2CO_3 hierzu wirklich im Stande ist, hat ein spezieller Versuch bewiesen, wobei 100 gr. Boden mit einer der NaNO_3 -Düngung äquivalenten Na_2CO_3 -menge ($5,3 \text{ c.c.} \cdot \frac{n}{10}$) befeuchtet und danach an der Luft getrocknet wurde. Nach schütteln des Bodens mit Wasser wie bei den übrigen Versuchen, wurde ein Bodenauszug erhalten mit 5,8 mgr. CaO pro 100 c.c.; der Auszug des ursprünglichen Bodens enthielt in dem gleichen Volumen dagegen 7,9 mgr. CaO . Den Einfluss der obengenannten Na_2CO_3 -menge auf die Tonabsetzung sieht man auf Abbildung 8.

Die Ergebnisse dieser Versuche sind zum Teile in Uebereinstimmung mit denjenigen, welche KRÜGER früher bei seinen Versuchen erhielt (Landw. Jahrb. 1905). Bei der Besprechung der Untersuchungen KRÜGERS habe ich jedoch darauf hingewiesen, dass die Salzmengen, welche KRÜGER zur Düngung anwandte (z. B. 12,1 gr. NaNO_3 — 14,4 gr. KNO_3 , 8,4 gr. NaCl auf 6 K.G. Boden) viel zu gross waren; diese Salzmengen werden bei weitem nicht von den Pflanzen zersetzt und weil diese Salze alle ziemlich stark ausflockend wirken ist es nicht nur möglich sondern selbst sehr wahrscheinlich, dass in vielen Fällen Unterschiede in der Absetzungsschnelligkeit hierdurch verdeckt wurden.

Obwohl auch KRÜGER Kalk- (und Magnesia-) Bestimmungen in den Bodenauszügen ausführte ist ihm der Zusammenhang zwischen Kalkgehalt und Absetzungsschnelligkeit nicht aufgefallen. Auch die hohen Kalkzahlen bei den mit $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ gedüngten Gefässen erklärt er nicht richtig. Auf Seite 800 (Landw. Jahrb. 1905) sagt er: „Diese Erscheinung ist jedoch eine *rein chemische*, denn während der vorhin erörterte Vorgang der Salpeterzerlegung erst durch die Tätigkeit der Pflanzenwurzel ausgelöst wird, tritt der hier in Frage stehende als chemischer Prozess auch ohne Bestellung der Gefässe ein.“ Daz wir hier aber nicht mit einem rein chemischen Vorgang zu tun haben, doch dass die Nitrifikation hier eine grosse Rolle spielt ist aus den in den Tabellen auf Seite 800—801 angeführten Zahlen klar zu sehen.

Die übrigen Kulturgewächse und die verschiedenen Salze, welche bei der Düngung eine Rolle spielen, werden jetzt auf dieselbe Weise einer systematischen Untersuchung unterworfen.

Um eine richtige Einsicht zu erhalten in die Veränderungen, welche infolge der Kultur im Boden stattfinden, wird es jedoch unumgänglich nötig sein auch die ausspülende Wirkung des Regenwassers in Betracht zu ziehen und die Ernten zu analysieren. Ich hoffe denn auch später über eine Einrichtung verfügen zu können, welche es gestatten wird mit groszer Genauigkeit zu bestimmen was von dem Regenwasser ausgespült wird und die es zugleich ermöglichen wird dem Boden jährlich in verschiedenen Tiefen zuverlässige Proben zu entnehmen, ohne ihn allzu sehr um zu graben.
