VOORWOORD

Bij zijn aftreden als Directeur van het Bodemkundig Instituut vroeg Dr. D. J. HISSINK mij, om zijn onderzoek over de basenhuishouding van den grond nog te mogen afmaken en het na voltooiing als publicatie op te nemen in de wetenschappelijke uitgaven der Directie van den Landbouw. Het spreekt vanzelf, dat ik gaarne mijn medewerking hiertoe verleende. Op het Instituut werd het nog noodige scheikundige onderzoek verricht en de gegevens daarvan werden aan Dr. HISSINK ter beschikking gesteld. Het resultaat der studie is vastgelegd in deze publicatie.

Het ligt niet op mijn weg om in beschouwingen te treden omtrent de beteekenis van dit onderzoek, daar dit overgelaten moet worden aan de bodemkundigen. Dat het ons inzicht in het moeilijke bodemprobleem heeft verdiept, en dat de nog steeds bestaande klove tusschen Bodemkunde en Landbouwkunde er door is verkleind, waardoor de beteekenis van de Bodemkunde voor de practijk in waarde toeneemt, zal wel geen bestrijding ondervinden. De groote beteekenis van den geheelen arbeid van Dr. HISSINK wordt juist in het bijzonder hierdoor gekarakteriseerd, dat de Bodemkunde steeds meer nut voor de practijk is gaan afwerpen.

Al mogen nog vele problemen om een antwoord vragen — leidt immers niet elk onderzoek tot ontdekking van nieuwe problemen? — toch zijn we in de latere jaren op dit gebied in belangrijke mate vooruit gekomen en heeft de Nederlandsche wetenschap in deze serie op het gebied der Bodemkunde zeer veel gepresteerd. Dr. HISSINK heeft daartoe het zijne bijgedragen, en dit was voor mij aanleiding, om zijn laatste publicatie van een persoonlijk voorwoord te voorzien, mede om ook op deze plaats Dr. HISSINK dank te zeggen namens den geheelen Nederlandschen landbouw voor zijn veeljarigen toegewijden arbeid.

's-Gravenhage, 16 Juni 1941.

De Directeur-Generaal van den Landbouw:

ALPH. ROEBROEK.

BODEMKUNDIG INSTITUUT TE GRONINGEN

DE BETEEKENIS VAN DE GROOTHEDEN S, T MIN S, T EN V = 100 S : T IN DE BODEMKUNDE EN VOOR DEN PRACTISCHEN LANDBOUW, GETOETST AAN EEN AANTAL TYPISCHE NEDERLANDSCHE BOUWGRONDEN EN VERGELEKEN MET DE BETEEKENIS VAN EENIGE SOORTGELIJKE GROOTHEDEN IN DIT OPZICHT

DOOR

Dr. D. J. HISSINK

Oud-directeur van het Bodemkundig Instituut-Groningen

(Ingezonden 4 April 1941)

HOOFDSTUK I

Doel en opzet van het onderzoek

Als inleiding tot deze Mededeeling meen ik het best te doen, het volgende artikel, getiteld: De Verzadigingstoestand van den grond, geschreven in November 1934 en opgenomen in het Correspondentieblad van den Rijkslandbouwvoorlichtingsdienst n°. 13 van 10 December 1934, hier onverkort weer te geven:

Nadat in de jaren 1917—1920 eenige verhandelingen van meer inleidenden aard betreffende de kennis van de adsorptie-verschijnselen in den bodem gepubliceerd waren, verscheen in het jaar 1920 mijne verhandeling over de methode ter bepaling van de adsorptief gebonden basen in den bodem en de beteekenis van deze basen voor de processen, die zich in den bodem afspelen (*Verslagen Rijkslandbouwproefstations*, No. XXIV, 1920, blz. 144—250). In deze verhandeling voerde ik eenige nieuwe grootheden in de bodemkunde in. Als grootheid S duidde ik aan de som aan uitwisselbare basen kalk, magnesia, kali en natron, uitgedrukt in milligramequivalenten (mE) op 100 gram grond. Ik rekende verder deze som op 100 mE om en de op deze wijze verkregen cijfers gaven de onderlinge verhouding van de uitwisselbare basen. Ik vestigde de aandacht er op, dat de tweewaardige basen kalk en magnesia in de normale Nederlandsche bouwgronden het grootste gedeelte van de uitwisselbare basen vormen en dat de kalk de voornaamste plaats onder de uitwisselbare basen inneemt (gem. 79 kalk + 13 magnesia + 2 kali + 6 natron). De kweldergronden en de door het zeewater overstroomde poldergronden bleken rijker aan uitwisselbare natron te zijn. Ik heb dergelijke gronden natronklei(humus)-gronden genoemd [1]), in tegenstelling tot de normale cultuurgronden, die ik den naam van kalkklei(humus)gronden gegeven heb.

[1]) Toen mij later bleek, dat deze gronden ook een hooger gehalte aan magnesia bezaten dan de normale Nederlandsche cultuurgronden, heb ik ze magnesia-natron-gronden genoemd.

45307

Ik merkte verder op, dat de rijkdom van den grond aan adsorptief gebonden basen een groote rol in de huishouding van den grond speelt, maar dat de kennis van de grootheid S ons nog niet in staat stelde, de gronden voldoende te beoordeelen en onderling ten opzichte van hun rijkdom aan basen met elkander te vergelijken. Het is de kleihumussubstantie, die de basen adsorptief gebonden houdt en de grootheid S moet dus van twee factoren afhangen, te weten van het percentage aan kleisubstantie en aan humussubstantie in den grond en van de mate, waarin dit adsorbeerende bodemcomplex met basen verzadigd is. Ik voerde daarom een derde grootheid in de bodemkunde in, die ik den verzadigingstoestand van den grond (V) genoemd heb en die ik definieerde als de verhouding van de hoeveelheid adsorptief gebonden basen, die in den grond aanwezig is (S), tot de hoeveelheid basen, die de grond totaal adsorptief binden kan (T); beide grootheden in mE uitgedrukt.

Het is duidelijk, dat ook de grootheid T van het percentage aan adsorbeerend complex in den grond moet afhangen. Aanvankelijk, zoo lang de grootheid T nog niet bepaald was, heb ik de gronden ten opzichte van hun verzadigingstoestand met elkander vergeleken door S om te rekenen op 100 gram adsorbeerend bodemmateriaal. Uit den aard der zaak stuitte ik daarbij op de moeilijkheid, dat het organische basenbindende bodemmateriaal (humus) waarschijnlijk wel niet hetzelfde basenbindende vermogen als het minerale basenbindende materiaal zou bezitten. Ik begon dus met de onderlinge vergelijking van nagenoeg humusvrije gronden. Uit een voorloopig onderzoek was mij gebleken, dat grondeeltjes grooter dan ongeveer 0,02 mm diameter [1]) (de zandfractie) nog slechts een zeer gering adsorptievermogen voor basen bezaten en voor de minerale gronden meende ik dus de grootheid T bij eerste benadering met het gehalte van den grond aan deeltjes kleiner dan ongeveer 0,02 mm diameter (fractie I + II) evenredig te mogen stellen. Maar verder is te bedenken, dat deze kleine deeltjes zoowel kleisubstantie als leemsubstantie kunnen zijn en dat de kleisubstantie wel weer een ander basenbindend vermogen dan de leemsubstantie bezitten zal. [2]) Ik beperkte mij voorloopig dus tot onderlinge vergelijking van den verzadigingstoestand van gronden van hetzelfde type, n.l. zeekleigronden en rekende S om op 100 gram klei (fractie I + II). Op deze wijze kwam ik tot zeer groote verschillen in S-waarden tusschen gronden, die in de practijk als goed en als slecht met basen (kalk) verzadigd bekend stonden.

Later heb ik aangetoond, dat de humus een grooter basenbindend vermogen bezit dan de kleisubstantie en ik heb tevens dit verschil in cijfers trachten uit te drukken; 100 gram humus binden bij neutrale reactie ongeveer 4,5 maal meer kalk dan 100 gram kleisubstantie (fractie I + II). Met behulp van dezen factor kan de humus, wat zijn kalkbindend vermogen betreft, op klei worden omgerekend. Dit opent de mogelijkheid, om gronden met verschillende gehalten aan klei en humus, wat hun rijkdom aan basen betreft, onderling met elkander te vergelijken. Het blijft intusschen altijd een benaderende berekening en men zal goed doen, deze alleen toe te passen ter vergelijking van gronden, die niet te sterk van elkander afwijken; bijv. op zware kleigronden met enkele procenten humus.

In 1924 heb ik daarna een methode gepubliceerd (Base Exchange in Soils; A General Discussion held by the Faraday Society, December 1924. Introductory Paper by D. J. Hissink; Transactions of the Faraday Society, No. 60, Vol. XX, Part III, pp. 551—566) ter bepaling van de grootheid T—S. Ik ging hierbij uit van de overweging, dat het in den grond gaat om de verzadiging van zwakke, resp. zeer zwakke klei- en humuszuren. Terwijl het verzadigingspunt van sterke zuren met sterke basen met het neutralisatiepunt (pH = 7) samenvalt, ligt het verzadigingspunt van zwakke zuren (met sterke basen) bij alcalische reactie (van boorzuur bijv. bij pH = 11). Neutrale oplossingen (pH = 7) van zwakke zuren bevatten dus nog groote hoeveelheden onverzadigd zuur. Naar analogie hiermede is het dus te verwachten, dat het verzadigingspunt van de zwakke bodemzuren

---

[1]) Dit zijn de deeltjes, die bij het afslibben van de fractie I + II in de cylinders van Atterberg (hoogte 10 cm bij 7½ minuut afslibtijd) achterblijven. Volgens de nieuwe wijze van berekenen ligt deze grens tusschen de zandfractie en de kleifractie (fractie I + II) niet bij 0,02 mm, maar bij 0,016 mm diameter (toepassing van de formule $V = 34720\ r^2$ geeft voor een V = 10 : 450 cm/sec een $r = 0{,}0008$ cm; dat is $2\ r = 0{,}016$ mm).

[2]) Voor de begrippen klei en leem, zie de *Verslagen van de Proefstations*, No. XXX (1925), blz. 169—202; in het bijzonder blz. 195—196.

bij vrij hooge pH-waarden liggen zal. De bepaling van het verzadigingspunt van zwakke zuren kan alleen langs conductometrischen weg geschieden en aanvankelijk is mijne methode ter bepaling van de grootheid (T—S) dan ook een conductometrische titratiemethode geweest. Later heb ik deze in een gewone titratie-methode kunnen wijzigen, die eenvoudiger is, maar iets minder nauwkeurige resultaten geeft.

Het was mij dus gelukt de grootheden S en (T—S) en dus ook T te bepalen, zoodat ik de grootheid V kon berekenen en daarmede den verzadigingstoestand van den grond in cijfers kon uitdrukken. Ik heb er toe op gewezen, dat er verband bestaat tusschen deze V-waarde en den zuurgraad van den grond (pH) en nog enkele andere grootheden.

Na mijne onderzoekingen zijn in tal van landen de waarde S en de onderlinge verhouding van de adsorptief gebonden basen bepaald. Ook mijne omschrijving van het begrip: *Verzadigingstoestand van den grond* is in de bodemkunde vrijwel algemeen aangenomen. Op mijne methode ter bepaling van de waarde (T—S) is evenwel van verschillende zijde kritiek uitgeoefend, die wel in hoofdzaak hierop neerkomt, dat mijn toestand van volkomen verzadiging, of zoo men wil mijn theoretische verzadigingstoestand in de natuur niet voorkomt; m.a.w., dat geen enkele grond een V-waarde gelijk 100 bezit, iets wat volkomen juist is. Mijn definitie van volkomen met basen verzadigden grond is evenwel de theoretisch juiste definitie. Verlaat men dit standpunt, dan komt men onwillekeurig tot meer of minder conventioneele definities, zooals bijv. de volgende van Bradfield: „a soil saturated with bases is one which has reached equilibrium with a surplus of $CaCO_3$ at the partial pressure of CO_2 existing in the atmosphere and at a temperature of 25° Celsius". Een ander komt weer met een andere definitie (zie Gehring, Maschhaupt). Maar bovendien zal een begrip van practische verzadiging zich met de grondsoort en mogelijk ook met het klimaat moeten wijzigen. Voor zoover ik dit beoordeelen kan, is mijn begrip van den theoretischen verzadigingstoestand in staat alle grondtypen te omvatten.

Ik heb het gevoel, dat de kritiek op mijn definitie van de waarde (T—S) en op de daarmede samenhangende waarde van V haar grond vindt hierin, dat men twee begrippen met elkander verwart, te weten: het theoretische begrip van (T—S) en V en het begrip van de hoeveelheid kalk, waarmede de grond in de practijk bemest moet worden. Sommige onderzoekers verkeeren zelfs in de meening, dat het mijne bedoeling zou zijn, met de grootheid (T—S) de in de practijk aan te wenden hoeveelheid kalk aan te geven. Het lijkt mij daarom niet overbodig, de beteekenis van mijne S, T en V-waarden aan een paar voorbeelden nader toe te lichten. Van de zeer zware, jongere Dollardkleigronden (Reiderwolderpolder tot Het Nieuwland), die alle nog koolzure kalk bevatten en zwak alcalisch reageeren, is de S-waarde (op 100 gram klei plus humus) gemiddeld 36,9 mE (onderlinge verhouding gem. 87 kalk + 8 magnesia + 4 kali + 1 natron). De T-waarde is gemiddeld 82 mE (op 100 gram klei plus humus). Dit geeft een V-waarde van gemiddeld 45 (100 × 36,9 : 82 = 45). De verzadigingstoestand van de jongere Dollardkleigronden is dus gem. 45. Door deze grootheden is het type van deze jongere zware zeekleigronden, wat den rijkdom van de kleihumussubstantie aan uitwisselbare basen betreft, gekarakteriseerd. Men is nu in staat andere zware zeekleigronden met dit type te vergelijken en daaruit, zoo noodig, gevolgtrekkingen voor maatregelen ter verbetering van deze gronden te maken. Voor den bovengrond van den ouden, zuren Dollardkleigrond (pH = 5,9) van ons proefveld te Nieuw-Beerta (achter de boerderij) is een V-waarde van 32 gevonden. Dit wil zeggen, dat de kleihumussubstantie van dezen ouderen zeekleigrond minder met basen verzadigd is dan die van de jongere Dollardgronden. Het opent tevens de mogelijkheid, om te berekenen, hoeveel kalk 100 gram van dezen ouden grond moet opnemen en als klei (humus)kalk moet vastleggen, opdat zijn V-waarde van 32 op 45 komt.

Ten opzichte van de onderzochte humusgronden zij het volgende medegedeeld. Het onderzoek heeft betrekking op een betrekkelijk kleine collectie grondmonsters, die evenwel sterk uiteenloopen in pH- en V-waarden (van pH = 4,1 en V = 9,7 tot pH = 5,9 en V = 28,0). Nadat deze gronden zooveel kalk opgenomen en als humuskalk hadden vastgelegd, dat hunne pH-waarden tot 6,5 gestegen waren, bleken hunne verzadigingstoestanden, die aanvankelijk tusschen 9,7 en 28,0 in lagen, vrijwel gelijk te zijn; gem. 30. Bij opname van zooveel kalk, dat de pH-waarden tot 7,0 stegen, steeg de V-waarde van alle onderzochte gronden tot gemiddeld 37. Dit wijst er op, dat mijne V-waarde voor deze zoo uiteenloopende gronden van algemeene beteekenis is.

Resumeerende kan ik dus zeggen, dat ik eenige grootheden in de bodemkunde heb ingevoerd (S, onderlinge verhouding basen, T—S, T en V), waarvan de beteekenis drieledig is:

1. In de eerste plaats zijn deze grootheden, en in het bizonder de V-waarde, tezamen met de pH-waarde, in staat de verschillende bodemtypen, wat den rijkdom van het basenbindende bodemmateriaal aan basen betreft, scherp te karakteriseeren, waardoor de mogelijkheid geopend wordt, deze typen op dit punt onderling met elkander te vergelijken.

2. Verder is gebleken, dat de verzadigingstoestand correleert met het complex van factoren, dat benaderd wordt door den zuurgraad en de basenhuishouding van den grond (in den ruimsten zin des woords) en waarvan wij weten, dat het voor de vruchtbaarheid van den grond van beteekenis is.

3. En ten derde is uit de waarden S, T en V de hoeveelheid kalk te berekenen, die de kleihumussubstantie moet vastleggen, om een anderen verzadigingstoestand te bereiken; dus ook de hoeveelheid kalk, noodig om den verzadigingstoestand te bereiken, waarbij de vruchtbaarheid van den grond, voor zoover hiermede samenhangende, gevonden is optimaal te zijn.

Mijne S, T en V-waarden openen dus de mogelijkheid om, tezamen met de pH-waarde, de verschillende bodemtypen op een bepaald onderdeel van een algemeen gezichtspunt uit te karakteriseeren. Tevens kunnen op deze waarden bemestingsadviezen gebaseerd worden. Voor dit doel zijn meer of minder analoge waarden door andere onderzoekers gegeven (Bradfield, Gehring, Hudig, Hutchinson-McLennan, Maschhaupt, e.a.). Van al deze waarden verdient die waarde de voorkeur, die in staat is de meest uiteenloopende bodemtypen zoo scherp mogelijk te karakteriseeren en die op de meest juiste wijze kan aangeven, hoeveel kalk ter bereiking van het optiumm effect voor elk van deze bodemtypen noodig is.

Aangezien mijne grootheden uit een theoretisch oogpunt zeker niet de minsten zijn, die voor dit doel uitzicht bieden (1) en aangezien zij in het buitenland bij een vergelijkend onderzoek een zeer gunstigen indruk gemaakt hebben (Novak b.v. komt tot de volgende conclusie: Von den in Betracht kommenden Methoden hat sich für die Bestimmung des V-Wertes am besten die Methode von Hissink bewährt), komt het mij alleszins gewenscht voor, nu de tot heden in Nederland gebruikte grootheden niet in alle opzichten blijken te hebben voldaan, ook mijn grootheden op haar waarde te toetsen.

Of mijne methoden ter bepaling van S, T—S, T en V zich voor massa-onderzoek leenen, is een vraag van de tweede orde. In dit verband wil ik voorloopig alleen opmerken, dat mijne methode ter bepaling van T—S zeer snel uitvoerbaar is en zich ongetwijfeld ook voor massa-onderzoek zal blijken te leenen. Maar in de eerste plaats is het noodig, mij thans in de gelegenheid te stellen van een aantal typische Nederlandsche gronden, waarvan de kalkbehoefte bekend is of onderzocht wordt of zal worden, de waarden S, T en V volgens mijne opvattingen en methoden te bepalen.

Ik moge hier nog een gedeelte van een in 1938 te Helsinki (Finland) gehouden inleiding aan toevoegen (2):

Im Jahre 1926 hat von 'Sigmond meinen V-Wert abgelehnt, weil „in der Natur keine Böden gefunden werden, welche nach Hissink einen V-Wert = 100 besitzen". Hier macht von 'Sigmond einen prinzipiellen Fehler. Statt den V-Wert in erster Linie als Charakteristikum des Bodens zu betrachten, hat er sofort praktische Erwägungen an diesem Wert angeknüpft. Das hat zu den sogenannten praktischen V-Werten geführt. Diesen V-Werten gegenüber hat mein V-Wert wenigstens den Vorteil, dass er eine theoretische Grundlage bildet. Mein T-Wert gibt die Mengen an Basen, welche für die theoretische oder die Total-Sättigung nötig ist, und es ist nun völlig in Uebereinstimmung mit den theoretischen Auffassungen, dass der Sättigungspunkt oder der Aequivalenzpunkt der schwachen Bodensäuren bei sehr alkalischen pH-Werten liegt. Und diese theoretische Auffassung des T-Wertes hat den grossen Vorteil, dass sie allgemeine Anwendung finden kann, was mit den der Praxis entnommenen T-Werten nicht der Fall ist, und auch nicht der Fall sein kann. Die praktischen T-Werte müssen je nach Klima, Bodenart, Bodentypus und Pflanzenart verschieden sein, und es liegt also auf der Hand, dass es viele

praktischeT- Werte gibt, das heisst Werte, bei denen der betreffende Boden nach praktischen Auffassungen optimal mit Basen gesättigt ist. Mein T-Wert gibt die Sättigung in einem internationalen Klima; d.h. im Laboratorium. International wird man sich nur auf diesen internationalen T-Wert einigen können.

Het doel van het onderzoek, dat in deze Mededeeling behandeld zal worden, is dus mijne grootheden S, T-S, T en V — zooveel mogelijk in verband met andere grootheden — op haar waarde voor een aantal typische Nederlandsche bouwgronden, waarvan de kalkbehoefte bekend is of onderzocht wordt, te toetsen; en in het bijzonder, om de beteekenis van de grootheden T-S, T en V in dit opzicht met die van soortgelijke grootheden te vergelijken. Hierbij zij nog eens gestipuleerd, dat bodemkundige grootheden in het algemeen, als de mechanische samenstelling (gehalten klei—zand), de gehalten aan $CaCO_3$, aan humus en stikstof, de zuurgraad (pH), het gehalte aan uitwisselbare basen S, het totaal basenbindend vermogen T (uitwisselbare basen), de verzadigingstoestand V = 100 S: T, en ik kan hier ook aan toevoegen de geheele chemische en mineralogische samenstelling, in de eerste plaats dienen, om den grond te karakteriseeren. Wil men nu, naast mijne theorethische waarden T-S, T en V, zoogenaamd practische waarden invoeren, dan zal het toch — teneinde verwarring te voorkomen — noodzakelijk zijn, om voor deze practische waarden andere letters te kiezen. En dit is des te meer noodzakelijk, omdat verschillende onderzoekers weer verschillende methoden hebben voorgesteld, om den zoogenaamd practischen verzadigingstoestand te bereiken (3). En verder moet bedacht worden, dat bemestingsadviezen, welke ook, nooit enkel en alleen op grond van de resultaten van een bodemkundig onderzoek zonder meer gegeven kunnen worden (4). De weg, die daartoe moet worden ingeslagen, zal mede in deze Mededeeling behandeld worden.

Het onderzoek, waarover deze Mededeeling handelt, is dus opgezet, teneinde te trachten eenig antwoord te krijgen op een tweetal vragen: ten eerste deze, door welke bodemgrootheden de gronden, wat hun basenrijkdom in het algemeen en hun kalkrijkdom in het bijzonder betreft, het best gekarakteriseerd worden; en ten tweede, in hoeverre deze grootheden voor het opmaken van bekalkingsadviezen te gebruiken zijn.

Na de verschijning van mijn boven weergegeven artikel in het correspondentieblad heeft de Inspecteur van het Landbouwonderwijs, toenmaals tevens hoofd van den binnenlandschen landbouwvoorlichtingsdienst, de heer Ir. D. S. Huizinga, zich bij schrijven van 27 December 1934 tot de H. H. Rijkslandbouwconsulenten met een ambtsgebied gewend, met verzoek met mij in overleg te treden inzake de toezending van grondmonsters als bedoeld in de slotalinea van mijn artikel. De consulenten hebben met groote bereidwilligheid aan dit verzoek voldaan. Ook van het Rijkslandbouw-

proefstation Groningen en van het Bedrijfslaboratorium aldaar werden eenige collectie's grondmonsters ontvangen. Aan allen betuig ik hiervoor mijn hartelijken dank.

Totaal werden 128 grondmonsters in den loop van 1935 aan het Bodemkundig Instituut-Groningen ontvangen. Het geheele onderzoek van deze monsters vond onder leiding van wijlen den analist M. DEKKER in den loop van de jaren 1935—1939 plaats. Ook zorgde de heer DEKKER nog vóór zijn plotselingen dood begin November 1939 er voor, dat de resultaten van het onderzoek zooveel mogelijk in tabellen gerangschikt werden, zoodat ik — bij mijn vertrek uit Groningen einde October 1939 — althans de beschikking over het geheele cijfermateriaal had. Met grooten weemoed denk ik hier terug aan één van de bekwaamste medewerkers, die mij in mijn veertigjarige ambtsperiode terzijde gestaan heeft. Ook aan de overige leden van het personeel van het Bodemkundig Instituut-Groningen, die aan dit onderzoek meegewerkt hebben, betuig ik hiervoor mijn dank.

Voor hen, die minder tijd hebben, om de geheele Mededeeling te lezen, heb ik aan het slot van elk Hoofdstuk een korte samenvatting toegevoegd. Ik raad evenwel alle lezers aan, de Hoofdstukken I en IX in hun geheel te lezen.

HOOFDSTUK II

Beschrijving en herkomst van de grondmonsters

A. Kleigronden

Deze hoofdgroep omvat de zeekleigronden en de rivierkleigronden.

1. ZEEKLEIGRONDEN

1 *a*. Vijf Dollardkleigronden, genomen in het najaar van 1931 van een kalkproefveld op perceel 11 van de Proefboerderij van Nieuw-Beerta (B 6900 t/m 6904). Dit proefveld ressorteert onder het Rijkslandbouwproefstation te Groningen en de monsters zijn door dit proefstation te mijner beschikking gesteld. Perceel 11 ligt in het z. g. „Binnenland", d. w. z. binnen een oude bedijking, die vermoedlijk in het jaar 1550 aangelegd is (5). Deze grond behoort mee tot de oudste Dollardkleiafzettingen en is, in vergelijking met andere oude Dollardkleigronden, een eenigszins uitzonderlijk type, hetgeen zich o. a. uit in een iets hooger humusgehalte van de bouwvoor, bij een gelijk kleigehalte. Reeds op ongeveer 1 meter onder maaiveld wordt op perceel 11 plaatselijk veen of darg aangetroffen, terwijl het veen in andere gedeelten van het Dollardgebied òf geheel opgeruimd, òf eerst op grootere diepte aanwezig is. Een ander verschil met de typische Dollardinpolderingen is de

eenigszins onregelmatige verkaveling van perceel 11 en zijn omgeving. Een en ander wijst er op, dat we hier met een grensgebied van de Dollardklei te doen hebben. Toen de Dollard in de eerste helft van de zestiende eeuw zijn grootsten omvang bereikte, zal ook het huidige Binnenland wel overstroomd en sterk ontredderd, doch niet geheel weggeslagen zijn. In de oudste inpolderingen, in het grensgebied van den Dollard, komt het meer voor, dat de bouwvoor een hooger humusgehalte bezit dan elders. Met een gedeelte van den Nonnegaatsterpolder is dit bijv. ook het geval (zie Dollardpublicatie, noot 1). Mogelijk bezat het slib, dat zich hier afgezet heeft, een iets andere samenstelling, bijv. door vermenging met veen, dat tijdens de slibafzetting in de omgeving weggeslagen werd.

De monsters zijn afkomstig van de bouwvoor van vijf objecten, n. l. van de objecten met een kalktoestand van resp. -10, -5 en 0 (resp. B 6900, 6901 en 6902), van een object verzadigd met kalk (B 6903) en van een object verzadigd met kalk, plus overmaat $CaCO_3$ (B 6904). Elk monster is een mengmonster van vier parallelveldjes. Het object met een kalktoestand van -5 (n°. B 6901) representeert het perceel in zijn natuurlijken toestand, terwijl op het object met een kalktoestand -10 de basenrijkdom van het adsorptiecomplex op kunstmatige wijze verlaagd is door toevoeging van zwavel. De andere objecten hebben verschillende hoeveelheden kalk ontvangen.

In zijn natuurlijken toestand (B 6901) bevat de grond geen $CaCO_3$ en reageert zuur (pH = 5,8). Het gemiddelde gehalte aan humus is 5,1 %, aan klei (fractie I + II) 66,0 % en aan zand 28,4 %; op 100 deelen klei + zand zijn dus 70 deelen klei aanwezig; de grond is een zeer zware kleigrond.

1 *b*. Twee Dollardkleigronden, genomen in het najaar van 1931 van een ontkalkingsproefveld, tevens stikstofmeststoffenproefveld, op perceel 3 van de Proefboerderij te Nieuw-Beerta (B 6914 en 6915). Perceel 3 ligt in het zgn. „Uiterdijken", dat is een jongere inpoldering, dan de onder 1 *a* beschrevene. Het Uiterdijken werd in 1657 of in 1666 ingedijkt. De grond is van het normale, oudere Dollardtype, zonder een abnormaal hoog humusgehalte in de bouwvoor en zonder veen of darg in den ondergrond. Het gehalte aan koolzure kalk in de laag van 0—25 cm is reeds tot minder dan 1 % gedaald.

De monsters zijn afkomstig van de laag van 0—25 cm van de onbemeste veldjes en werden verkregen door vermenging van de monsters van vier parallellen. B 6914 is het mengmonster van de Oostelijke, B 6915 van de Westelijke helft van het proefveld. Beide monsters representeeren dit gedeelte van perceel 3 in zijn natuurlijken toestand, d. w. z. zonder eenige kalkbemesting of abnormale onttrekking van kalk.

Gemiddeld bevat de grond (B 6914—15) 0,7 % $CaCO_3$, en reageert zwak alcalisch (pH = 7,5). Het gemiddelde gehalte aan humus is 4,1 %, aan klei 67,1 % en aan zand 28,2 %; ook dit is dus een zeer zware kleigrond.

1 *c*. Tien monsters, genomen in September 1935 van een kalkproefveld, gelegen op een perceel bouwland, behoorende tot de boerderij „Klein Luidum", aan de Groenedijk te Achlum, Prov. Friesland (B 7377 t/m 7386). De boerderij ligt in de gemeente Franekeradeel, in het Waterschap Arum—Achlum—Kimswerd. Het perceel maakt deel uit van het oude kleigebied Westergoo, doch vermoedelijk niet van het alleroudste. Volgens de overlevering althans zou de Groenedijk een oude zeewering zijn, waarvan het proefperceel aan de buitenzijde ligt. Het is al minstens 50 jaar bouwland.

De bovengrond bestaat uit zware klei, die op een diepte van ongeveer 40 cm oogenschijnlijk zandiger wordt en nergens geheel vrij van koolzure kalk bleek te zijn. Op een diepte van 60 cm is de grond in het algemeen zelfs rijk aan dit bestanddeel. Bepaald stug lijkt de grond nergens, ook niet in de diepte; de structuur is overal kruimelig of brokkelig. Volgens den pachter is het perceel wel zwaar te bewerken, doch bij een gunstige weersgesteldheid kan in het voorjaar een goed zaaibed gemaakt worden. Het is tamelijk goed graanland, doch heeft één gebrek, nl. het zeer slecht bestand zijn tegen droge perioden.

Het proefveld bezit drie objecten in triplo, nl. één onbekalkt object en twee objecten bekalkt met resp. 5000 en 10 000 kg gebluschte kalk per ha. De bovengrond van de twee meest Oostelijk gelegen onbekalkte veldjes was tijdens de bemonstering duidelijk vochtiger en meer kleverig dan die van de bekalkte perceeltjes. Wat de structuur betreft, heeft de bekalking wel een gunstig resultaat opgeleverd, doch op de gewassen heeft zij tot heden nog geen invloed uitgeoefend.

De bemonstering werd uitgevoerd op een dun geploegde tarwestoppel. Van alle negen veldjes is de laag van 0 tot 20 à 22 cm bemonsterd, welke laag, nà inklinking, zeker niet dikker dan 20 cm zal zijn, terwijl de maximale ploegdiepte ongeveer 25 cm is. Bovendien werd van de drie onbekalkte veldjes nog een monster genomen van de laag van 25—45 cm. De monsters van de bovengrond der parallelveldjes van elk object zijn tot mengmonsters vereenigd, zoodat er in totaal vier monsters, nl. drie bovengronden (B 7377—79; 80—82 en 83—85) en één ondergrond (B 7386), in onderzoek genomen zijn. De monsters zijn ingezonden door den Rijkslandbouwconsulent te Leeuwarden.

De bovengrond bevat gem. 2,9 % $CaCO_3$ en reageert zwak alcalisch (pH gem. 7,8); de ondergrond bevat gem. 2,1 % $CaCO_3$. Het gemiddelde

gehalte aan humus is 2,1 % (ondergrond 1,7 %), aan klei 46,2 % en aan zand 48,8 %; het is dus een zware kleigrond (49 % klei op klei + zand = 100).

1 *d*. Vijftien monsters, genomen in September 1935 door den Rijkslandbouwconsulent te Goes, van een kalkproefveld bij den heer J. VAN DE VELDE te Kloetinge, Zuid-Beveland, prov. Zeeland (B 7454 t/m 7468). Nadere bijzonderheden omtrent de ligging van dit proefveld, de profielgesteldheid van den grond en de landbouwkundige gegevens zijn mij niet bekend. Het proefveld bezit vijf objecten, in triplo, nl. één onbekalkt object (B 7454—56) en een viertal bekalkte objecten met theoretische kalktoestanden van resp. ongeveer 0, +10, +20 en +30; in hoeverre deze theoretische kalktoestanden werkelijk bereikt zijn, is mij niet bekend (deze opmerking geldt ook voor de andere proefvelden). Deze verschillen in kalktoestand zijn bereikt door bemesting met opklimmende hoeveelheden hydroka in Maart 1933. Het gehalte van de hydroka aan CaO is aangenomen op 65 %. De monsters stammen van de laag van 0 tot ongeveer 20 cm. In natten toestand bezaten zij, in de volgorde van de hierboven genoemde objecten, een pH van gemiddeld 6.0, 6.5, 7.1, 7.3 en 7.6. Eén monster, nl. B 7463 van veldje 4 (+20 object) had een afwijkende pH van 7.0 en werd om deze reden niet in het onderzoek betrokken. Van de monsters zijn mengmonsters der drie, resp. twee parallelveldjes gemaakt, zoodat er van dit proefveld vijf mengmonsters in onderzoek zijn genomen.

De grond van de onbekalkte veldjes (B 7454—56) bevat geen $CaCO_3$ reageert zwak zuur (pH = 5,8). Het gemiddelde gehalte aan humus is 1,8 %, aan klei 18,8 % en aan zand 79,4 %; het is dus een zavelgrond (19 % klei op klei + zand = 100).

2. RIVIERKLEIGRONDEN

2 *a*. Zes monsters, genomen in het najaar van 1934 van een kalkproefveld bij den heer ED. POODT te Etten, gelegen in het rivierkleigebied van de Oude IJssel in de Geldersche Achterhoek (B 6894 t/m 6899). Deze monsters behooren tot de collectie van het Bedrijfslaboratorium voor grondonderzoek te Groningen en waren mij ter beschikking gesteld door den directeur van dit laboratorium. Nadere bijzonderheden omtrent de ligging van dit proefveld, de profielgesteldheid van den grond en de landbouwkundige gegevens zijn mij niet bekend. Het proefveld bezit elf objecten met theoretische kalktoestanden van —30 tot +90, terwijl twee vormen van stikstofmeststoffen aangewend werden. Omtrent de wijze, waarop deze verschillen in kalktoestand tot stand gekomen zijn, heb ik geen gegevens ontvangen; ook is mij niet bekend,

welke van de huidige objecten overeenstemt met den natuurlijken toestand van het proefveld tijdens zijn aanleg.

De zes monsters zijn genomen van den bovengrond van zes objecten en wel van vier objecten, met kalktoestanden van resp. —30, —10, +10 en +30, welke de stikstof in den vorm van kalksalpeter ontvangen, en van twee objecten, met kalktoestanden van resp. —30 en —10, waarop zwavelzure ammoniak als stikstofmeststof gegeven wordt. Elk monster is een mengmonster van twee parallelveldjes.

De grond bevat geen $CaCO_3$ met uitzondering van object +30 ($CaCO_3$ = 0,5 %), terwijl de pH's liggen tusschen 4,1 en 7,8. Het gemiddelde gehalte aan humus is 3,8 %, aan klei 58,2 % en aan zand 37,9 %; het is dus een zware tot zeer zware kleigrond (61 % klei op klei + zand = 100).

2 *b*. Vijfentwintig monsters, genomen in September 1935, van een kalkproefveld bij den heer H. Poppe te Duur bij Olst, prov. Overijssel (B 7387 t/m 7411). Dit proefveld ligt in de gemeente Olst, ten Westen van de Soest-Wetering, nabij de Bruinsbrug, die over deze Wetering ligt. Het grondtype is middelmatig zware rivierklei uit het gebied van den IJssel. Een aan de Noordzijde van het proefveld waargenomen profiel bezat een kleilaag tot 60 cm diepte, met een zeer rijk aan ijzerafzettingen zijnde overgangslaag van 60 tot 70 cm. Dieper ligt tamelijk grof zand. Tot de waargenomen diepte van ongeveer 90 cm werd geen koolzure kalk aangetroffen.

Een andere detailontwatering dan die der ploegvoren is niet aanwezig. In natte tijden heeft men wel eens overlast van water. Structuurverschillen, ten gunste van de bekalkte veldjes, waren tijdens de bemonstering weliswaar niet waarneembaar, doch doen zich van tijd tot tijd wel voor.

Het proefveld bezit vijf objecten in vijfvoud, nl. één onbekalkt object (B 7387—91) en vier bekalkte objecten, met theoretische kalktoestanden van resp. 0, +10, +20 en + 30. De oorspronkelijke, gemiddelde kalktoestand van het geheele terrein was —13,6. Deze verschillen in kalktoestand zijn ontstaan door een op 1 April 1931 aangewende bemesting met opklimmende hoeveelheden schelpkalkbloem.

De bemonstering werd uitgevoerd op aangeaard aardappelveld. Er is geboord op de helling van de walletjes tot op 20 cm diepte, wat niet meer dan 17 à 18 cm van het gemiddelde terrein zal uitmaken. Dit is ook ongeveer de maximale ploegdiepte. Van elk object zijn de monsters van de vijf parallelveldjes tot mengmonsters vereenigd, zoodat er ten slotte vijf mengmonsters in onderzoek genomen zijn.

De grond bevat geen $CaCO_3$; de pH van het onbekalkte veld (B 7387—91) is 5,2. Het gemiddelde gehalte aan humus is 3,2 %, aan klei 33,5 % en aan

zand 63,3 %; het is dus een middelmatig zware kleigrond (35 % klei op klei + zand = 100.)

B. Humusgronden

De onderzochte humusgronden zijn te onderscheiden in twee dalgronden uit Borgercompagnie en vier humushoudende zandgronden uit verschillende deelen van ons land. De vertegenwoordigers van deze laatste groep behooren tot de plistoceene (of „diluviale") gronden, doch zijn van zeer uiteenloopenden geologischen ouderdom. De oudste is die van Etten bij Breda, welke tot het praeglaciaal ouder dan het hoogterras (het II° der geologische kaart) behoort. Dan volgt die van Elsloo (Friesland), behoorende tot het fluvioglaciale dek (II^4) op de grondmoreene van het Riss-glaciaal, terwijl de gronden uit IJhorst en Warnsveld tot de jongplistoceene (Würmglaciale) dalopvulling of het laagterras (II^8) behooren.

3. Oude Dalgronden (Borgercompagnie)

3 *a*. Zeven monsters, genomen in het najaar van 1934 van een curveproefveld op perceel 5 van de Proefboerderij te Borgercompagnie, prov. Groningen (B 6905 t/m 6911). Dit proefveld ressorteert onder het Rijkslandbouwproefstation te Groningen en de monsters zijn door dit station ter beschikking gesteld. Het doel van de proef is een reeks pH-waarden bij dezelfde bemesting te vergelijken. Er zijn zeven objecten in duplo aangelegd, waarbij er naar is gestreefd, een pH-reeks van 4.5 tot 7.5, met telkens een opklimming van een halve pH-eenheid, tot stand te brengen. Gegevens over de wijze, waarop dit geschied is, bezit ik niet.

Van elk object is slechts één monster ingezonden en elk monster heeft betrekking op den bovengrond van slechts één veldje. Aangezien de humusgehalten der parallellen eenigszins uiteenloopen, is er van afgezien, monsters van de parallelreeks in het onderzoek te betrekken.

De grond bevat geen koolzure kalk; alleen in de sterkst bekalkte veldjes komt 0,1 % $CaCO_3$ voor. De pH's loopen op van 4,7 tot 7,3. Het gemiddelde gehalte aan humus is 11,0 % (n°. 6905 loopt er iets uit met 9,7 %), aan kleileem 5,4 % en aan zand 83,6 %.

3 *b*. Twee monsters, genomen in het najaar van 1934 van Proef B op perceel 5 van de Proefboerderij te Borgercompagnie (B 6912 en 6913). Ook deze monsters zijn afkomstig van het Rijkslandbouwproefstation te Groningen. Proef B is een kalktoestandsproef, waarbij 8 objecten met natronsalpeter, 8 objecten met zwavelzure ammoniak, 2 objecten met uitsluitend stalmest

en 2 onbemeste objecten vergeleken worden. Bij de met natronsalpeter en zwavelzure ammiak bemeste objecten is naar een reeks van acht kalktoestanden gestreefd, terwijl de stalmest-perceelen en de onbemeste perceelen in twee kalktoestanden aanwezig zijn. Gegevens omtrent de wijze, waarop deze verschillen in kalktoestand ontstaan zijn, zijn niet verstrekt.
B 6912 en 6913 zijn genomen van den bovengrond van objecten, waarop gestreefd is naar een kalktoestand van —25. B 6912 is een mengmonster van twee veldjes, nl. een chili-veldje en een zwavelzuur ammoniak-veldje. B 6913 is slechts van één veldje afkomstig en wel een zwavelzuur ammoniakveldje.

De grond bevat geen $CaCO_3$ en reageert zuur; pH gemiddeld 4,4. Het gemiddeld gehalte aan humus is 11,7 %, aan klei-leem 5,1 % en aan zand 83,2 %.

4. Humushoudende zandgronden

4 *a*. Twee monsters, genomen in December 1935 door den Rijkslandbouwconsulent te Breda van een kalkbemestingsproefveld te Etten, bij Breda (B 7642 en 7643). Dit proefveld is in 1930 aangelegd en bestaat uit zes veldjes, waarvan er twee superphosphaat krijgen en de andere vier slakkenmeel. Van deze laatste vier veldjes, waarvan de overige bemesting steeds gelijk was, hebben er twee een mergelgift ontvangen, met het doel den kalktoestand op nul te brengen. Aangezien dit doel niet bereikt werd, ontvingen deze beide veldjes in 1931 opnieuw een mergelgift en in 1933 nog eens poederkalk. Hun kalktoestand was aanvankelijk —14. B 7642 is een mengmonster van den bovengrond van de onbekalkte veldjes 2 en 6, terwijl B 7643 van de bekalkte veldjes 3 en 4 afkomstig is.

De grond bevat geen koolzure kalk en reageert zwak zuur (pH van 5,7—6,1). Het gemiddelde gehalte aan humus is 3,0 %, aan klei-leem 9,0 % en aan zand 88,0 %.

4 *b*. Acht monsters, genomen in April 1935 door den Rijkslandbouwconsulent te Drachten van een bemergelingsproefveld bij den heer J. Bergsma te Elsloo, prov. Friesland (B 6978 t/m 6985). Gegevens omtrent doel en aanleg van dit proefveld en de grootte der mergelgiften zijn niet verstrekt. Er zijn vier bekalkte veldjes (B 6978 t/m 6981) en vier onbekalkte veldjes (B 6982 t/m 6985) bemonsterd, en wel de laag van 0—20 cm. Aangezien zoowel de monsters van de bekalkte als van de niet-bekalkte veldjes onderling verschillen vertoonden in hun pH-cijfers, zijn ze niet tot mengmonsters vereenigd, doch alle acht afzonderlijk in onderzoek genomen.

De grond bevat geen $CaCO_3$; de pH's van de onbekalkte veldjes liggen tusschen 4,3 en 4,9, die van de bekalkte tusschen 5,1 en 5,6. Het gemiddelde gehalte aan humus is 14,9 %, aan klei-leem 5,6 % en aan zand 79,5 %.

4 *c*. Achttien monsters, genomen in September 1935, van een bekalkingsproefveld bij den heer W. POORTMAN te IJhorst (B 7412 t/m 7429). Dit proefveld is in den herfst van 1931 aangelegd en bestaat uit drie objecten, elk in zesvoud. De pH was aanvankelijk 4.6 en de oorspronkelijke kalktoestand —24. Eén der objecten (B 7412—17) is onbekalkt gebleven, terwijl er bij de andere objecten naar gestreefd is, een kalktoestand van resp. —10 (B 7418—23) en 0 (B 7424—29) te bereiken. Te dien einde ontvingen deze objecten opklimmende hoeveelheden mergel, die in twee giften, nl. in 1932 en in Maart 1935, toegediend zijn. Gedurende de eerste drie proefjaren heeft de bekalking een gunstigen invloed op de opbrengst der gewassen uitgeoefend.

Op veldje 1 is het profiel bestudeerd. De humushoudende bovenlaag is 45 cm dik, doch hiervan is de laag van 25—45 cm min of meer zwart van kleur en ontginningsziek-achtig. Van 45—65 cm werd een zwarte, veenachtige laag (gliede) aangetroffen, rustende op roodachtig zand.

Er zijn monsters genomen van de laag van 0—18 cm, wat ongeveer de bouwvoor is. Tijdens de bemonstering lag het perceel geploegd en bewerkt en was het begroeid met knollen. De monsters van de parallelveldjes zijn tot mengmonsters vereenigd, zoodat er drie mengmonsters in onderzoek genomen zijn.

De onbekalkte grond reageert zuur (pH = 4,8) en bezit geen $CaCO_3$; in de bekalkte gronden komen kleine hoeveelheden $CaCO_3$ voor (0,2—0,3 %). Het gemiddelde gehalte aan humus is 8,3 %, aan klei-leem 3,6 % en aan zand 87.9 %.

4 *d*. Achtentwintig monsters, genomen in October 1935, van een bekalkingsproefveld op een perceel, behoorende tot de boerderij „Klein Graffel" te Warnsveld bij Zutphen (B 7487 t/m 7514). Het perceel ligt ten Oosten van het dorp Warnsveld en ten Noorden van den straatweg van Warnsveld naar Vorden. Eigenares is de stichting „Oude en Nieuwe Gasthuis" te Zutphen. De grond bezit een goede doorlatendheid voor water. Een detailontwatering is er niet, terwijl het overtollige water door beken afgevoerd wordt naar den IJssel.

Landbouwkundig noemt men den grond van het proefveld een zandgrond of beter gezegd een humushoudende zandgrond. Ook spreekt men wel van eschgrond, doch volgens Ir. CLEVERINGA, zou het geen typische eschgrond, maar, althans volgens de indeeling van Dr. OOSTINGH, meer een voormalige

boschgrond zijn. De boschgronden zijn later in cultuur genomen dan de eschgronden en hebben een dunnere humushoudende bovenlaag. Bij de typische eschgronden is deze laag vaak ongeveer 80 cm dik, terwijl de humeuze bovenlaag op het proefveld slechts 42 cm dik is. In vergelijking met vele Drentsche gronden is de bovengrond van het bemonsterde perceel minder „stoffig", meer gebonden, hetgeen toegeschreven zou moeten worden aan de ongeveer 10 % afslibbare bestanddeelen (klei of leem), die de grond van dit proefveld bevat. Een vergelijking met monsters van een humushoudenden zandgrond van de Proefboerderij te Heino (Overijssel) levert een frappant kleurverschil op. Terwijl de grond van Heino donker, bij het zwarte af is, neigt de kleur van den grond van Warnsveld meer naar het grijsbruine. Laatstgenoemde grond stuift practisch niet, doch slaat bij sterken regenval wel erg dicht en dit verschijnsel treedt op de kalkarmste veldjes het sterkst op. Scheurvorming wordt evenwel nimmer waargenomen, evenmin als andere, aan de typische kleigronden inhaerente eigenschappen. Wel vormen zich, onder ongunstige structuur-omstandigheden kluiten, welke vrij dicht van structuur zijn, doch nimmer zoo hard als kleikluiten worden. Een aan de westzijde van het proefveld waargenomen profiel bestond uit de volgende lagen:

0—42 cm, donkere, humushoudende grond;

42—80 cm, lichter gekleurde, meer roodachtige, sterk zandige grond.

Vanaf 80 cm wordt de grond nog lichter van kleur en bestaat uit lichtgeelbruin zand. Tot op deze diepte werd geen koolzure kalk aangetroffen.

Het proefveld is in September 1923 aangelegd en heeft ten doel de reactie der gewassen, in ontwikkeling en opbrengst, op den kalktoestand van den grond, bij gebruik van een stikstofbemesting in alcalischen en zuren vorm, na te gaan. Bij den aanleg was de gemiddelde kalktoestand min 27. Er zijn 14 objecten in duplo, nl. zes kalktoestand-trappen met alkalische stikstofbemesting (chilisalpeter) en dezelfde zes kalktoestand-trappen met zure stikstofbemesting (zwavelzure ammoniak) en ten slotte twee kalktoestandtrappen met stalmest. Bij de alcalische en zure N-bemesting is er naar gestreefd kalktoestanden van resp. —30, —20, —10, 0, +3 en +8 en bij de stalmestobjecten van —10 en +3 te bereiken. Voor dit doel werden o. a. in December 1923, Januari 1925 en herfst 1926 verschillende hoeveelheden mergel en, waar noodig, zwavel gegeven. Nauwkeurige gegevens van de totaal op elk veldje aangewende hoeveelheid mergel, resp. zwavel, zijn niet verstrekt. Het bovenstaande schema is tot 1934 toegepast. In den herfst van 1934 is op het proefveld 50 000 kg stalmest per ha gegeven en in het voorjaar van 1935 een rogge-groenbemesting; overigens in 1935 niets, ook geen stikstof. De eenzijdige kunstmestbemesting, op 12 van de 14 objecten, had de cultuur-

toestand van deze objecten nadeelig beïnvloed, waarom vanaf 1934 met een organische bemesting begonnen is. De bemesting met kali en phosphorzuur is op alle veldjes steeds gelijk geweest. In 1934 en 1935 zijn evenwel geen kali en phosphorzuur gegeven.

Het proefveld wordt steeds gespit. De laatste jaren doet men dit 15 cm diep; daarvóór 20 cm diep. In den herfst van 1933 is tevens de ondergrond met de schop gebroken. Ofschoon de kalkbemesting vermoedelijk vrij regelmatig over de laag van 0—20 cm verdeeld zal zijn, is alleen de laag van 0—15 cm bemonsterd. De monsters van de parallelveldjes zijn tot mengmonsters vereenigd, met uitzondering van die van het nul-object met zwavelzure ammoniak (B 7505 en B 7506), waarvan de beide veldjes een vrij groot pH-verschil opleverden. Er zijn derhalve 13 mengmonsters en 2 afzonderlijke monsters, of in totaal 15 monsters, in het onderzoek betrokken.

Van geen van de veldjes bevat de grond $CaCO_3$, terwijl de pH's liggen tusschen 4,2 en 6,7. Het gemiddelde gehalte aan humus is 4,3 %, aan kleileem 9,5 % en aan zand 86,2 %.

Samenvatting Hoofdstuk II

Het onderzoek heeft betrekking op de volgende grondsoorten (de gehalten aan humus en klei zijn de gemiddelde gehalten van elk proefveld; de gehalten aan koolzure kalk en de pH-waarden zijn die van de onbekalkte velden; voor verdere gegevens wordt naar de tabellen verwezen).

Vier zeekleigronden, te weten: Nieuw-Beerta (zeer oude, zeer zware kleigrond met 5,1 % humus en 66,0 % klei, geen koolzure kalk en een pH = 5,8); Nieuw-Beerta (minder oude, zeer zware kleigrond met 4,1 % humus en 67,1 % klei, van 0,4 tot 0,9 % $CaCO_3$ en een pH van 7,4 tot 7,6); Achlum, Friesland (zware kleigrond met 2,1 % humus en 46,2 % klei; van 2,8 tot 3,0 % $CaCO_3$ en een pH van 7,7 tot 7,8); Kloetinge, Zeeland (zavel met 1,8 % humus en 18,8 % klei, geen $CaCO_3$ en een pH = 5,8).

Twee rivierkleigronden, te weten: Etten, Gelderland (zware tot zeer zware kleigrond, met 3,8 % humus en 58,2 % klei, zonder $CaCO_3$ en pH-waarden van 4,3 en 4,1); Duur bij Olst (middelmatig zware kleigrond met 3,2 % humus en 33,5 % klei, zonder $CaCO_3$ en een pH = 5,2).

Twee oude dalgronden, te weten: Borgercompagnie (met 11,0 % humus, 5,4 % klei-leem en 83,6 % zand, geen $CaCO_3$ en een pH = 4,7); Borgercompagnie, zelfde perceel, ander proefveld (met 11,7 % humus, 5,1 % kleileem en 83,2 % zand, geen $CaCO_3$ en pH-waarden = 4,6 en 4,1).

Vier humushoudende zandgronden, te weten: Etten, bij Breda (met 3,0 % humus, 9,0 % klei-leem en 88,0 % zand, geen $CaCO_3$ en een pH =

5,7); Elsloo, Friesland (met 14,9 % humus, 5,6 % klei-leem en 79,5 % zand, geen $CaCO_3$ en pH's van 4,3 tot 4,9); IJhorst, bij Meppel (met 8,3 % humus, 3,6 % klei-leem en 87,9 % zand, geen $CaCO_3$ en een pH = 4,8); Warnsveld, Gelderland (met 4,3 % humus, 9,5 % klei-leem en 86,2 % zand, geen $CaCO_3$ en pH-waarden van 4,2 en 4,7).

HOOFDSTUK III

Bizonderheden betreffende het onderzoek van de grondmonsters, de toegepaste methodiek en de beteekenis hiervan

De monsters zijn onderzocht op hun gehalten aan koolzure kalk, humus, klei, zand en uitwisselbare basen (grootheid S) en op hun zuurgraad (pH). Voorts op hun basenbindend vermogen volgens de barietmethode (de zgn. T minus S-bepaling) en volgens een percolatiemethode met calciumacetaat, en tenslotte op de hoeveelheid kalk, noodig voor het bereiken van een bepaalde pH, volgens een potentiometrische titratie. Aan de hierbij toegepaste methoden van onderzoek wordt de volgende toelichting gegeven.

Koolzure kalk. De koolzure kalk is volumetrisch bepaald en berekend uit de hoeveelheid koolzuur (CO_2), die vrij komt als de grond behandeld wordt met koud zoutzuur van een normaliteit van 7,5 à 8, bij kamertemperatuur. Hierbij is derhalve uitgegaan van de onderstelling, dat het ontwijkende koolzuur geheel aan kalk gebonden was. Volgens in het Rijkslandbouwproefstation te Groningen gedane onderzoekingen (6) zou in den grond ook een ander carbonaat, nl. calcium-magnesiumcarbonaat kunnen voorkomen, dat door koud zoutzuur van bovengenoemde sterkte eveneens ontleed wordt. Een fout van beteekenis kan bij de toegepaste methode evenwel niet gemaakt zijn en dit temeer niet, waar de monsters in het algemeen vrij van of arm aan koolzure kalk bleken te zijn; voor zoover aanwezig, betrof het vrijwel steeds slechts enkele tiende procenten van dit bestanddeel, in dezen vorm achtergebleven nà een sterke kalkbemesting. De bepaling werd uitgevoerd in Passon-apparaten, volgens een door het Bodemkundig Instituut verbeterde methode.

Humus. Het humusgehalte is berekend uit het gehalte aan koolstof (C), waarbij het koolstofgehalte van den humus op 58 % aangenomen is. Het koolstofgehalte werd bepaald volgens een aan het grondonderzoek aangepaste elementair-analyse van TER MEULEN (7). In de dalgronden en de humushoudende zandgronden werd tevens het humusgehalte uit het gloeiverlies

berekend, waarbij aangenomen is, dat tijdens het gloeien uit 100 g klei-leem (deeltjes kleiner dan 0,016 mm diameter) 6 gram vastgebonden water ontwijkt.

Mechanische of granulaire samenstelling. Voor de wijze van vóórbewerking van den grond ter bepaling van de granulaire samenstelling wordt naar blz. 282 en 283 van n°. XXXI (1926) van de Verslagen van Landb. Onderz. der R. L. Proefstations verwezen. Aan het aldaar gegeven voorschrift zijn later enkele kleine wijzigingen aangebracht, zoodat dit voorschrift thans geheel in overeenstemming is met de Internationale Methode A van de Intern. Bodemk. Vereeniging (8). Het scheiden van de fracties geschiedt in slibcylinders volgens ATTERBERG. Voor de kleideeltjes grooter dan 0,002 mm diameter (fractie II) bedraagt de valtijd 8 uur per kolom van 10 cm; voor de zanddeeltjes grooter dan 0,016 mm diameter, 7½ minuut per 10 cm.

Zuurgraad (pH). De pH is op twee manieren bepaald, nl. in een suspensie van uitgekookt, gedistilleerd water en van normaal kaliumchloride. Volgens laatstgenoemde methode worden lagere (zuurdere) pH-waarden gevonden (9). De verhouding grond : vloeistof was in beide gevallen steeds 1:2½. In de suspensies werd de pH met behulp van de chinhydronelectrode bepaald, waarbij de meting zoo spoedig mogelijk nà toevoeging van het chinhydron uitgevoerd is. Verloop werd hierbij niet geconstateerd (10).

Uitwisselbare basen. Bij de bepaling van de uitwisselbare basen (kalk, magnesia, kali en natron) wordt van het principe uitgegaan, dat deze aan de klei en de humus gebonden basen uitwisselen tijdens het uitloogen van den grond met een oplossing van een neutraal zout, waarvan het kation een ander element moet zijn dan de uitwisselbare base, die men wenscht te bepalen. In het Bodemkundig Instituut wordt de grond uitgeloogd met een oplossing van keukenzout (1 normaal) voor het bepalen van de uitwisselbare CaO en MgO en met een oplossing van NH_4Cl (½ normaal), ter bepaling van de uitwisselbare K_2O en Na_2O. Voor nadere bijzonderheden omtrent deze methodiek wordt naar blz. 168 tot 170 van n°. XXIV, 1920 van de Verslagen van Landb. Onderz. der R. L. Proefstations verwezen. Het onderzoek van de extracten, in het bijzonder op hun gehalten aan kalium en natrium, is later gewijzigd en in overeenstemming gebracht met nieuw toegepaste analyse-methoden (11). Uit de gehalten aan uitwisselbare basen wordt de S-waarde berekend, dat is de som aan uitwisselbare basen, uitgedrukt in milligramequivalenten (mE) per 100 g drogen grond (105° C.).

Adsorptiegetal (ag). De waarde S hangt af van het gehalte aan adsorbeerend materiaal (kleisubstantie en humus) en van den rijkdom van dit materiaal aan basen (kalk, magnesia, kali en natron). De rijkdom van den

grond aan uitwisselbare basen, de S-waarde, uitgedrukt in mE op 100 g grond, is dus een grootheid, die voor de verschillende gronden, met hunne uiteenloopende gehalten aan klei en humus, onderling niet vergelijkbaar is. Daarom is een poging aangewend, om het gehalte aan adsorbeerend materiaal (kleisubstantie en humus) in één grootheid, het adsorptiegetal (ag), uit te drukken. Ongeveer een twintig jaar geleden heerschte nog vrij algemeen de opvatting, dat het, zoo niet alleen, dan toch in hoofdzaak de kleisubstantie was, die de uitwisselbare basen gebonden hield. Ik heb aangetoond, dat dit niet het geval was; dat integendeel het adsorptievermogen van de humus voor basen aanzienlijk grooter was dan dat van de kleisubstantie (fractie I + II). Ik heb ook getracht de onderlinge verhouding van het adsorptievermogen van de kleisubstantie en de humus in cijfers uit te drukken. Hierdoor wordt het mogelijk, de humus — wat het adsorptievermogen voor basen betreft — om te rekenen op klei, en omgekeerd. Door sommatie wordt het adsorptiegetal verkregen, dat het gehalte aan klei (+ humus, op klei omgerekend), of het gehalte aan humus (+ klei, op humus omgerekend) aangeeft. Met behulp van dit getal is het mogelijk, de S-waarde in mE van 100 g grond om te rekenen op mE op 100 g adsorbeerend materiaal (ag). En dit geldt ook voor de andere bodemgrootheden (bijv. T-S, T). Deze omrekening is slechts eene benaderende; ik kom hierop nog terug.

De waarde T-S. Het zijn de humuszuren en de kleizuren, die de uitwisselbare basen binden. Dit zijn in water onoplosbare, zwakke, resp. zeer zwakke zuren. De verbindingen, die bij volkomen verzadiging van deze zuren met de basen ontstaan, reageeren sterk alkalisch (pH-waarden van 11 tot 12 ongeveer); in de waterige suspensies worden bij volkomen verzadiging de basen afgesplitst. Het ligt dus voor de hand, dat in de natuur geen volkomen met basen verzadigde gronden kunnen voorkomen; al lang vóór volkomen verzadiging intreedt, wordt de base door het regenwater afgesplitst en uit den grond uitgeloogd. Ook in minder verzadigden toestand vindt dit proces reeds plaats. Hierbij komt dan nog het optreden van het koolzuur in den grond, dat met de klei-humuszuren een strijd om het bezit van de basen voert. Het gevolg is, dat zelfs bij de zwaarste bekalking een toestand van volkomen verzadiging nooit bereikt kan worden; de klei-humuszuren verkeeren in de natuurlijke gronden steeds in onverzadigden toestand (12). Ik heb nu getracht de hoeveelheid basen te bepalen, die de kleihumussubstantie van den grond tot volkomen verzadiging kan opnemen, waarbij dus pH-waarden van ongeveer 11 bereikt worden. Aanvankelijk geschiedde dit door een conductometrische titratie, die later tot een gewone titratie met bariet vereenvoudigd werd. Bij deze bariettiratie worden alle in het adsorptie- of klei-

humuscomplex aanwezige, uitwisselbare waterstofionen tegen bariet uitgewisseld. De verkregen grootheid is de waarde T-S; het is de hoeveelheid basen, die de grond naast de reeds in het adsorptiecomplex aanwezige basen (de S-waarde) nog adsorptief binden kan. Ze wordt uitgedrukt in mE en kan zoowel op 100 g grond, als op 100 g adsorbeerend materiaal (adsorptiegetal-ag) worden opgegeven (13).

De waarde T. De som van S en T-S is T. Deze waarde drukt dus uit, hoeveel basen de grond — bij uitwisseling van alle uitwisselbare waterstof — totaal binden kan; het is het totaal adsorbeerend vermogen van den grond voor basen. Ze wordt opgegeven in mE per 100 g grond of per 100 g adsorbeerend materiaal; deze laatste grootheid heb ik in deze publicatie voor de kleigronden voorgesteld door b (ag) en voor de humusgronden door d. Voor gelijksoortige gronden moeten nagenoeg gelijke waarden b (ag) en d verkregen worden. Met behulp van deze T-waarden kan ook berekend worden, hoeveel mE basen door 100 g kleisubstantie, resp. door 100 g humus, bij totale verzadiging, gebonden kunnen worden; wat weer de equivalentgewichten van de betreffende kleizuren, resp. humuszuren leert kennen (14)

De waarde V. De verzadigingstoestand van den grond, de waarde V, heb ik gedefinieerd door de formule V = 100 S : T; het is dus de verhouding van de hoeveelheid in den grond aanwezige, adsorptief gebonden basen (S) tot de hoeveelheid basen, die de grond in totaal adsorptief binden kan (T). Uit het voorgaande volgt, dat vrij zeker alle gronden en zeker de gronden in een humied klimaat, zooals de Nederlandsche gronden, een met basen onverzadigd klei-humuscomplex bezitten; dus een T grooter dan S, dat is een V kleiner dan 100. Zoo bezitten bijv. de uit een landbouwkundig oogpunt goed met basen verzadigde jonge zeekleigronden uit het Dollardgebied een V-waarde van ongeveer 44 (15).

Andere methoden ter bepaling van de hoeveelheid base (kalk), die de grond onder bepaalde omstandigheden adsorbeert. Zooals reeds in Hoofdstuk I is opgemerkt, is er van verschillende zijden kritiek op mijne grondgedachten bij de bepaling van T-S en derhalve ook op de daaruit afgeleide waarden T en V uitgeoefend. Deze critici wenschen een verzadiging met een base (kalk) onder, wat zij noemen, natuurlijke omstandigheden. Tot dit doel is een vrij groot aantal methoden uitgewerkt, waarvan bij dit onderzoek een tweetal in toepassing zijn gebracht.

De percolatiemethode. Voor een deel komen deze methoden hierop neer, dat de grond behandeld wordt met een oplossing van een zout van een sterke base met een zwak zuur (bijv. natriumacetaat of calciumacetaat). Een

dergelijke oplossing is in staat vrij veel waterstof-ionen uit het adsorptiecomplex van een zuur-reageerenden grond te verdringen, omdat deze waterstofionen zich met de acetaat-ionen tot het zwak gedissocieerde azijnzuur verbinden. Dit verdringen van H-ionen gaat evenwel bij lange na niet zoo ver als bij behandeling van den grond met bariet. In dit laatste geval verbinden de uitgedreven H-ionen zich met OH-ionen van de barietoplossing tot practisch ongedissocieerd H_2O. Van de verschillende methoden, die op de behandeling van den grond met een oplossing van een hydrolytisch zout als bovenbedoeld berusten, is toegepast de methode, ontleend aan het proefschrift van Dr. R. H. J. Roborgh: A study on the nature of Clay (blz. 33), doch in eenigszins gewijzigden, als hieronder beschreven vorm.

Een hoeveelheid grond, overeenkomende met 5 g droge stof (105° C), wordt vermengd met 40 g zand. Dit zand is vooraf met waterstofperoxyde en zoutzuur behandeld en vervolgens met water afgeslibd en uitgewasschen. In een percolatiebuis wordt eerst een glaswolpropje gebracht, dan 5 g van bovengenoemd zand, vervolgens het mengsel van grond en zand, dan weer 5 g zand en dit vervolgens afgedekt met een glaswolpropje. Er wordt gepercoleerd met 500 cc. normaal calciumacetaat, die vooraf op een pH = 7 gebracht is. Het filtraat van deze percolatie wordt verwijderd, waarna met water uitgewasschen wordt, tot twee kolfjes van 250 cc. gevuld zijn. Vervolgens wordt met normaal NaCl uitgewasschen, waarbij eveneens tweemaal 250 cc. extract gewonnen wordt. In het tweede kolfje van het water-extract en in de beide kolfjes van het NaCl-extract wordt de kalk bepaald. Er wordt een correctie aangebracht voor de hoeveelheid kalk, die door het zand uit de Ca-acetaatoplossing wordt geadsorbeerd. De som van de hoeveelheden kalk, gevonden in de drie onderzochte extracten, verminderd met bovengenoemde correctie, is berekend in mE per 100 g drogen grond of per 100 g adsorbeerend materiaal (adsorptiegetal = ag). Deze waarde is als de geadsorbeerde hoeveelheid base (CaO) volgens het percolatieonderzoek opgegeven; het is het basenbindend vermogen van den grond onder de omstandigheden van de proef.

De in het tweede kolfje van het water-extract gevonden kalk kan een restant zijn van het Ca-acetaat, dat nà de percolatie in den grond achtergebleven is. Het is echter ook mogelijk, dat dit Ca-acetaat reeds geheel met het eerste kolfje van het waterextract uitgewasschen is en dat in het tweede kolfje wat van de adsorptief gebonden kalk uitgespoeld is. Dit laatste is aangenomen en de in dit kolfje gevonden kalk is opgeteld bij de kalk, gevonden in de beide NaCl-extracten. Het uitwasschen met water tot een tweede kolfje van 250 cc. was dus feitelijk niet noodig geweest. In dit tweede kolfje werd als regel 0,04 à 0,06 % CaO op drogen grond gevonden, overeenkomende met 1,5 à 2 mE CaO per 100 g drogen grond.

Als regel waren de volgens deze percolatie-methode onderzochte gronden vrij van koolzure kalk, doch enkele monsters bevatten toch iets van dit bestanddeel. Volgens bovenstaande werkwijze wordt, bij aanwezigheid van $CaCO_3$, een te hooge hoeveelheid geadsorbeerde base gevonden. In de keukenzoutextracten lost nl. een gedeelte van de $CaCO_3$ op en hiervoor wordt geen correctie toegepast, zooals bij mijne bepaling van de uitwisselbare kalk wel het geval is. De meeste van de gronden, die koolzure kalk bevatten, reageeren alcalisch en zijn om die reden niet volgens de percolatie-methode onderzocht. Alleen een drietal gronden met kleine hoeveelheden koolzure kalk (0,1 à 0,3 % $CaCO_3$) reageeren zwak zuur (Borgercompagnie en IJhorst); de voor deze gronden opgegeven geadsorbeerde hoeveelheden kunnen dus iets te hoog zijn.

De som van de bij het percoleeren geadsorbeerde hoeveelheid base en de aanwezige hoeveelheid (S) heb ik S(P) genoemd; het is de S-waarde in den toestand nà de percolatie. Verder heb ik ingevoerd een grootheid $P = 100\ S : S(P)$, die als de practische verzadigingstoestand van den grond nà de percolatie kan worden opgevat. De verzadigingstoestand van den gepercoleerden grond volgens mijne opvattingen is $100\ S(P) : T$; ook deze grootheid is opgegeven.

Potentiometrische kalktitratie. De potentiometrische titratie heeft ten doel na te gaan, hoeveel kalk een grond — onder de omstandigheden van de laboratoriumproef — moet opnemen, om een bepaalden zuurgraad en in het bijzonder de neutrale reactie (pH = 7), te bereiken. Zij werd uitsluitend toegepast in gronden met een pH lager dan 7,0. Voor de methodiek wordt naar vroegere publicaties verwezen (16). Als base werd gebruikt een oplossing van calciumhydroxyde, terwijl de inwerkingsduur 72 uur was en gedurende dien tijd per dag 7 à 8 uur geroteerd werd. Overigens zijn er in de methode enkele wijzigingen aangebracht. De proef werd bijv. niet gedaan in fleschjes, doch in zgn. Bïilmannbuisjes, waarin de pH na afloop direct met de chinhydronelectrode gemeten kon worden. Voorts werd niet een bepaalde hoeveelheid grond in gebruik genomen, doch een bepaalde hoeveelheid adsorbeerend materiaal, d. w. z. humus + klei (berekend als humus) of klei + humus (berekend als klei). Voor de overwegend humeuze gronden werd deze hoeveelheid adsorbeerend materiaal vastgesteld op 0,5 g humus + klei (als humus) en voor de kleigronden op 2,25 g klei + humus (als klei). Hieraan werd 20 cc. vloeistof toegevoegd. Voor elken grond werd een serie van vijf buisjes aangezet, waarbij het gewicht van den grond en het volume van de vloeistof steeds gelijk, doch de hoeveelheid calciumhydroxyde opklimmend was. In het buisje met de grootste hoeveelheid $Ca(OH)_2$, werd, bij de humusgronden,

zóóveel kalkoplossing gedaan, dat de som van het reeds in den grond aanwezige aantal mE basen (de S-waarde) en van het in deze oplossing aanwezige aantal mE kalk 232 mE basen per 100 g humus (+ klei als humus) bedroeg. Voor de kleigronden werd deze som vastgesteld op 52 mE basen per 100 g klei (+ humus als klei). Ter toelichting hiervan diene het volgende.

Bij B 6978 (humushoudende zandgrond Elsloo met 14,8 % humus en 5,1 % klei; adsorptiegetal = 14,8 + 0,22 × 5,1 = 15,9) is in 3,144 g luchtdrogen grond 0,5 g humus (+ klei als humus) aanwezig (3,144 × 0,159 = 0,5). In elk der vijf buisjes werd derhalve 3,144 g luchtdroge grond van dit monster afgewogen. De S-waarde is 93,2 mE per 100 g humus (+ klei als humus), zoodat per 100 g humus (+ klei als humus) nog 232—93,2 = ongeveer 139 mE kalk of per 0,5 g humus (+ klei als humus) ongeveer 0,7 mE kalk toegevoegd moest worden. De normaliteit van de kalkoplossing was steeds ongeveer 0,04, zoodat in het buisje, met de grootste hoeveelheid kalkoplossing 0,7 : 0,04 = ongeveer 18 cc. der kalkoplossing gebracht moest worden, terwijl in het buisje vooraf reeds 2 cc. gedestilleerd water gedaan was. Bij de andere vier buisjes bedroegen de hoeveelheden gedestilleerd water resp. 5,5—9,0—12,5 en 16 cc. en de hoeveelheden van de kalkoplossing resp. 14,5—11,0—7,5 en 4 cc. Na een inwerkingsduur van 72 uur werd de pH van den inhoud van deze vijf buisjes bepaald en deze pH-waarden grafisch (op de verticale as) tegen de hoeveelheden kalk (op de horizontale as) uitgezet. Uit een door de vijf punten getrokken lijn kon dan berekend worden, hoeveel mE kalk per 100 g humus (+ klei als humus) noodig was, om onder de omstandigheden van de proef — een bepaalden zuurgraad te bereiken, bijv. een pH van 6,5, 7,0 of 7,5.

Samenvatting Hoofdstuk III

Hoofdstuk III behandelt de bij het onderzoek toegepaste methodiek, te weten de methoden ter bepaling van de gehalten aan koolzure kalk, humus en klei-zand (mechanische samenstelling), van de waarden pH (zuurgraad), S (som uitwisselbare basen), T min S (hoeveelheid kalk, noodig ter volledige verzadiging van de klei-humuszuren volgens de barietmethode), T (het totaal basenbindend vermogen) en den verzadigingstoestand V = 100 S : T, alsmede andere methoden ter bepaling van de hoeveelheid base (kalk), die de grond onder bepaalde omstandigheden vastlegt (de percolatiemethode en de potentiometrische kalktitratie).

HOOFDSTUK IV

Toelichting van de resultaten van het onderzoek (zie de tabellen I tot en met VIII achter den text)

De resultaten van het onderzoek zijn in de tabellen I tot en met VIII (achter den text) opgenomen. In deze tabellen is dezelfde volgorde van de grondmonsters gevolgd als in Hoofdstuk II (beschrijving van de grondmonsters). Eerst komen dus de minerale gronden, verdeeld in zeekleigronden en rivierkleigronden; daarna de humusgronden, verdeeld in dalgronden en humushoudende zandgronden; tabel VI behandelt alleen de minerale gronden.

Tabel I bevat de resultaten van het onderzoek op mechanische samenstelling; tabel II de pH-waarden, het adsorptiegetal (ag), de gehalten aan uitwisselbare basen, de grootheden S, T-S en T (op drogen grond) en de verhouding van de uitwisselbare basen; tabel III, die hieraan aansluit, bevat de grootheden S, T-S en T op adsorbeerend materiaal (dus de waarden b (ag) voor de minerale gronden en d voor de humusgronden), de resultaten van het percolatie-onderzoek en de verschillende verzadigingstoestanden (V en P); tabel IV de resultaten van de potentiometrische kalktitratie; tabel V gegevens betreffende de gegeven kalkbemesting, voor zoover bekend, en de kalkopname door den grond; tabel VI de verdeeling van de basen over de humusfractie en de kleifracties van de minerale gronden; tabel VII eenige gemiddelde waarden, terwijl ten slotte in tabel VIII overeenkomstige grootheden van andere gronden zijn opgenomen, ontleend aan een in het Recueil verschenen publicatie (17). Verder komen in den text nog een viertal tabellen voor (A tot en met D).

a. Mechanische samenstelling (tabel I)

Minerale gronden. Het monster n°. B 6900, genomen van de bouwvoor van één der objecten van het bekalkingsproefveld op perceel 11 van de Proefboerderij te Nieuw-Beerta, bevat 0 % $CaCO_3$, 5,1 % humus, 66,5 % klei en 28,4 % zand. De som van deze vier gehalten is 100. Van de 66,5 % klei is 42,5 % fractie I (deeltjes tot 0,002 mm diameter) en 24,0 % fractie II (deeltjes van 0,002 tot 0,016 mm diameter). Het percentage van de kleisubstantie (fractie I + II) aan fractie I is dus $100 \times 42{,}5 : 66{,}5 = 63{,}9$; in vroegere publicaties is gewoonlijk de verhouding van fractie I tot fractie II opgegeven, dat is als 1 : 0,56 (24,0 : 42,5). De laatste kolom van deel A: minerale gronden, geeft aan, hoeveel grammen humus per 100 g klei aanwezig zijn. Voor B 6900 is dit $100 \times 5{,}1 : 66{,}5 = 7{,}7$ g. Aangezien de

gehalten aan humus, klei en zand van de verschillende parallelveldjes van elk proefveld voldoende met elkander overeenstemden, zijn de gemiddelde gehalten voor elk proefveld berekend. De gemiddelden van de beide laatste kolommen van het minerale gedeelte bezitten een meer algemeene beteekenis.

Het gedeelte: *humusgronden* van tabel I is iets anders ingericht. Omdat het hier meer zandige monsters betreft, zijn van de kleisubstantie (fractie I + II) de subfractie's I en II niet afzonderlijk bepaald en ontbreekt derhalve ook het verhoudingsgetal tusschen deze twee subfractie's. Verder heeft de vermelding van den rijkdom van de klei aan humus bij deze monsters geen zin. Het humusgehalte wordt in dit gedeelte tweemaal vermeld. Ten eerste is opgegeven de elementair-humus, welke uit het bij de elementair-analyse verkregen koolstofgehalte (C) berekend is, onder aanname dat 100 g humus 58 g C bevat. Het monster Borgercompagnie n°. 6905, geeft bij de elementair-analyse 5,63 % koolstof (C); dat is dus 100 × 5,63 : 58 = 9,7 % elementair-humus. Bij gloeien wordt, na aftrek van de correctie voor het waterverlies van de klei-leemsubstantie (fractie I + II), 10 % gloeiverlies-humus gevonden. De gloeiverlies-humus bevat dus 100 × 5,63 % : 10 = 56,3 % koolstof (C); zie laatste kolom, tabel I, humusgronden. Ook van de humusgronden zijn voor elk proefveld de gemiddelde gehalten voor humus, klei-leemfractie (fractie I + II), zand en gloeiverlies-humus berekend; slechts in een enkel geval bezit één der parallelveldjes een iets afwijkende hoeveelheid humus (B 6905 met 9,7 % en 10,0 % humus tegen gem. 11,0 en 11,6 %). Het gemiddelde cijfer van de laatste kolom (koolstofgehalte van de gloeiverlies-humus) heeft een meer algemeene beteekenis.

b. ZUURGRAAD (pH) EN ADSORPTIEGROOTHEDEN (TABEL II)

In de eerste vier kolommen van tabel II zijn gegevens betreffende de kalkbemesting, resp. den kalktoestand opgegeven. Zoo is de kalktoestand van den oorspronkelijken grond van Nieuw-Beerta (perceel 11), n°. B 6901 (bouwvoor), op —5 opgegeven. Zooals reeds werd opgemerkt, is niet nagegaan, of deze kalktoestanden inderdaad bij de betreffende gronden bereikt zijn. De pH van dit monster is 5,8 (in waterige suspensie) en 4,8 (in KCl-suspensie). Dan volgt het adsorptiegetal (ag). Voor B 6901 is dit 90,1. Het is als volgt verkregen. Het humusgehalte van dit monster is 5,2 %, die in adsorptievermogen voor basen gelijk staan met 4,545 × 5,2 = 23,6 % klei (fractie I + II). Het monster B 6901 bevat dus totaal 66,5 + 23,6 = 90,1 % klei (+ humus op klei omgerekend). Voor B 6905 (Borgercompagnie) is het adsorptiegetal 10,8. Dit monster bevat 5,1 % klei-leem (fractie I + II), die in adsorptievermogen voor basen gelijk staan met 5,1 : 4,545 = 1,1 % humus. Het monster B 6905 bevat dus totaal 9,7 + 1,1 = 10,8 % humus

(+ klei op humus omgerekend). Op de omrekeningsfactor 4,545 kom ik nog in het volgende Hoofdstuk V terug.

De nu volgende 9 kolommen van tabel II hebben betrekking op de gehalten aan uitwisselbare basen CaO, MgO, K_2O en Na_2O, welke resp. in grammen en milligramequivalenten (mE) per 100 g drogen grond (105° C) zijn opgegeven. De som van het aantal mE CaO, MgO, K_2O en Na_2O is de S-waarde in mE per 100 g drogen grond. Onmiddellijk daarop volgt de waarde T-S, bepaald volgens de barietmethode en eveneens uitgedrukt in mE per 100 g grond. Voor B 6901 is S = 25,9 en T-S = 49; T dus = 74,9. Uit de gehalten aan basen is hun onderlinge verhouding berekend (op S = 100); voor B 6901 is dit 71,4 + 22,7 + 4,5 + 1,4 = 100.

Van al deze cijfers kunnen alleen van de adsorptiegetallen en de T-waarden van elk proefveld gemiddelden berekend worden; deze worden later meegedeeld en besproken.

c. ADSORPTIEGROOTHEDEN; RESULTATEN VAN HET PERCOLATIEONDERZOEK; VERZADIGINGSTOESTANDEN (TABEL III)

Na herhaling van de pH-waarden komen 7 kolommen met gehalten aan uitwisselbare basen en de waarden S, T-S en T, in mE, doch nu uitgedrukt op 100 g adsorbeerend materiaal (ag). Zij worden als volgt berekend. 100 g van B 6901 bevat 25,9 mE basen (S-waarde) en 90,1 g klei plus humus (adsorptiegetal ag); S op 100 g klei (plus humus) is derhalve 100 × 25,9 : 90,1 = 28,7. T-S wordt 100 × 49 : 90,1 = 54,4; dus T = 28,7 + 54,4 = 83,1 (of 100 × 74,9 : 90,1 = 83,1). Dit is het cijfer b(ag), d. w. z. dat 100 g klei (+ humus, met het verhoudingsgetal 4,545 op klei omgerekend) van B 6901 bij totale verzadiging (T) 83,1 mE basen adsorptief binden kan, overeenkomende met 2,33 g kalk (alle basen op CaO omgerekend). Voor B 6905 (Borgercompagnie) is het adsorptiegetal 10,8 en de T op 100 g grond 58,7 mE (zie tabel II); dus de T op 100 g humus 100 × 58,7 : 10,8 = 544. Dit is het cijfer d, d. w. z., dat 100 g humus (+ klei, met het verhoudingsgetal 4,545 op humus omgerekend) van B 6905 bij totale verzadiging (T) 544 mE basen adsorptief binden kan, overeenkomend met 15,2 g kalk (alle basen op CaO omgerekend).

Dan volgen 6 kolommen met resultaten van het percolatie-onderzoek. Per 100 g drogen grond neemt B 6901 bij het percoleeren 5,5 mE base (CaO) op en aangezien reeds 25,9 mE base aanwezig zijn (S-waarde), bevat 100 g grond nà percoleeren 5,5 + 25,9 = 31,4 mE base. Deze laatste waarde heb ik S (P) genoemd; het is de S-waarde in den toestand nà het percoleeren. Op adsorbeerend materiaal (ag) worden deze 3 getallen dus 100 × 5,5 : 90,1 = 6,1 mE, 100 × 25,9 : 90,1 = 28,7, dus S (P) = 6,1 + 28,7 = 34,8

mE op 100 g klei (+ humus). Deze laatste waarden S (P) moeten een algemeene beteekenis bezitten en voor gelijksoortige gronden, dus zeker voor de verschillende gronden van elk proefveld op zichzelf, vrijwel gelijk zijn. Voor de meeste proefvelden gaat dit vrij goed op; bij Nieuw-Beerta (perceel 11) zijn de S (P)-waarden 37,5—34,8—38,3; 34,8 valt er wat uit.

De laatste drie kolommen geven verzadigingstoestanden. Eerst komt mijn V-waarde, dat is 100 S:T; voor B 6901 wordt V = 100 × 28,7 : 83,1 = 34,5, afgerond tot 35. Door als eindpunt van de verzadiging den toestand nà percolatie te nemen, kan een nieuwe verzadigingstoestand worden ingevoerd, dien ik P genoemd heb en die gedefiniëerd is door de formule P = 100 S : S (P). Voor B 6901 wordt dit 100 × 25,9 : 31,4 = 82 of 100 × 28,7 : 34,8 = 82. Ten slotte heb ik nog uitgerekend de waarde 100 S (P) : T, d. i. voor B 6901 dus 100 × 31,4 : 74,9 of 100 × 34,8 : 83,1 = 42. Dit is dus de verzadigingstoestand volgens mijne opvattingen in den toestand nà het percoleeren. Evenals S (P) en T moet ook de grootheid 100 S (P) : T voor gelijksoortige gronden een algemeene beteekenis bezitten. Ik kom hier nader op terug.

Voor hen, die zich minder in het gebruik van mE thuis voelen, is het wel nuttig de verschillende waarden op grammen kalk (CaO) om te rekenen (1mE CaO = 28 milligram CaO). Zoo bevat B 6901, met een S op grond = 25,9 mE, dus 25,9 × 28 : 1000 = 0,725 g CaO per 100 g grond, wanneer alle basen op CaO worden omgerekend. Inderdaad is van dit bedrag slechts 0,517 g, dat is 71,4 %, als CaO aanwezig; de rest is MgO, K_2O en Na_2O (zie tabel II). In totaal kan nog 49 mE (T-S), dat is 1,372 g CaO per 100g grond worden opgenomen; totaal is dan 1,372 + 0,725 = 2,097 g CaO (T) per 100 g grond gebonden. Bij percolatie wordt nog 5,5 mE, dat is 0,154 g CaO per 100 g grond opgenomen; totaal is dan 0,725 + 0,154 = 0,879 g CaO (31,4 × 28 : 1000) gebonden. Door deze cijfers door het adsorptiegetal van B 6901 (ag = 90,1) te deelen en met 100 te vermenigvuldigen worden de CaO-gehalten per 100 g klei (fractie I + II) verkregen. De T-waarde wordt dan 2,097 : 0,901 = 2,327 g CaO per 100 g klei (of 83,1 × 28 : 1000); de percolatiewaarde, dat is S (P), wordt 0,879 : 0,901 = 0,974 g CaO per 100 g klei (of 34,8 × 28 : 1000).

Voor de humusgronden worden deze laatste cijfers op 100 g humus opgegeven. Zoo wordt door 100 g humus van B 6905 (Borgercompagnie) gebonden bij volkomen verzadiging 544 × 28 : 1000 = 15,232 g CaO en nà percolatie S (P) = 212 × 28 : 1000 = 5,936 g CaO.

d. Potentiometrische kalktitratie (tabel IV)

De 8 kolommen van tabel IV hebben betrekking op de potentiometrische kalktitratie. Om de pH van B 6900 (= 5,1), onder de omstandigheden van

de proef, dus bij behandeling met een kalkoplossing, tot pH = 6,5 op te voeren, was een kalkgift noodig van 4,5 mE per 100 g klei + humus (als klei). De grootte van deze kalkgift wordt in tabel IV niet genoemd, doch wel de som er van met de S-waarde (25,7 + 4,5 = 30,2 mE). Deze 30,2 mE is als een nieuwe S-waarde te beschouwen en wel een S-waarde, die B 6900 — althans onder de omstandigheden van de proef, dus in het reageerbuisje — bezit, als zijn pH tot 6,5 opgevoerd is. Tabel IV bevat de nieuwe S-waarden, die de onderzochte gronden bezitten, wanneer hun pH resp. 6,5, 7,0, 7,5of 8,0 is, altijd onder de omstandigheden van de proef. Uit deze nieuwe S-waarden kunnen nieuwe V-waarden berekend worden. Wanneer bijv. de pH van B 6900 door een kalkgift tot 6,5 opgevoerd is, heeft deze grond een V-waarde van 36 gekregen (100 × 30,2 : 84,8 = 36); bij een pH = 8,0 is V = 100 × 42,2 : 84,8 = 50; alles althans onder de omstandigheden van de proef (in het reageerbuisje). Al het cijfermateriaal, dat op de potentiometrische kalktitratie betrekking heeft, is onderling vergelijkbaar, zoodat van de onderzochte proefvelden gemiddelden berekend konden worden (zie tabel IV).

e. Bekalking en kalkopname (tabel V)

In tabel V zijn alleen de proefvelden opgenomen, waarvan de kalkgift bekend is (Nieuw-Beerta, B 6900, dat zwavel ontving, is weggelaten). In de eerste vier kolommen worden eenige gegevens van de vorige tabellen herhaald. In de vijfde kolom wordt het gewicht van de bemonsterde laag opgegeven, uitgedrukt in kg drogen grond per ha. Dit gewicht is berekend uit de dikte van de bemonsterde laag en uit het volumegewicht van den grond (gewicht van 1 dm^3 droge grond in zijn natuurlijke ligging in kg). Voor Nieuw-Beerta is het V. G. op 1,25 aangenomen; de dikte der laag is 20 cm; het gewicht per ha wordt 2 500 000 kg. Dan volgt de kalkbemesting in kilogrammen kalk (CaO) per ha. Door de bemesting stijgt het kalkgehalte van B 6901 van 0,517 g CaO per 100 g grond tot 0,641 g in B 6902 (zie tabel II, kolom 8). Voor vergelijking moet worden aangenomen, dat het kalkgehalte van de kleihumussubstantie van veldje B 6902 vóór de bekalking even hoog geweest is als dat van de kleihumussubstantie van veldje B 6901. Per 90,1 g kleihumus komt in den grond van B 6901 voor 0,517 g CaO; de grond van B 6902, met 89,5 g kleihumus, moet dus vóór de bekalking bevat hebben 89,5 × 0,517 : 90,1 = 0,514 g CaO. Er is dus een toename van 0,641—0,514 = 0,127 g CaO per 100 g grond (kolom 7). Opgemerkt moet worden, dat de S-waarde van B 6901 tot B 6902 iets minder stijgt. De S-waarde van B 6901 is 25,9; dat is omgerekend op B 6902 dus 89,5 × 25,9 : 90,1 = 25,7; de stijging is dus 29,9—25,7 = 4,2 mE, terwijl 0,127 g CaO = 4,5

mE CaO. Een gedeelte van de door den grond geadsorbeerde 4,5 mE CaO heeft de plaats van de andere basen (MgO, K_2O en Na_2O) ingenomen. Per ha is dus door den grond van veldje B 6902 opgenomen 0,127 × 25 000 = 3175 kg CaO (kolom 9 van tabel V). Van veld B 6903 is het gehalte aan $CaCO_3$ van 0 (veldje B 6901) gestegen tot 0,5 % $CaCO_3$, d. i. 0,28 % CaO; per ha grond is het gehalte aan kalk (CaO) in den vorm van $CaCO_3$ hier dus met 0,28 × 25 000 = 7000 kg toegenomen, wat voor veldje B 6903 een totaal toename van 7025 + 7000 = 14 025 kg kalk per ha geeft. Van de aan veldje B 6902 per ha gegeven kalkbemesting van 3104 kg CaO wordt als uitwisselbare kalk 3175 kg in den grond teruggevonden; dat is practisch de geheele hoeveelheid. De gegeven kalkbemesting wordt dus voor 100 % (kolom 12) door den grond als klei-humuskalk geadsorbeerd. Voor de volgende veldjes is dit percentage aanzienlijk lager, nl. 51 % en 21 %. Wel is de som van de in den grond teruggevonden hoeveelheden kalk (14025 en 32650) vrijwel gelijk aan de gegeven kalk (13760 en 29440); maar vooral op veldje B 6904 blijft de gegeven kalkbemesting grootendeels, voor rond 80 %, in den vorm van $CaCO_3$ in den grond achter (18).

Voor de in tabel V niet opgenomen proefvelden kunnen nu overeenkomstige berekeningen gemaakt worden, met uitzondering van kolom 12, omdat de gegeven kalkbemesting (kolom 6) niet bekend is. Alleen is daarvoor nog het gewicht van de bemonsterde laag per ha noodig. Deze gewichten kunnen als volgt worden aangenomen (in millioenen kg per ha): Achlum 2,5; Etten (Geld.) 2,5; Borgercompagnie, beide 2,3; Etten (bij Breda) 2,8; Elsloo 2,0; Warnsveld 2,6 (berekend voor de laag van 0—20 cm). Ook hier moet dan weer rekening gehouden worden met de verschillen in de adsorptiegetallen van de verschillende veldjes van hetzelfde proefveld. Zoo zijn bijv. de adsorptiegetallen van de veldjes B 6905 en B 6906 van Borgercompagnie resp. 10,8 en 13,0. Veldje B 6905 bevat 0,142 g CaO per 100 g grond; veldje B 6906 zou dus vóór de bekalking bevat hebben 13,0 × 0,142 : 10,8 = 0,171 g CaO. Nà de bekalking bevat het 0,212 g, dat is 0,041 g CaO meer per 100 g grond. Dat wordt per ha 0,041 × 23 000 = 943 kg CaO.

Van de tabellen VI, VII en VIII (achter den text) wordt in de volgende hoofdstukken een toelichting gegeven.

Samenvatting Hoofdstuk IV

In Hoofdstuk IV wordt een toelichting van de resultaten, verkregen bij het onderzoek, gegeven; deze resultaten zijn te vinden in de tabellen I tot en met V achter den text. Er zijn hierbij de volgende nieuwe letters ingevoerd. Het adsorptiegetal (ag) geeft aan, hoeveel g klei (fractie I + II) + humus (omgerekend op klei door vermenigvuldiging met het verhoudingsgetal

4,545), resp. hoeveel gram humus + klei (omgerekend op humus door deeling door het verhoudingsgetal 4,545) per 100 g grond (105° C) voorkomen. Het cijfer b (ag) geeft aan, hoeveel mE base, bij totale verzadiging (T), door 100 g klei (+ humus) gebonden wordt; b (ag) = 100 T (per 100 g grond) : ag (in klei uitgedrukt). Het cijfer d geeft aan, hoeveel mE, bij totale verzadiging (T), door 100 g. humus (+ klei) gebonden wordt; d = 100 T (per 100 g grond): ag (in humus uitgedrukt). S (P) is de hoeveelheid base (in mE), die 100 g grond in den toestand nà het percoleeren gebonden houdt; P = 100 S : S (P), dat is dus een nieuwe verzadigingstoestand door als eindpunt van de verzadiging den toestand nà percolatie te nemen. Verder is nog berekend de grootheid 100 S (P) : T, dat is dus de theoretische verzadigingstoestand in den toestand nà het percoleeren met een neutrale oplossing van calciumacetaat.

HOOFDSTUK V

Het basenbindend vermogen van de verschillende minerale fracties en van de humussubstantie (tabellen VI en VIII); eenige gemiddelde cijfers (tabel VII); gemiddelde T-cijfers van de kleifracties van drie groepen minerale gronden (tabel A, in den text, blz. 569)

Ongeveer 20 jaar geleden heerschte vrij algemeen nog de opvatting, dat de kleisubstantie, zoo al niet voor 100 %, dan toch voornamelijk de zetel van het adsorptievermogen voor basen in den grond was. Het omgekeerde is juist het geval; het basenbindend vermogen van de humus in onze bouwgronden is zelfs vrij wat grooter dan dat van het adsorbeerende minerale bodemcomplex. Ik heb getracht beide grootheden in cijfers uit te drukken en moge dit hier aan een voorbeeld toelichten. Ten overvloede zij hier aangestipt, dat alle beschouwingen en cijfers, voor zoover niet nadrukkelijk het tegendeel gezegd is, voor de normale Nederlandsche bouwgronden gelden.

De waarden b(ag) en d. In kleigronden met weinig of geen humus en die practisch goed met basen verzadigd waren ($CaCO_3$-houdend en pH ongeveer 7,5), vond ik aan uitwisselbare basen (alle op kalk omgerekend) ongeveer 1,1 g CaO (dus S ongeveer 1100 : 28 = 39 mE) op 100 g kleisubstantie (fractie I + II, dus minerale deeltjes kleiner dan 0,016 mm diameter). Met behulp van dit cijfer kon ik daarna voor practisch goed met basen verzadigde humuskleigronden (pH ongeveer 7,5) uitrekenen, hoeveel uitwisselbare CaO (alle basen op kalk omgerekend) per 100 g humus gebonden was. Zoo bevat de practisch goed met basen verzadigde humus-

kleigrond B 885 (19) 53,0 % klei; van de in dit grondmonster aanwezige 1,22 % uitwisselbare CaO is dus 0,53 × 1,1 = 0,58 % in de kleisubstantie gebonden, dus 1,22 — 0,58 = 0,64 % in de humus. En aangezien de grond 12,7 % humus bevat, bindt 100 g humus 5,0 g kalk. Het resultaat was, dat in practisch goed met basen verzadigde gronden (pH ongeveer 7,5) per 100 g klei (fractie I + II) 1,1 g CaO en per 100 g humus 5,0 g CaO gebonden zitten; dat is een verhouding van 5 : 1,1 = 4,545 (20). Zooals reeds gezegd, geldt dit cijfer alleen voor de normale Nederlandsche bouwgronden. Uiteraard is het ook voor deze gronden nog een voorloopig cijfer, dat nader aan verschillende andere Nederlandsche gronden gecontroleerd moet worden.

Met behulp van dit verhoudingsgetal kan nu het basen-adsorptievermogen van de kleihumussubstantie in één getal, het adsorptiegetal (ag), worden uitgedrukt; en wel voor kleigronden voor 100 g klei (+ humus, op klei omgerekend) en voor humusgronden voor 100 g humus (+ klei, op humus omgerekend). Voorloopig is deze omrekening alleen toegepast bij kleigronden met weinig humus, resp. bij humusgronden met weinig klei. En verder geldt het verhoudingsgetal 4,545 alleen voor ongeveer neutrale gronden. Aanvankelijk heb ik dit, een kleine 20 jaar geleden, over het hoofd gezien; ik heb toen aangenomen, dat deze verhouding voor alle verzadigingstoestanden, dus bij alle pH-waarden, dezelfde bleef, dus ook bij volkomen verzadiging (T), d. i. bij een pH van ongeveer 11 à 12. In die onderstelling heb ik toen de adsorptiegetallen per 100 g grond (ag) berekend en daarna uitgerekend hoeveel basen 100 g klei (+ humus, op klei omgerekend), resp. 100 g humus (+ klei, op humus omgerekend) bij algeheele verzadiging (T) binden kunnen; dit zijn de grootheden b (ag) en d. Voor een Dollardkleigrond (Finsterwolde, B 5275, Dollardpublicatie blz. 148, tabel VIII) met 2,6 % humus en 68,9 % klei wordt het adsorptiegetal (ag) 2,6 × 4,545 + 68,9 = 80,7; dat wil zeggen, dat 100 g grond 80,7 g klei (+ humus, op klei omgerekend) bevatten. Het T-cijfer is 68,9 mE op 100 g grond. Per 100 g klei (+ humus) worden dus bij totale verzadiging (T) gebonden 100 × 68,9 : 80,7 = 85,4 mE base, dat is de grootheid b (ag). Voor de Dollardkleigronden vond ik een gemiddeld cijfer b (ag) van 85 mE, dat is — in CaO uitgedrukt — 2,38 g CaO. Dit is dus het totaal basenbindend vermogen van de kleisubstantie (fractie I + II) in dit type gronden. Met dit getal 85 kan worden berekend, hoeveel milligrammen klei (fractie I + II) per 1 mE base bij totale verzadiging (T) gebonden worden; d. i. 100 000 : 85 = 1175 milligrammen. Dit is een grootheid, die het equivalentgewicht van de kleisubstantie genoemd kan worden. Op grond van voorloopige onderzoekingen (21) had ik indertijd een cijfer b (ag) = 80, d. i. een equivalentgewicht van 100 000 : 80 = 1250 opgegeven.

(30) B 90

Onder deze cijfers kwam een zeer abnormaal cijfer van 1755 voor grond B 1458 voor. In mijn Faraday-publicatie is het S-cijfer van B 1458 evenwel foutief op 12,2 mE opgegeven; hieruit volgde een T-waarde = 47,3 en een V-waarde = 25,8. Aangezien de grond zwak alcalisch reageerde (pH = 7,5), was de V-waarde onwaarschijnlijk laag. Verder was het kleigehalte = 83 % (humus ontbrak), zoodat per 100 g klei bij totale verzadiging (T) 100 × 47,3 : 83 = slechts 57 mE basen gebonden zou worden, wat een equivalentgewicht van de kleisubstantie = 100 000 : 57 = 1755 zou beteekenen. Later bleek het S-cijfer 29,3 mE te moeten zijn (22), wat een T = 64,4 en een V = 45,5 geeft. Per 100 g klei worden 100 × 64,4 : 83 = 77,6 mE basen totaal gebonden, dat is de grootheid b (ag), wat een equivalentgewicht van 100 000 : 77,6 = 1290 geeft. De getallen 77,6 en 1290 zijn van vrijwel dezelfde orde als de overige.

In vroegere publicaties (23) heb ik het totaal basenbindend vermogen van de humussubstantie opgegeven op gemiddeld 588 mE per 100 g humus (cijfer d); dat is — alle basen op CaO omgerekend — 16,5 g CaO. Het equivalentgewicht van de humussubstantie kwam dus op 100 000 : 588 = 170. Uit eenige humustitraties had ik een voorloopig equivalentgewicht van 180 gevonden (24). Bij de berekening van het gemiddelde cijfer 588 is een fout gemaakt door geen rekening te houden met het basenbindende vermogen van de kleisubstantie. Zoo heeft B 1718 (25) met gehalten aan klei = 33,1 % en humus = 48,2 % een T = 272,4; hieruit was een totaal basenbindend vermogen voor 100 g humus berekend van 100 × 272,4 : 48,2 = 565 (cijfer d) en een equivalentgewicht voor de humus van 100 000 : 565 = 177. De berekening wordt nu als volgt: 33,1 % klei bindt evenveel base als 33,1 : 4,545 = 7,3 % humus; het adsorptiegetal (ag) is dus 48,2 + 7,3 = 55,5 % humus (+ klei, op humus omgerekend). Het totaal basenbindend vermogen per 100 g humus (d) is dus 100 × 272,4 : 55,5 = rond 500; wat een equivalentgewicht van de humus van 200 geeft. Na omrekening van de oude cijfers worden de gemiddelden 519 en 192. Het totaal basenbindend vermogen van 100 g humus komt dus op gem. 519 mE (cijfer d) = 14,5 g CaO.

Het totaal basenbindend vermogen (T) per 100 g grond is opgenomen in tabel II (voor B 6900 = 76,1; voor B 6905 = 58,7 mE). De cijfers van deze kolom liggen ver uit elkander (voor de minerale gronden tusschen 22,4 en 76,2; voor de humusgronden tusschen 21,5 en 85,2); maar voor de parallelveldjes van elk proefveld is er een vrij groote overeenstemming. In tabel III is de T-waarde opgenomen in mE per 100 g adsorbeerend materiaal (100 g. klei, resp. 100 g humus); dat zijn dus de cijfers b (ag) en d. De gemiddelde T-waarden voor de verschillende proefvelden zijn b(ag)= 83,2—88,3—77,3—84,8—82,8—82,4 voor de minerale gronden en d =

555—558—456—518—527—544 voor de humusgronden. Bij de minerale gronden loopt Achlum met 77,3 er wat uit; bij de humusgronden Etten (Breda) met 456. De gemiddelde T-waarden zijn: voor de minerale gronden b (ag) = 83,1 mE voor 100 g klei en voor de humusgronden d = 526 mE voor 100 g humus; dat is resp. 2,3 g CaO en 14,7 g CaO. Deze cijfers kloppen vrij goed met de vroegere gemiddelden; dat is 85 mE voor de Dollardgronden en 519 mE voor de humusgronden.

Zooals reeds opgemerkt, zijn deze cijfers als voorloopige gemiddelden voor normale, Nederlandsche bouwgronden te beschouwen. Bij een onderzoek van minerale gronden uit Sudan (I), Australië (IV) en Rusland (VI) werden geheel andere cijfers gevonden; grond n°. V (Australië) komt meer met de Nederlandsche gronden overeen (26). De gegevens van deze gronden zijn in tabel VIII (achter den text) opgenomen. De adsorptiegetallen (ag) zijn 76,3 (I), 32,6 (IV), 46,4 (VI) en 61,9 (V); de T-waarden in mE op 100 g grond resp.: 106,5 — 43,7 — 20,1 — 55,7; dus op 100 g klei (+ humus, op klei omgerekend) cijfer b (ag) = resp.: 139 — 134 — 43 — 90. De kleisubstantie (d. i. fractie I + II) van de grondmonsters I (Sudan) en IV (Australië) bindt dus per 100 g gem. 136,5 mE base = b (ag), dat is 3,8 g CaO; van grondmonster VI (Rusland) b (ag) = 43 mE, dat is 1,2 g CaO; van grondmonster V (Australië), dat meer met de Nederlandsche gronden overeenkomt, b (ag) = 90 mE, dat is 2,5 g CaO. Ik kom nog nader op dit onderzoek terug.

De verhouding van het basenbindend vermogen van de kleisubstantie en de humus. Aannemende, dat bij totale verzadiging (T) 100 g kleisubstantie (fractie I + II) 85 mE base = b (ag) en 100 g humus (id. bij T) 519 mE base = d bindt, wordt het verhoudingsgetal d : b (ag) = 519 : 85 = 6,1; voor de gemiddelde cijfers van de gronden van dit onderzoek (zie hierboven) is de verhouding 526 : 83,1 = 6,3. Van practische verzadiging (pH ongeveer 7,5) tot totale verzadiging (pH ongeveer 11) neemt de verhouding tusschen het basenbindend vermogen van de humus en de kleisubstantie dus toe van ongeveer 4,5 tot boven de 6; de curven pH = functie (S) loopen dus voor de humus en de kleisubstantie uiteen. Dit blijkt ook uit de resultaten van de potentiometrische kalktitraties (tabel IV). De S-waarden in mE per 100 g. absorbeerend materiaal (= ag) loopen voor de verschillende proefvelden voor eenzelfde pH soms vrij veel uiteen. Voor de minerale gronden zijn de gemiddelden voor pH = 6,5 bijv. 30,2 (Nieuw-Beerta) — 27,8 (Etten) — 26,9 (Duur). Voorloopig heb ik hier gemiddelden opgemaakt; dus voor de minerale gronden (30,2 + 27,8 + 26,9) : 3 = 28,3 mE (= 0,79 g CaO) bij pH = 6,5; 33,6 mE (= 0,94 g CaO) bij pH = 7,0;

38,8 mE (= 1,09 g CaO) bij pH = 7,5 en 43,4 mE (= 1,22 g CaO) bij pH = 8,0 en voor de humusgronden resp.: 125 mE (= 3,5 g CaO), 173 mE (= 4,85 g CaO), 215 mE (= 6,02 g CaO) en 228 mE (= 6,38 g CaO). De verhouding is dus bij een pH van 6,5 = 4,4 (125 : 28,3); bij een pH van 7,0 = 5,16 (173 : 33,6); bij een pH van 7,5 = 5,52 (215 : 38,8) en bij een pH van 8,0 = 5,23 (228 : 43,4). Ook hier stijgen de verhoudingsgetallen; bij pH = 8,0 beschik ik slechts over één cijfer bij humusgronden, nl. 228 bij Etten, welke grond over de geheele linie lage cijfers geeft.

Men zou nu nog kunnen opmerken, dat het verhoudingsgetal bij pH = 7,5 bij de kalktitraties, dat is 5,5, hooger is dan dat bij de gronden in hun natuurlijken toestand (4,545). Men moet dan evenwel niet uit het oog verliezen, dat bij het meten van de pH's andere omstandigheden heerschen bij de kalktitraties dan bij de natuurlijke gronden; ik kom hier nog op terug.

Het basenbindend vermogen van de humus ten opzichte van dat van de kleisubstantie neemt dus bij stijgende pH toe. Maar dan gelden de door mij opgemaakte adsorptiegetallen (tabel II, kolom zeven, ag = 89,7, enz.) alleen voor de gronden met nagenoeg neutrale reacties. Bij den toestand van totale verzadiging (T), wanneer de verhouding van ongeveer 4,5 tot boven de 6 gestegen is, zijn de adsorptiegetallen (ag) voor de klei (+ humus, op klei omgerekend) te laag en die voor de humus (+ klei, op humus omgerekend) te hoog. En deze verschillen worden des te grooter, naarmate de gehalten aan humus in de kleigronden, resp. de gehalten aan klei (leem) in de humusgronden grooter worden. Een tweetal voorbeelden moge dit toelichten. Grondmonster B 6900 (Nieuw-Beerta) bezit 5,1 % humus en 66,5 % klei, dat is dus met het verhoudingsgetal 4,545 een adsorptiegetal ag = 5,1 × 4,545 + 66,5 = 89,7; bij een verhoudingsgetal = 6,5 (dat is 519 : 80) wordt dit voor den T-toestand 5,1 × 6,5 + 66,5 = 99,7. De T op 100 g adsorbeerend materiaal zou dus niet b(ag) = 84,8 (= 100 × 76,1 : 89,7), maar 76,3 (= 100 × 76,1 : 99,7) zijn en het equivalentgewicht van de kleisubstantie niet 1180 (= 100 000 : 84,8), maar 1310 (= 100 000 : 76,3).

Voor B 6905 (Borgercompagnie) met 9,7 % humus en 5,1 % klei wordt het adsorptiegetal inplaats van 10,8 (ag = 9,7 + 5,1 : 4,545) verlaagd tot 10,5 (= 9,7 + 5,1 : 6,5). De T-waarde op adsorptiegetal wordt dan verhoogd van d = 544 (= 100 × 58,7 : 10,8) tot 559 (= 100 × 58,7 : 10,5) en het equivalentgewicht van de humus verlaagd van 184 (= 100 000 : 544) tot 179 (= 100 000 : 559).

De waarden b en c. Ook op deze wijze van berekenen kunnen nog aanmerkingen gemaakt worden, wat uit het volgende moge blijken. Stel dat 100 g klei (fractie I + II) van grondmonsters B 6900 (met 66,5 % klei

en 5,1 % humus) bij totale verzadiging (T = 76,1 mE base op 100 g grond) p mE base bindt en 100 g humus q mE base, dan is (66,5 × p + 5,1 × q) : 100 = 76,1. In deze vergelijking komen twee onbekenden, p en q, voor. Voor q kan bij eerste benadering 519 worden aangenomen (cijfer d); p wordt dan rond 75, dat wil dus zeggen, dat 100 g klei (fractie I + II) van B 6900 bij totale verzadiging (T) 75 mE base bindt. Het op deze wijze berekende cijfer heb ik het cijfer b genoemd. Maar dit geeft dan weer een ander verhoudingsgetal, nl. d : b = 519 : 75 = bijna 7. Verder wordt het equivalentgewicht van de kleisubstantie 100 000 : 75 = 1330. Bij de voor de tabellen II en III (achter den text) toegepaste berekening wordt voor monster B 6900 gevonden als adsorptiegetal ag = 5,1 × 4,545 + 66,5 = 89,7; 100 g klei (I + II) binden dus b (ag) = 100 × 76,1 : 89,7 = 84,8 mE base, wat een equivalentgewicht van 1180 geeft.

Ik heb nu deze andere wijze van berekenen op de minerale gronden (groep A: Nieuw-Beerta, enz.) toegepast (zie tabel VI achter den text). Onder aanname, dat 100 g humus bij totale verzadiging (T) 519 mE base (= d) bindt, bevat dus de 5,1 g humus, die in 100 g grond B 6900 voorkomt, 5,1 × 519 : 100 = 26,4 mE base. Voor de 66,5 g klei (fractie I + II) blijven dan 76,1 — 26,4 = 49,7 mE base over. Verder is uit een vroeger onderzoek (27) bekend, dat fractie II, dus de minerale deeltjes van 0,016—0,002 mm diameter, per 100 g totaal 14 mE base (T) binden; dat is voor B 6900 met 24,0 % fractie II 24 × 14 : 100 = 3,4 mE. In fractie I is dus aanwezig 49,7 — 3,4 = 46,3 mE base. De 76,1 mE base, die 100 g grond van B 6900 bij totale verzadiging (T) binden, zijn dus als volgt verdeeld: humus 26,4 mE, fractie II 3,4 mE en fractie I 46,3 mE. Per 100 g fractie I + II is dus gebonden 100 × 49,7 : 66,5 = rond 75 mE base en per 100 g fractie I 100 × 46,3 : 42,5 = rond 109 mE base. Ik heb de op deze wijze berekende cijfers de b-cijfers en de c-cijfers genoemd. Voor het proefveld Nieuw-Beerta (perceel 11) zijn de b-cijfers: 75— 72— 74— 73— 68, gem. 72 mE; de c-cijfers: 109— 105— 110— 106— 98, gem. 106 mE (zie tabel VI).

De invloed van de zandfractie. Ook deze berekening is nog niet geheel in orde; aangenomen is nl., dat het basenbindend vermogen van de zandfractie (minerale deeltjes grooter dan 0,016 mm diameter) zóó gering is, dat het practisch op nul gesteld kan worden. Uit onze onderzoekingen (zie noot 27) is gebleken, dat deze fractie toch altijd kleine hoeveelheden en soms zelfs vrij groote hoeveelheden basen bindt. Voor den zeekleigrond B 5688 werd gevonden (zie t. a. p., blz. 50/51, tabel IV), dat 32 gram zandfractie bij totale verzadiging (T) binden 2,0 mE basen, dat is op 100 g fractie rond 6 mE. Voor den leemgrond is dit 3 mE en voor de keileem 0,4 mE. De rivier-

kleigrond heeft slechts 6,9 % zandfractie, doch deze binden 3,1 mE basen, dat is per 100 g fractie niet minder dan 45 mE. De oorzaak hiervan (zie t. a. p blz. 34/35) meenden wij te moeten zoeken in de aanwezigheid van roodbruine korstjes, hoofdzakelijk bestaande uit ijzeroxyd en vermoedelijk wat aluminiumoxyd en kiezelzuur op de kwartskorrels. Het aandeel in de totale T-waarde per 100 g grond blijft evenwel gering, vooral in gronden met geringe gehalten aan de zandfractie (zie t. a. p. blz. 27, tabel B; op 100 mE basen is gebonden in fractie I 91,1 %, in fractie II 6,2 % en in de zandfractie 2,7 %.) De fout, die door het adsorptievermogen van de zandfractie gemaakt wordt, is — bij normale gronden (zandfractie zonder korstjes) — des te grooter, naarmate het zandgehalte toeneemt. Ik heb dezen invloed reeds vroeger bemerkt in de grootere waarde van S (in mE op 100 g klei + humus = ag). Terwijl deze bij de practisch goed verzadigde kleigronden (pH ± 7,5) gewoonlijk onder de 40 blijft, kan ze bij zandgronden er boven komen. Een voorbeeld hiervan geeft de grond uit Kloetinge, die bij de hoogste kalkbemesting (B 7466—68) een S (op ag = 100) van 45 mE bezit. Deze grond heeft een gehalte aan humus = 1,8 en aan klei (I + II) = 18,9; dat is ag = 27,1. Het gehalte aan zand is 79,3 %. Ik neem nu aan, dat de zwaardere kleigronden tot ongeveer 30 % zand bevatten, dan is dus bij den grond van Kloetinge het basenbindend vermogen van rond 50 % zand (= 79,3 — 30) buiten beschouwing gelaten. Ik neem aan, dat deze 50 % zand bij totale verzadiging T (dus V = 100) per 100 g 6 mE basen binden; dat is per 50 g 3 mE. Bij een V = 50 (dus bij zwak alcalische reactie) wordt dit ongeveer 1,5 mE. Het S-cijfer van monster B 7466—68 (op 100 g grond, zie tabel II) is 12,2 mE, waarvan 1,5 mE in een gedeelte (50 %) van de zandfractie zitten; dat is 10,7 mE in de humus en in de kleisubstantie (I + II) plus de rest van de zandfractie. Het cijfer ag is 27,1; per 100 g klei komt dus thans 100 × 10,7 : 27,1 = rond 39, tegen 100 × 12,2 : 27,1 = 45, zooals in tabel III is opgegeven. De invloed van de zandfractie zou dus het hooge S-cijfer van 45 voldoende kunnen verklaren. Het verdient evenwel aanbeveling, dit punt — vooral in verband met de scheikundige en mineralogische samenstelling van de kleisubstantie van den grond van Kloetinge — nader te onderzoeken. Op te merken valt dan nog, dat het T-cijfer van B 7466—68 (op ag = 100) 85,6 is (zie tabel III; gemiddelde van Kloetinge = 84,8, zie tabel VII), terwijl ook de b- en c-cijfers niet buiten de orde vallen (tabel VII). De zandfractie zou dan bij de hoogere pH-waarden minder moeten adsorbeeren. Terwijl het adsorptievermogen van de zandfractie tot zwak alcalische reactie (pH = 7,5) zich uit in de hoogere S-waarde (op 100 ag), dat is van B 7466—68 (Kloetinge) 45, blijkt uit de (T-S)-cijfers het gedrag van de zandfractie bij de hoogere pH-waarden. Voor B 7466—68 is T-S =

40,6, terwijl bijv. Etten bij pH = 7,5 een T-S geeft van ongeveer 44, dat is zelfs hooger dan Kloetinge. Waarom Kloetinge hier lager ligt (40,6 tegen 44) is mij niet duidelijk. In allen geval heeft dit ten gevolge, dat de T-waarde van Kloetinge (gem. 84,8) vrijwel gelijk is aan die van de andere minerale gronden; en dit veroorzaakt dan weer de hooge V-waarden voor Kloetinge en ook de hooge waarden 100 S (P) : T.

Tabel VII (gemiddelden). Van de tot nu toe besproken grootheden kunnen voor de verschillende proefvelden gemiddelden worden opgemaakt. Zoo zijn de humusgehalten van de 5 parallelveldjes van proefveld Nieuw-Beerta (perceel 11) 5,1 — 5,2 — 5,2 — 5,1 — 5,0, gem. dus 5,1 % humus. Deze gemiddelden zijn in tabel VII (achter den text) opgenomen. Voor de *minerale* gronden geven zij aanleiding tot de volgende opmerkingen:

1°. procenten klei op klei + zand = 100. De benamingen, die op grond van deze cijfers volgens de door mij ingevoerde classificatie en nomenclatuur (28) aan de 6 minerale grondsoorten moeten worden toegekend, dus: zeer zware kleigrond, enz., komen met de in de praktijk gegeven benamingen overeen;

2°. de gehalten van de kleisubstantie (fractie I + II) aan fractie I (a-cijfers: 63,9, enz.) loopen niet veel uiteen; het gemiddelde voor de 6 proefvelden is 65 (zie tabel A, blz. 569);

3°. de adsorptiegetallen (ag, berekend met de factor 4,545) loopen natuurlijk voor de 6 proefvelden sterk uiteen (van 89,3—26,9); ze zijn eenigermate met de gehalten aan klei op klei + zand = 100 (70, enz.) parallel. Hetzelfde kan gezegd worden van de T-waarden in mE op 100 g grond (74,3, enz.). De T-waarden in mE op 100 g adsorptiegetal, dus de waarden b(ag) = 83,2, enz., loopen daarentegen weinig uiteen; alleen Achlum met T = 77,3 valt er wat uit. Het gemiddelde van deze T-waarden is 82 (zie tabel A);

4°. ook de b- en c-cijfers loopen niet veel uiteen; hun gemiddelde is 73, reps. 105 (zie tabel A). Zooals reeds is opgemerkt, loopen de T-waarden 82 = b (ag), berekend uit de adsorptiegetallen (ag) en 73 (cijfer b), beide berekend met het getal 519 voor humus, vrij wat uiteen.

Voor de gemiddelden van de *humusgronden* kan worden opgemerkt, dat de adsorptiegetallen (ag = 12,2, enz.), evenals de T-waarden in mE op 100 g grond (67,6 enz.) sterk uiteenloopen. De T-waarden in mE op 100 g adsorptiegetal (d = 555, enz.) loopen daarentegen weinig uiteen, met uitzondering van Etten (456); het gemiddelde cijfer is d = 526 mE, dat wil

dus zeggen, dat 100 g humus bij volkomen verzadiging (T) 526 mE base = 14,7 g CaO adsorptief bindt.

Onderzoek van Nederlandsche en buitenlandsche gronden (tabel VIII, achter den text).

Het is nu wel van belang, hier in het kort de resultaten van een onderzoek van een 6-tal Nederlandsche en een 4-tal buitenlandsche gronden te vermelden. Ik doe dit des te meer, omdat de tijdschriften, waarin deze resultaten opgenomen zijn, door de meeste lezers van de Proefstation-Verslagen wel niet gelezen zullen worden. Het betreft 4 Nederlandsche gronden A, B, C en D (zie noot 27) en 2 Nederlandsche gronden II en III en 4 buitenlandsche gronden V, I, II en VI; deze laatste 6 monsters zijn de standaardmonsters van een internationaal onderzoek (zie noot 26). Het zijn alle 10 minerale gronden met weinig tot zeer weinig humus. Hier volgen de gegevens:

A. Zware zeekleigrond (B 5688);
B. Zware rivierkleigrond (B 6378);
C. Zware, zgn. leemgrond (B 6416);
D. Lichte keileem (B 2550);
II. Jonge, zware kleigrond (Dollard, Gron.);
III. Oude, zware kleigrond (Dollard, Gron.);
V. Zeer zware kleigrond (Australië);
I. Zware kleigrond (Sudan);
IV. Tamelijk zandige kleigrond (Australië);
VI. Tamelijk zware „zwarte-aarde" (tschernosem, Rusland).

De gegevens in tabel VIII komen nagenoeg overeen met die in tabel VII; alleen zijn in tabel VIII nog afzonderlijk de gehalten aan mE bij volkomen verzadiging (T) in de humus, in fractie II en in fractie I per 100 g grond opgenomen. Zoo is de T-waarde in mE op 100 g grond A = 67,0, waarvan aanwezig is in de humus 19,2 mE, in fractie I + II 47,8 mE, in fractie II 3,3 mE en in fractie I 44,5 mE (19,2 + 3,3 + 44,5 = 67,0). Per 100 g humus is dus gebonden 100 × 19,2 : 3,7 = 519 mE base, per 100 g fractie II 100 × 3,3 : 23,4 = 14 mE, per 100 g fractie I + II 100 × 47,8 : 65,4 = 73 mE (cijfer b) en per 100 g fractie I 100 × 44,5 : 42,0 = 106 mE (cijfer c). Zooals bekend, is van de waarden 519 en 14 uitgegaan, zoodat de waarden 73 en 106 berekend konden worden.

De tien gronden van tabel VIII vallen in drie groepen uiteen, te weten groep A, B, C, D, II, III en V, d. z. 6 Nederlandsche gronden en één grond uit Australië; groep I en IV (Sudan en Australië) en groep VI (Rusland). Dit blijkt in de eerste plaats uit de a-cijfers (gehalte van de kleisubstantie aan fractie I), die in de eerste groep varieeren van 64—79, gem. 72 (zie

tabel A, groep 1*b*), in de tweede groep (groep 2) van 88—85, gem. 86, terwijl de derde groep (groep 3) slechts één monster telt met a = 33. In elk van deze drie groepen is er nu een zeker parallellisme tusschen de zwaarte van de gronden, uitgedrukt in de gehalten aan fractie I + II, de adsorptiegetallen (berekend met de factor 4,545) en de T-waarden in mE op 100 g grond. Zoo heeft de lichtste grond D uit de eerste groep 23,4 % klei en T = 20,6 tegen de zwaarste grond van deze groep, dat is grond B, 90,9 % klei en T = 93,9. Daarentegen heeft grond IV van de tweede groep met 20,3 % fractie I + II een T = 43,7 en grond VI van de derde groep met 40,5 % fractie I + II een T = 20,1. De T-waarden op 100 g adsorptiegetal, dus de cijfers b (ag); de T-waarden op 100 g fractie I + II (de cijfers b) en de T-waarden op 100 g fractie I (de cijfers c) vertoonen in elke groep weliswaar niet onaanzienlijke, onderlinge afwijkingen, maar de verschillen tusschen de drie groepen zijn toch zóó groot, dat het — althans bij eerste benadering — geoorloofd is, gemiddelden voor de drie waarden b (ag), b en c voor elke groep afzonderlijk op te maken. Dit is in tabel A (in den text, blz. 569) gebeurd (groep 1*b*, 2 en 3). In deze tabel zijn tevens de gemiddelden van de monsters van de 6 proefvelden (A. minerale gronden: Nieuw-Beerta, enz.) opgenomen (groep 1*a*). De cijfers van de groepen 1*a* en 1*b* (de zes minerale gronden van dit onderzoek; verder 6 Nederlandsche gronden A—D, II, III en één grond V, Australië) verschillen onderling weinig, wanneer ze met die van de groepen 2 en 3 vergeleken worden; kolom 1*a*, *b* van tabel A geeft het gemiddelde van de groepen 1*a* en 1*b* (berekening als volgt: (65 × 6 + 72 × 7) : (6 + 7) = 69, enz.).

Tabel A. Deze tabel geeft zeer belangrijke resultaten. De T-waarden van de drie groepen, zoowel op 100 g adsorptiegetal (b (ag) = 83 — 137 — 43), als op 100 g fractie I + II (b = 77 — 144 — 33) loopen zeer sterk uiteen. Nu speelt bij het adsorptievermogen van de minerale gronddeeltjes het specifieke oppervlak van deze deeltjes zonder twijfel een voorname rol; hoe kleiner deze deeltjes zijn, des te grooter wordt het adsorptievermogen. Zoo vonden wij, dat de deeltjes kleiner dan 0,002 mm diameter (fractie I) van de gronden A, B, C en D, reeds gem. 91 % van de totale hoeveelheid base adsorbeerden (zie literatuur noot 27, blz. 27). Het feit, dat de kleisubstantie van de gronden van groep 1min der van fractie I bevat dan die van groep 2 (69 % tegen 86 %), is ongetwijfeld mede oorzaak, dat de b (ag)-cijfers en de b-cijfers van groep 1 kleiner zijn dan die van groep 2. Maar het verschil tusschen 69 % en 86 % (a-cijfers) is te klein, om de groote verschillen in de b (ag)-cijfers (83 tegen 137) en in de b-cijfers (77 tegen 144) te kunnen verklaren. Deze verschillen worden hoofdzakelijk veroorzaakt

TABEL A

Gemiddelde T-waarden van de kleifracties van drie groepen minerale gronden

Minerale gronden		Groep				
		1a	*1b*	*1ab*	*2*	*3*
Percentage fractie I van de kleisubstantie (fractie I + II)	*a*	65	72	69	86	33
T in mE per 100 g klei (+ humus, op klei omgerekend met de factor 4,545) . . .	*b (ag)*	82	85	83	137	43
T in mE in fractie I + II per 100 g fractie I + II	*b*	73	80	77	144	33
T in mE in fractie I per 100 g fractie I . . .	*c*	105	106	106	164	72

Groep 1a. Gemiddelde cijfers van de zes proefvelden van dit onderzoek (Nieuw-Beerta tot Duur), berekend uit de gemiddelden van tabel VII.

Groep 1b. Gemiddelde cijfers van de gronden A, B, C en D en II en III (Nederland) en V (Australië), berekend uit tabel VIII.

Groep 2. Gemiddelde cijfers van de gronden I (Sudan) en IV (Australië) uit tabel VIII.

Groep 4. Grond VI (Rusland) uit tabel VIII.

Volgens bovenstaande gemiddelden ligt het totaal basenbindend vermogen (T) in mE van de kleisubstantie (fractie I + II) van de groepen 1*a* en 1*b* (Nederlandsche gronden en het daarmede overeenkomende monster V uit Australië) tusschen 85 en 73, gemiddeld 79; het bijbehoorende equivalentgewicht van de kleisubstantie (fractie I + II) tusschen 100 000 : 85 = 1175 en 100 000 : 73 = 1370; gem. 100 000 : 79 = 1260.

Voor de zes humusgronden van groep 1*a* (Borgercompagnie tot Warnsveld) is het gemiddelde totaal basenbindend vermogen (T) in mE op 100 g. humus (+ klei, op humus omgerekend met de factor 4,545), berekend uit de gemiddelden van tabel VII (zie achter den text), dus het cijfer *d* = (555 + 558 + 456 + 518 + 527 + 544) : 6 = 526, tegen 519 volgens vroegere berekeningen; het equivalentgewicht van den humus zou dan op goed 190 komen (100 000 : 526).

door de groote verschillen in de c-cijfers (106 tegen 164). De kleisubstantie (fractie I + II) van de gronden van groep 2 is dus niet alleen rijker aan fractie I dan die van groep 1, maar fractie I van groep 2 bindt ook per 100 g meer base dan fractie I van groep 1 (164 mE tegen 106 mE). Met den grond van groep 3 is juist het omgekeerde het geval; de kleisubstantie van dezen grond bevat minder van fractie I (33 %) en het totaal basenbindend vermogen per 100 g van deze fractie is bovendien geringer (c = 72); hier zijn de waarden b (ag) en b, resp. 43 en 33, aanzienlijk lager dan die van de groepen 1 en 2.

Men kan nu nog de vraag stellen, waardoor deze verschillen in basenbindend vermogen van fractie I van de drie groepen (106— 164— 72) veroorzaakt worden. In dit verband ware een onderzoek van het specifiek oppervlak van fractie I van deze drie groepen wenschelijk, want het is wel aan te

nemen, dat hierin verschil zal bestaan. Daarnaast ware na te gaan, in hoeverre verschillen in de chemische en mineralogische samenstelling van de deeltjes van fractie I hun invloed op het basenbindend vermogen doen gelden.

Er valt nog iets anders bij de cijfers van tabel A te constateeren. Zooals reeds werd opgemerkt, is de verhouding: basenbindend vermogen humus : klei (fractie I + II) bij de Nederlandsche gronden bij algeheele verzadiging grooter dan 4,545; aannemende een T voor 100 g humus = 519 mE (= d), wordt deze verhouding bij groep 1 = 6,74 (519 : 77), bij groep 2 = 3,6 (519 : 144) en bij groep 3 = 15,7 (519 : 33). Bij de groepen 1 en 3 is de verhouding bij algeheele verzadiging dus grooter dan 4,545; de waarden b (ag) voor deze beide groepen (83 en 43) zijn derhalve grooter dan de waarden b (77 en 33) en vooral voor groep 3 met een verhouding 15,7 tegen 4,5 is het verschil relatief groot. Bij groep 2 is de verhouding bij algeheele verzadiging 3,6, dus iets kleiner dan 4,5; de waarde b (ag) voor deze groep (137) is derhalve kleiner dan de waarde b (144); doordat de verhoudingsgetallen (3,6 en 4,5) slechts weinig verschillen, is het verschil tusschen de beide b-cijfers (144 en 137) niet groot.

Ten slotte nog de volgende opmerking. Voor de onderzochte Nederlandsche gronden (groep 1) is de verhouding: basenbindend vermogen humus tot klei (I + II) bij neutrale reactie ongeveer 4,5. Wat deze verhouding bij ongeveer neutrale reactie is voor de gronden van groep 2 en 3 en hoe het verloop van deze verhouding is bij verandering van de pH is niet bekend.

Samenvatting Hoofdstuk V

Hoofdstuk V behandelt het basenbindend vermogen van de verschillende minerale fracties en van de humussubstantie. Berekend zijn de adsorptiegetallen (ag), de T-waarden op klei en humus (de cijfers b, c en d) en de daaruit berekende equivalentgewichten. Hierin zijn de resultaten van eenige andere onderzoekingen opgenomen (zie voor de literatuur noot 17 en 26). In het bijzonder wordt naar het overzicht in tabel A (blz. 569) verwezen.

Men kan nu tegen al deze berekeningen talrijke bezwaren inbrengen; men kan zich op het standpunt stellen, dat de tijd voor dit alles nog niet rijp is en dat nog eerst veel onderzoek vooraf dient te gaan. De vraag is, of al deze bezwaren opwegen tegen de noodzaak, reeds voor het heden althans eenige orde in het hier behandelde, zoo uiterst ingewikkelde bodemvraagstuk te brengen. Ik sta op het standpunt, dat men goed zal doen, het gebodene min of meer dankbaar te aanvaarden. Wanneer later de volmaakte kennis op dit gebied gekomen zal zijn, dan kan onze gebrekkige hedendaagsche kennis te niet gedaan worden. Voorloopig moge ik deze laatste met die van

een 25 jaar geleden vergelijken. En dan is komen vast te staan, dat het basenbindend vermogen van den grond niet alleen zetelt in de kleisubstantie doch ook in de humus. Bij de pogingen om dit basenbindend vermogen in cijfers uit te drukken, is mij verder gebleken, dat de humus hierbij zelfs een aanzienlijk grootere rol speelt dan de kleisubstantie. Bij dit onderzoek is voor den dag gekomen, dat zoowel in het basenbindend vermogen van de humus als in dat van de kleisubstantie tusschen de verschillende Nederlandsche gronden vrij groote verschillen optreden, doch dat deze verschillen niet zoo groot zijn, dat het niet geoorloofd zou zijn, om — althans bij eerste benadering — gemiddelde cijfers op te maken. Als eerste resultaat werd vastgesteld, dat bij ongeveer neutrale reactie 100 g humus ongeveer 4,5 maal meer basen bindt dan 100 g kleisubstantie, waarbij onder kleisubstantie verstaan wordt de minerale deeltjes kleiner dan 0,016 mm diameter, bepaald volgens de internationale slibmethode A, dus fractie I + II van het mechanisch grondonderzoek. Uit verschillende onderzoekingen bleek een toename van dit verhoudingsgetal met toename van de pH; de curven pH als functie van het basengehalte (S) voor humus en klei loopen uiteen. Bij totale verzadiging (T), welke bij pH-waarden van ongeveer 11 à 12 optreedt, bindt 100 g humus gemiddeld ongeveer 519 mE basen (gelijkstaand met 14,5 g CaO) en 100 g kleisubstantie (fr. I + II) ongeveer 77 mE basen (gelijkstaand met 2,16 g CaO); hier is de verhouding van 4,5 gestegen tot ongeveer 6,8. Met behulp van de cijfers 519 en 77 zijn de equivalentgewichten van de humus rond 190 (100 000 : 519) en van de klei rond 1300 (100 000 : 77) berekend. Bij een vroeger onderzoek is gevonden, dat 100 g fractie II (minerale deeltjes van 0,016—0,002 mm diameter) bij totale verzadiging (T) 14 mE base bindt. Met behulp van dit getal en het bindingsgetal van de humus (519) en onder aanname, dat de zanddeeltjes (grooter dan 0,016 mm diameter) geen basen adsorptief binden, is berekend, dat 100 g fractie I (minerale deeltjes kleiner dan 0,002 mm diameter) bij totale verzadiging (T) gemiddeld 106 mE base (gelijkstaand met 2,97 g CaO) binden. Al deze cijfers gelden voor Nederlandsche gronden. Bij een onderzoek van eenige buitenlandsche gronden werden gedeeltelijk geheel andere cijfers gevonden (zie tabel VIII achter den text en tabel A, blz. 569) en wel bij totale verzadiging (T) voor 100 g klei (fractie I + II) 144 mE base (Sudan en Australië) en 33 mE base (Rusland) en voor 100 g fractie I 164 mE base (Sudan en Australië) en 72 mE base (Rusland). Bij vergelijking van deze cijfers met de overeenkomstige cijfers van de Nederlandsche gronden treden de onderlinge verschillen tusschen de Nederlandsche gronden nog meer op den achtergrond; er is alle reden om — voorloopig althans — hier een drietal groepen te onderscheiden (zie tabel A, blz. 569, groep 1, 2 en 3).

Tevens blijkt uit dit alles, dat er van een algemeen basenbindingsgetal voor alle gronden van de wereld noch voor de kleisubstantie (fractie I + II), noch voor de fijnere kleideeltjes (fractie I) sprake is.

HOOFDSTUK VI

Invloed van de bekalking op de basenhuishouding van den grond Verband tusschen de waarden pH, S en V (tabel B)

I. Invloed van de bekalking op den grond

Uit de gegevens van de tabellen II en III (achter den text) kan een en ander betreffende den invloed van de bemesting, in hoofdzaak dus de bekalking, op de basenhuishouding van den grond (S, T-S, T, onderlinge verhouding basen, S (P)), en wat daarmede in verband staat (pH, V, P), worden afgeleid. Hierbij moet worden aangenomen, dat de basenhuishouding van alle veldjes van hetzelfde proefveld vóór de bemesting dezelfde geweest is. Nu loopen de gehalten aan klei-humus, dus aan adsorbeerend materiaal (cijfer ag), van de veldjes van eenzelfde proefveld iets uiteen; voor een vergelijking is dus omrekening van de gehalten aan basen, enz. op 100 g grond (zie tabel II) op gehalten op 100 g klei-humus (cijfer ag) gewenscht en dit is zeker noodig, wanneer de grootheden, die daarvoor in aanmerking komen, van alle proefvelden onderling vergeleken zullen worden (bijv. de T-waarden van de minerale gronden onderling en van de humusgronden onderling). Deze omrekening is in tabel III (achter den text) geschied.

1. Invloed van de kalkbemesting, resp. kalkonttrekking (door bemesting met zwavel) op de waarden pH, S, T-S, en V

Door de bekalking stijgen de waarden pH, S en V en daalt de waarde T-S; door bemesting met zwavel vindt het omgekeerde plaats. Hierbij valt het volgende op te merken.

A. Minerale gronden

Nieuw-Beerta (perceel 11): reeds op B 6903 is de bekalking zóó groot, dat zij voor ongeveer de helft niet meer als klei-humuskalk wordt vastgelegd, doch als $CaCO_3$ achterblijft. Opgemerkt moet worden, dat de zeer zware bekalking op B 6904 een iets kleinere S-waarde geeft dan op B 6903 (36,6 tegen 37,4); ik schrijft dit, althans ten deele, aan minder goede menging van grond en kalk op B 6904 toe. De aanwezigheid van 1,9 % $CaCO_3$ in B 6904 brengt de pH nog op 7,7. De grond van *Achlum* bevat vóór de

bekalking reeds $CaCO_3$ (ong. 3 %), een pH van 7,7, een S = 38,3 en een V = 49; het is niet te verwonderen, dat een kalkbemesting zonder uitwerking op de reeds hooge waarden pH, S en V blijft. Men had een kleine stijging van enkele tienden procenten $CaCO_3$ op de bekalkte veldjes kunnen verwachten; dit is niet het geval, waarschijnlijk is hier kalk uitgespoeld. Op het proefveld *Kloetinge* is de stijging vrij regelmatig. Het merkwaardige is hier, dat de S-waarde stijgt tot 45,0 en de V-waarde tot 53, zonder dat zich $CaCO_3$ vormt. Zooals intusschen reeds in het vorige Hoofdstuk (blz. 565) is opgemerkt, kunnen deze hooge S-waarden voldoende door de adsorptie van de zandfractie (79,4 % zand) verklaard worden. Aan een grooter basenbindend vermogen van de kleisubstantie van den grond van Kloetinge behoeft hier nog niet direct gedacht te worden, al zal het ook zaak zijn, dit punt nader te onderzoeken (zie ook Hoofdstuk VII, blz. 585). Bij *Etten* (Geld.) valt op te merken, dat bij de grootste bekalking (B 6897) reeds 0,5 % $CaCO_3$ achterblijft. Bij *Duur* (Olst) blijft geen $CaCO_3$ achter; zooals later zal blijken, is hier vrij veel kalk uitgespoeld.

De grond van Achlum bezit reeds hooge waarden pH (7,7), S (38,3) en V (49); evenzoo de grond van Nieuw-Beerta, perceel 3 (7,5 — 39 — 45). Met uitzondering van Kloetinge blijft de S-waarde bij de bekalking onder de 40, terwijl de V-waarde niet hooger komt dan 48. Deze waarden komen vrijwel overeen met die van de Dollardgronden, vóórdat ze het zure stadium ingaan (zie Dollardpublicatie, blz. 106). Dit resultaat geeft een meer algemeene beteekenis aan de Dollardcijfers; de V-waarden van de practisch nog goed met kalk verzadigde Dollardgronden (zie Dollardpublicatie blz. 113) liggen tusschen 42 en 47 (gem. ongeveer 44), terwijl de S-waarde gemiddeld onder de 40 blijft (tabel blz. 106).

B. Humushoudende gronden

Een drietal zwak zuur reageerende gronden (Borgercompagnie B 6910 en twee van IJhorst) bevat sporen $CaCO_3$; dit moeten wel restjes van de kalkbemesting zijn, die nog niet op den grond hebben ingewerkt. Alleen de grond B 6911 (Borgercompagnie), die daartoe opzettelijk met veel kalk bemest is, komt boven de neutrale reactie (pH = 7,3 en sporen $CaCO_3$). Per 100 g humus (+ klei) bevat deze grond 180,8 mE CaO en een S = 197,1 mE; d. i. resp. 5,0 g CaO en 5,5 g CaO (alle basen op CaO omgerekend). Deze cijfers kloppen vrij goed met de vroeger gevondene (deze publicatie, Hoofdstuk V, blz. 560). De V van B 6911 is 38; het is de hoogste van de heele serie humusgronden. Overigens komen de pH-waarden niet hooger dan ongeveer 6,5 met S-waarden van ongeveer 150, dat is 4,2 g CaO per 100 g humus (ag) en V-waarden tot ongeveer 30.

2. Invloed van de bekalking op de verschillende uitwisselbare basen (CaO, MgO, K_2O en Na_2O) en hun onderlinge verhouding (tabel III en verder vier laatste kolommen van tabel II)

A. Minerale gronden

De gehalten aan kali en natron zijn gering en in deze geringe gehalten treden slechts enkele, zeer kleine wijzigingen onder invloed van de bemesting op; het is daarom gevaarlijk, hier te positieve conclusies te trekken. Dit vooropstellende, kan gezegd worden, dat noch de bekalking, noch de zwavelbemesting invloed op de gehalten aan kali en natron gehad hebben. Op veldje n°. B 6898 (Etten), dat zwavelzure ammonia ontving, is het kaligehalte iets gestegen. De zwavelbemesting (Nieuw-Beerta, B 6900) en de bemesting met zwavelzure ammonia (Etten, B 6898) doen de gehalten aan magnesia iets dalen. De bekalking doet het gehalte aan magnesia dalen, behalve op het proefveld Achlum, waar trouwens in geen enkel opzicht eenige invloed op de basenhuishouding te constateeren is (zie voor dit alles tabel III). In den oorspronkelijken grond van Nieuw-Beerta (B 6901) is de onderlinge verhouding van de basen (afgerond, zie tabel II) 71 + 23 + 5 + 1 = 100. Deze grond reageert zuur en bevat geen koolzure kalk; het is stadium V van de Dollardgronden (Dollardpublicatie, blz. 106, tabel G). Door bemesting met kalk komt deze grond in een stadium tusschen IV en III in (afgerond: 84 + 12 + 3 + 1 = 100). De grond van perceel 3 van Nieuw-Beerta verkeert in stadium IV (sporen $CaCO_3$, zwak alcalische reactie, S = 37, verhouding afgerond: 79 + 17 + 2 + 1 = 100). Achlum komt geheel met stadium III overeen. Kloetinge verkeert vóór de bekalking in stadium V, doch met minder magnesia en meer kalk; nà de bekalking in stadium III, doch zonder $CaCO_3$. Etten (Gelderland) is aanzienlijk sterker ontkalkt dan stadium V, zonder dat het gehalte aan magnesia sterk gestegen is; na de bekalking verkeert de grond in stadium III, doch zonder $CaCO_3$. In het oog springt B 6898 (Etten) met zeer lage pH = 4,1 en S = 10,6 en een verhouding 69,5 + 19,5 + 8,5 + 2,5 = 100 (bemest met zwavelzure ammoniak). De grond van Etten met kalktoestand —10 (B 6895) komt vrijwel overeen met den begintoestand van den grond van Duur (B 7387—91); gemiddeld is de pH = 5,1; de gehalten aan basen 17,8 + 3,9 + 0,7 + 0,2 = 26,6 (S); T-S = 61,5 en T = 84,1; V = 27; onderl. verhouding 79 + 17 + 3 + 1 = 100. Deze gronden zijn dus verder ontkalkt dan de Dollardgrond van stadium V (pH = 5,9, S = 21,2 + 7,3 + 0,6 + 0,9 = 30,0 en V = 32,1; onderl. verhouding 71 + 24 + 2 + 3 = 100). Om dezen laatsten grond in het meer ontkalkte stadium Etten—Duur te brengen, moet 3,4 mE CaO en 3,4 mE MgO per 100 g klei (ag) onttrokken worden; dus evenveel

magnesia als kalk. Nà de bekalking verkeert ook de grond van Duur in stadium III, evenwel zonder $CaCO_3$.

B. Humusgronden

Bij vergelijking van de gehalten aan basen (op 100 g humus = ag) van de verschillende objecten van eenzelfde proefveld (tabel III) moet men er wel op verdacht zijn, dat de S-waarden hier tot 150 (in één geval zelfs tot bijna 200) stijgen, zoodat verschillen van bijv. 2 à 3 in de magnesiacijfers feitelijk slechts geringe verschillen zijn. Bij Borgercompagnie is er een aanzienlijke stijging in de kalkgehalten (47 tot 181) en een geringe stijging in de magnesiagehalten, terwijl de gehalten aan kali en natron practisch gelijk blijven. Wanneer we mogen aannemen, dat het uitgangspunt van de twee gronden van Borgercompagnie, proef 6 (dus B 6912 en B 6913) met B 6905 overeenkomt, dan heeft de bemesting met zwavelzure ammoniak (B 6913) vooral het gehalte aan kalk verlaagd; bij bemesting met zwavelzure ammoniak en chilisalpeter (B 6912) is de daling van het kalkgehalte geringer. Bij Etten (bij Breda) beïnvloedt de bekalking alleen de kalkgehalten; op te merken valt, dat de gehalten aan magnesia en kali hier vrij hoog zijn. Bij vergelijking bij Elsloo van de gemiddelden van de vier bekalkte en de vier onbekalkte veldjes blijkt een sterke stijging van het gehalte aan kalk en een zeer geringe stijging aan MgO, terwijl de gehalten aan kali en natron practisch gelijk blijven. Hetzelfde kan van IJhorst gezegd worden; hier is de magnesiastijging iets grooter. Bij Warnsveld kunnen worden onderscheiden de serie's: chilisalpeter, zwavelzure ammoniak en stalmest. De onderlinge verschillen in de gehalten aan MgO, K_2O en Na_2O zijn gering; hier volgen de gemiddelde gehalten (in mE op humus, tabel III): 5,4 + 7,5 + 2,6; 4,7 + 5,5 + 1,5; 11 + 8 + 2. Er is een stijging van het MgO-gehalte door de stalmest; verder dalen de gehalten van MgO, K_2O en Na_2O een weinig op de zwavelzure ammoniak-veldjes (zie voor dit alles tabel III). Wat de onderlinge verhouding van de basen betreft (tabel II), zij in de eerste plaats gewezen op de zure veldjes van Warnsveld (kalktoestand —30), met een gem. verhouding: 53 + 19 + 22 + 6 = 100. De kalk is hier wel zeer sterk verdrongen. Bij de bekalking komen alle humusgronden in den toestand, waarin de kalk weer sterk overheerscht. Toch valt hier eenig verschil op te merken. Het gemiddelde van de sterkst bekalkte veldjes is 89 + 6+ 3 + 2 = 100 voor Borgercompagnie, Elsloo, IJhorst en Warnsveld (serie Chili en zw. amm.); en 81 + 11 + 7 + 1 = 100 voor Etten en Warnsveld (stalmest). Dit laatste doet de vraag stellen, of Etten misschien ook stalmest ontvangen heeft.

II. Verband tusschen de waarden pH, S en V (tabel B)

Zooals reeds werd opgemerkt, stijgen de waarden pH, S en V door de bekalking. De vraag is, of er hierbij verband tusschen de verschillende objecten van elk proefveld bestaat. Ook hier is het gewenscht de beide groepen A en B afzonderlijk te behandelen en wel in de eerste plaats het verband tusschen pH en S.

TABEL B

Verband tusschen den zuurgraad van den grond (pH) en zijn basenrijkdom (S in mE op 100 g adsorbeerend materiaal = ag) en tusschen de pH en den verzadigingstoestand (V), zoowel van de natuurlijke gronden (zie tabel III) als volgens de resultaten van de kalktitraties (zie tabel IV)

pH	5,0	5,5	6,0	6,5	7,0	7,2	7,3	7,5	8,0
A. Verband tusschen pH en S bij de minerale gronden									
Nieuw-Beerta	—	27,4	29,7	32,3	34,7	—	—	—	—
Etten (Geld.)	—	25,7	28,8	31,8	35,0	—	—	—	—
Duur	—	24,4	28,1	33,7	37,1	—	—	—	—
Gemiddelden van bovenstaande drie proefvelden:									
Gronden	—	25,8	28,9	32,8	35,6	—	—	—	—
CaO-titraties	—	—	23,5	28,3	32,9	—	—	38,1	—
Kloetinge:									
Grond	—	—	31,5	34,8	37,5	—	—	45,0	—
CaO-titratie	—	—	27,0	31,6	35,8	—	—	40,7	—
B. Verband tusschen pH en S bij de humusgronden									
Elsloo	84	114	(144)	(174)	—	—	—	—	—
IJhorst	70	100	130	160	—	—	—	—	—
Warnsveld	56	86	116	146	—	—	—	—	—
Gemiddelden van bovenstaande drie proefvelden:									
Gronden	70	100	130	160	—	—	—	—	—
CaO-titraties	—	—	—	125	177	—	—	—	—
Borgercompagnie (curveproefveld):									
Grond	86	125	148	162	186	—	—	—	—
CaO-titratie	—	—	—	153	198	—	—	—	—
Etten (bij Breda):									
Grond	—	55	87	—	—	—	—	—	—
CaO-titratie	—	—	—	95	135	—	—	—	—
Verband tusschen pH en V bij de minerale gronden (A) en de humusgronden (B)									
A. Minerale gronden	27	31	36	40	44	46	48	53	—
B. Humusgronden	14	20	25	30	34	—	—	—	—
CaO-titraties (gem. tabel IV):									
A. Minerale gronden	—	—	—	34	40	—	—	47	52
B. Humusgronden	—	—	—	26	34	—	—	43	—

A. Minerale gronden. Verband tusschen pH en S

Het verband tusschen pH en S kan het beste blijken uit een grafische voorstelling, waarbij de pH op de verticale as en de S (in mE op 100 g ag) op de horizontale as wordt afgezet [1]). Voor elk proefveld neemt de pH met S toe; de punten voor elk proefveld liggen min of meer in een rechte lijn. Wanneer de pH evenwel ten gevolge van de bekalking boven de 7 gaat komen, kan zich — onder natuurlijke omstandigheden — koolzure kalk vormen. De gretigheid, waarmede de kleihumussubstantie de kalk adsorbeert wordt minder; aanvankelijk kan mogelijk ook nog zoo tegen de pH = 8 nog wat meer kalk als kleihumus-kalk gebonden worden, maar al spoedig wordt dit meerdere door het koolzuur uit de bodemlucht gepakt en als koolzure kalk vastgelegd. Dit is het geval bij twee veldjes van Nieuw-Beerta (perceel 11) en één veldje van Etten. Tengevolge van de alcalische reactie van de koolzure kalk liggen de pH-waarden van deze 3 punten iets hooger dan volgens de lijn pH = functie (S) het geval zou zijn. Op het proefveld Duur vindt op het sterkst bekalkte perceel (pH = 7,2) nog geen vorming van $CaCO_3$ plaats; evenmin op de perceelen van Kloetinge met pH-waarden van 7,3 en 7,5 .De lijnen pH = functie (S) van de vier proefvelden Nieuw-Beerta (perceel 11), Kloetinge, Etten, Duur vallen niet samen; de lijn Kloetinge ligt geheel rechts, de overige drie loopen door elkander heen. In deze besprekingen kunnen het best de resultaten van de potentiometrische kalktitraties (tabel IV) worden opgenomen. Voor een gemakkelijk overzicht heb ik de tabel B samengesteld; deze tabel bestaat uit drie deelen, waarvan het eerste deel op de minerale gronden betrekking heeft. Dit deel bevat de S-waarden bij de pH's = 5,5, 6,0, 7,0 en 7,5 en wel voor de vier natuurlijke gronden en voor de kalktitraties (gemiddelden berekend uit tabel IV). De S-cijfers van de natuurlijke gronden zijn, voor zoover noodig, uit die van tabel III door graphische interpolatie berekend. De proefvelden Nieuw-Beerta, Etten en Duur zijn in één groep vereenigd. Zoo bezit bij een pH = 6 de grond van Nieuw-Beerta een S = 29,7; van Etten = 28,8 en van Duur = 28,1, dat is gem. S = 28,9, terwijl bij de kalktitratie, nà grafische extrapolatie, gem. S = 23,5 gevonden wordt. De grond van Kloetinge heeft bij een pH = 6,0 een S = 31,5, terwijl bij de kalktitratie S = 27,0 gevonden wordt. Uit deze tabel B is het volgende af te leiden.

In de eerste plaats blijkt Kloetinge bij eenzelfde pH-waarde hoogere S-waarden te bezitten dan de drie andere minerale gronden en dit geldt zoowel voor den grond als voor de cijfers van de kalktitratie. Zooals reeds werd gezegd (zie Hoofdstuk V, blz. 565), zouden deze hoogere S-waarden

[1]) In deze Mededeeling zijn geen grafische voorstellingen opgenomen.

voldoende door de adsorptie van de zandfractie (Kloetinge bezit gem. 79,4 % zand) verklaard kunnen worden. Hier moet trouwens nog worden opgemerkt, dat het punt Kloetinge S = 45,0 en pH = 7,5 geheel buiten de lijn van de overige 4 punten van Kloetinge valt; bij graphische extrapolatie zou het punt S = ongeveer 42 bij pH = 7,5 gevonden worden.

Verder blijken de gemiddelde S-waarden van de kalktitraties van Nieuw-Beerta, Etten en Duur (23,5 — 28,3 — 32,9) lager te liggen dan de gemiddelde S-waarden van de natuurlijke gronden bij dezelfde pH's (28,9 — 32,8 — 35,6). Ditzelfde is bij Kloetinge het geval; ook hier loopt de lijn pH = functie (S) van den grond rechts van die van de kalktitratie. Dit komt dus hierop neer, dat de grond van Kloetinge bij een pH = 6,5 een S = 34,8 bezit, terwijl bij de kalktitraties de S slechts 31,6 bij pH = 6,5 is. Men kan het ook zoo zeggen, dat de grond van Kloetinge met een S = 35,8 een pH = 6,7 heeft (grafische interpolatie), terwijl bij de kalktitraties de grond met S = 35,8 een pH = 7,0 heeft. Dit verschijnsel is steeds geconstateerd (29) en het is toen voor een deel hieraan toegeschreven, dat de pH-meting bij de kalktitratie onder een andere verhouding grond : water plaats vindt dan bij den grond. Zoo is bijv. de pH bij de kalktitraties van de gronden van Nieuw-Beerta (perceel 11) gemeten in een suspensie van 100 g grond op ongeveer 800 cc water, terwijl bij de gewone meting van den grond de verhouding is 100 g grond op 250 cc water. De suspensie bij de kalktitratie is dus verdunder en dit kan een kleine verschuiving van de pH in de alcalische richting geven (30). Het verschijnsel kan evenwel niet geheel op deze wijze verklaard worden. Bij Duur geeft de kalktitratie bijv. het punt pH = 6,5 en S = 26,9 en de grond het punt S = 26,9 bij pH = 5,92 (interpolatie tusschen pH = 5,9 met S = 26,7 en pH = 6,4 met 33,1; zie tabel III, Duur); bij de kalktitratie is de verdunning 100 g grond op ongeveer 430 cc water en bij den grond 100 g op 250 cc water. Door de verdunning van 250 cc op 430 cc kan de pH een verschuiving van hoogstens 0,1 à 0,2 ondergaan, terwijl de verschuiving 0,6 is (van 5,9 tot 6,5). Bij Kloetinge is het geval nog sprekender; hier is de verdunning in beide gevallen vrijwel gelijk (100 g op ongeveer 230 cc en 100 g op 250 cc) en toch heeft de grond met een S = 35,8 een pH = 6,7 (interpolatie tusschen pH = 6,5 met S = 34,8 en pH = 7,0 met S = 37,5; zie tabel III en tabel B), terwijl bij de kalktitratie bij een S = 35,8 een pH = 7 gevonden wordt.

Ik heb altijd gemeend, de verklaring voor dit verschil in de volgende richting te moeten zoeken. De oorspronkelijke grond van Duur (B 7387—91) bezit vóór de bekalking een S = 22,6 (mE op 100 ag) en een pH = 5,2. Deze grond wordt bekalkt en bijv. nà één jaar bemonsterd; op veldje 3 (B 7397—7401) is dan de pH gestegen van 5,2 tot 6,4 en de S van 22,6 tot

33,1, dus met 33,1—22,6 = 10,5 mE. Wanneer ik nu bij de kalktitratie den grond B 7387—91 met S = 22,6 mE door toevoeging van 10,5 mE CaO op S = 33,1 mE breng, dan stijgt de pH van 5,2 tot 7,0 (zie tabel IV; bij pH = 7,0 is S gemiddeld = 33,0). Ik meen te moeten aannemen, dat de 33,1 mE kalk in den natuurlijken grond nà een jaar iets vaster gebonden is dan de 33,1 mE kalk bij de kalktitratie, hoewel ik geen nauwkeurige omschrijving van deze vastere binding kan geven. Het ware als een soort verouderingsverschijnsel op te vatten. In het geval van de kalktitratie zit de kalk losser aan de gronddeeltjes en kan een iets hoogere pH geven. Ook vlokt de suspensie van de kalktitratie (S = 33,1 en pH = 7,0) eerder uit dan de grondsuspensie (S = 33,1 en pH = 6,4). Ik geef dit niet als vaststaande wetenschap; meer als een vingerwijzing voor de richting, waarin mogelijk de oplossing ware te zoeken.

B. Humusgronden. Verband tusschen pH en S

Ook voor de humusgronden bestaat er voor elk proefveld een duidelijk verband tusschen pH en S. Zondert men de laagste waarde uit (pH = 4,1 en S = 25,9), dan liggen de punten van Borgercompagnie (beide proefvelden) tot pH = 5,3 (S = 115) nagenoeg in een rechte lijn; daarna buigt de curve pH = functie (S) zich naar links, d. i. naar de hoogere pH-waarden. De punten van Warnsveld liggen, eveneens met uitzondering van de laagste waarden (pH = 4,2 en S = 25,6), vrijwel op een rechte lijn. Evenwijdig met deze laatste lijn loopen de lijnen Etten, IJhorst en Elsloo. De lijnen Warnsveld, IJhorst en Elsloo liggen dicht genoeg bij elkaar om een gemiddelde te berekenen; deze valt toevallig met de lijn IJhorst samen. De lijn Etten ligt vrijwat hooger; de lijn Borgercompagnie snijdt de lijn IJhorst tweemaal. Uit de grafische voorstelling is het tweede gedeelte van tabel B opgemaakt; de S-waarden van Elsloo 144 en 174, die door grafische extrapolatie berekend zijn, zijn tusschen haakjes geplaatst. Van de S-waarden van Elsloo, IJhorst en Warnsveld zijn de gemiddelden berekend (70 — 100 — 130 — 160 bij pH = 5,0 — 5,5 — 6,0 — 6,5). De S-waarden van Borgercompagnie (86 tot 162) en van Etten (55 en 87) zijn afzonderlijk opgegeven. In deze tabel zijn verder de resultaten van de kalktitratie (zie tabel IV) opgenomen en wel de gemiddelden van Elsloo, IJhorst en Warnsveld (S = 125 en 177 bij pH = 6,5 en 7,0); en verder Borgercompagnie (curveproefveld: 153 en 198) en Etten (95 en 135).

Uit dit overzicht en uit de cijfers van tabel B (tweede deel) blijkt wel, dat er groote verschillen tusschen de verschillende humusgronden optreden. Bij een pH = 5,5 bijv. bezit de grond van IJhorst een S = 100 mE (op 100 g humus = ag), die van Borgercompagnie een S = 125 en die van Etten

een S = 55. Borgercompagnie ware desnoods nog in één gemiddelde met Elsloo—IJhorst—Warnsveld op te nemen. maar Etten valt er geheel buiten. Onwillekeurig vraagt men naar de reden van dit gedrag van Etten. Het gehalte aan adsorbeerend materiaal van Etten is gem. 3 % humus en 9,0 % klei-leem, dat is ag = 4,9 (zie tabel VII). Eerst bij een cijfer ag = ongeveer 3,5, zou de lijn Etten ongeveer met die van Warnsveld samenvallen. Het ware denkbaar, dat de klei-leem van Etten meer uit fijn kwartsmeel en de humus meer uit onverweerde organische stof (strootjes, worteltjes, enz.) bestond. Dit ware nader te onderzoeken. Dit alles geeft mij aanleiding tot de vraag, of de gronden nog niet het best gekarakteriseerd worden door de T-waarde in mE op 100 g grond en de V-waarde.

De pH-waarden van de meeste humusgronden blijven onder de 6,5, zoodat een vergelijking met de resultaten van de kalktitraties slechts bij enkele gronden, gedeeltelijk met behulp van grafische extrapolatie, mogelijk is. Ook hier liggen de S-waarden van de kalktitraties lager van die van de gronden. Zoo bevat bijv. de grond van Warnsveld bij een pH = 6,5 een S = 146 (zie tabel B), terwijl bij de kalktitratie reeds bij een S = 107 een pH = 6,5 wordt bereikt (zie tabel IV). Alleen de grond van Borgercompagnie (curveproefveld) maakt in de hoogste pH-waarde een uitzondering. Reeds bij pH = 6,5 is het verschil gering (162 tegen 153); maar bij pH = 7,0 ligt de grond (S = 186) iets onder de kalktitratie (S = 198). Dit is de zwaar bekalkte grond, waarin zich reeds $CaCO_3$ begint af te scheiden.

III. Verband tusschen pH en verzadigingstoestand (V)

Aangezien V = 100 S : T en de T-waarden (op 100 ag) van de minerale gronden onderling en evenzoo van de humusgronden onderling niet veel uit elkander loopen, moet er ongeveer eenzelfde verband tusschen de pH-waarden en de V-waarden als tusschen de pH- en S-waarden van de minerale gronden onderling en van de humusgronden onderling bestaan. Uit de eerste gedeelten van tabel B heb ik op de volgende wijze het derde deel afgeleid. De gemiddelde T-waarde van de minerale gronden Nieuw-Beerta, Kloetinge, Etten en Duur (zie cijfer b (ag) in tabel VII) is (83,2 + 84,8 + 82,8 + 82,4) : 4 = 83; de gemiddelde S-waarden van deze 4 gronden bij de pH-waarden 5,5 — 6,0 — 6,5 — 7,0 zijn 25,8; (29,7 + 28,8 + 28,1 + 31,5) : 4 = 29,5; idem 33,1; idem 36,1 (tabel B). Dit geeft een gemiddelde V-waarde bij pH = 5,5 van 100 × 25,8 : 83 = 31; bij pH = 6,0 van 100 × 29,5 : 83 = 36; idem 40 en 44. Verder geven de gronden van Etten en Duur bij pH = 5,0 een V van ongeveer 27; van Etten bij pH = 7,2 een V = 46 en bij pH = 7,3 een V = 48; en van Kloetinge een V = 53 bij pH = 7,5.

De gronden met koolzure kalk heb ik geheel buiten beschouwing gelaten. Van de humusgronden heb ik Etten (Breda) er buiten gelaten; van de overige: Borgercompagnie, Elsloo, IJhorst en Warnsveld (zie cijfer d in tabel VII) is de gemiddelde T-waarde (555 + 518 + 527 + 544) : 4 = 538. De gemiddelde S-waarden bij de pH's = 5,0 — 5,5 — 6,0 — 6,5 — 7,0 zijn: 74 — 106 — 134 — 161 — 186. Dit geeft de volgende V-waarden: 100 × 74 : 538 = 14; 100 × 106 : 538 = 20; idem 25 — 30 — 34 (zie tabel B, derde deel). Verder zijn de gemiddelde V-waarden volgens de kalktitraties uit tabel IV in tabel B (derde deel) opgenomen.

Tabel B, derde deel. Uiteraard liggen de V-waarden van de kalktitraties lager dan de overeenkomstige V-waarden van de gronden. Zoo bezitten de minerale gronden een V = 40 bij pH = 6,5, terwijl bij de kalktitraties een pH = 6,5 reeds bij een V van 34 wordt bereikt. Bij de humusgronden zijn de V-waarden bij pH = 7,0 gelijk, nl. 34. De V-waarden van Kloetinge bij hooge pH-waarden, dus 48 en 53, zijn wat hooger dan die van de Dollardgronden met V-waarden tusschen ongeveer 42 en 47, gem. 45, bij pH-waarden van ongeveer 7,5; deze laatste gronden bevatten evenwel koolzure kalk. Verder liggen de V-waarden van de minerale gronden hooger dan die van de humusgronden bij dezelfde pH-waarden. En dit geldt ook voor de V-waarden volgens de kalktitraties. Wanneer het beloop van de twee V-pH-lijnen voor de natuurlijke gronden (A: minerale gronden en B: humusgronden) in een grafiek geteekend wordt (V op de horizontale as en pH op de verticale as), dan blijken de beide lijnen pH = functie (V) tusschen de pH-waarden 5,0 en 7,0 (vijf punten) vrijwel rechtlijnig te zijn. Kiest men de grafiek, zooals ik deze in een vroegere publicatie (31) voor zoutzuur, azijnzuur en boorzuur gekozen heb, dan ligt de lijn van de humusgronden links van die van de minerale gronden. Dat wil zeggen, dat de minerale gronden bijv. bij de pH = 7 een hoogeren verzadigingstoestand (V = 44) bezitten dan de humusgronden (V = 34). Mag men de lijnen rechtlijnig naar de pH-as doortrekken, dan is bij V = O, dus bij de vrije zuren, de pH van de kleizuren ongeveer 2 en die van de humuszuren ongeveer 3,5. Indertijd hebben wij van 4 Nederlandsche bodemtypen de pH-waarden bepaald van de minerale deeltjes kleiner dan 0,002 mm diameter, die door electrodialyse verkregen waren en geheel vrij van basen waren; hierbij werden pH-waarden van 2,6—3,7 gevonden (zie literatuur noot blz. 27; aldaar blz. 38, tabel F). Wanneer nu verder bedacht wordt, dat boorzuur bij een pH van ongeveer 5 begint (V = O) en reeds bij een V = 10 de neutrale waarde (pH = 7) bereikt, terwijl de humuszuren bij de neutrale reactie (pH = 7) voor gem. ongeveer 34 % en de kleizuren voor gem. ongeveer

44 % verzadigd zijn, dan maakt dit toch wel den indruk, dat onder de kleizuren en de humuszuren vrij sterke zuren voorkomen. Het betreft hier evenwel een ingewikkeld vraagstuk; zoowel kleizuren als humuszuren zullen vermoedelijk wel een combinatie van allerlei zuren zijn en dit geeft een ingewikkeld beloop van de curve V = functie (pH). Ik geef dit alles dan ook alleen als eenige voorloopige resultaten in de hoop, dat zij meer bevoegden tot verder onderzoek mogen opwekken.

Men zou nu nog de lijnen *S = functie (V)* kunnen bestudeeren, waarbij S = 0,01 T × V. Aangezien de T-waarde van de minerale gronden (op 100 ag), met uitzondering van die van Achlum, gem. 83 is, wordt dit S = 0,83 V, dat is dus een rechte lijn. Voor de humusgronden met een gem. T = 538, met uitzondering van Etten, wordt de functie S = 5,38 V, dat is eveneens een rechte lijn.

Samenvatting Hoofdstuk VI

De invloed van de bekalking op den grond, resp. van de kalkonttrekking (door zwavel, zwavelzure ammoniak) bepaalt zich in hoofdzaak tot de kalkgehalten; door de bekalking stijgen daardoor de S-waarden (zie tabel III) en daarmede de waarden pH en V. Bij de minerale gronden daalt het gehalte aan magnesia gewoonlijk een weinig bij de bekalking; bij de gronden van Borgercompagnie neemt het MgO-gehalte duidelijk iets toe, terwijl bij de overige humuszandgronden in het algemeen ook een zeer kleine stijging van het MgO-gehalte bij bekalking valt waar te nemen. De gehalten aan kali en natron ondergaan nagenoeg geen wijziging; alleen bij bemesting met stalmest (Warnsveld) neemt naast het gehalte aan MgO ook dat aan K_2O iets toe. Door de kalkonttrekking kunnen de kalkgehalten en daarmede de waarden S, pH en V soms aanzienlijk dalen. Terwijl de oude Dollardgrond (B 6901) nog altijd de waarden pH = 5,8 en V = 35 bezit, zijn deze bij Etten (Geld.) (B 6898) gedaald tot 4,1 en 13 en bij Warnsveld (B 7499—7500) tot 4,2 en 4. In dit laatste geval is de onderlinge verhouding van de vier basen 56 + 19 + 19 + 6 = 100 (zie tabel II). Door de bekalking veranderen alle gronden weer in kalkgronden; d. w. z. in de onderlinge verhouding van de uitwisselbare basen op 100 komt 80 à 90 % voor rekening van de kalk (zie tabel II). Bij de bekalking komen de minerale gronden niet hooger dan de practisch goed met kalk verzadigde jongere Dollardgrond (pH tot ongeveer 7,5; S tot 40 en V tot 48); alleen bij Kloetinge stijgt S tot 45 en V tot 53. Bij hooge kalkgiften, waarbij pH-waarden boven de 7 bereikt worden, spoelt de kalk gedeeltelijk uit of blijft gedeeltelijk als $CaCO_3$ in den grond achter. Voor de humusgronden komen de pH-waarden gewoonlijk

niet boven de 6,5, met S-waarden van ongeveer 150 per 100 g humus en V-waarden tot ongeveer 30. Alleen bij de sterkst bekalkte veldjes van Borgercompagnie worden hoogere waarden bereikt (tot pH = 7,3; S = 197 en V 38).

Verband tusschen pH en S. Minerale gronden. Zoolang zich geen koolzure kalk afscheidt, is het verband tusschen pH en S in het onderzochte gebied vrijwel rechtlijnig. In tabel B, 1ste deel (blz. 576), is het gemiddelde voor Nieuw-Beerta, Etten en Duur opgenomen; Kloetinge valt daarbuiten. Ook voor de *humusgronden* Elsloo, IJhorst en Warnsveld zijn de lijnen pH = functie (S) in het onderzochte gebied vrijwel rechtlijnig (tabel B, 2de deel); de lijn Borgercompagnie loopt door dit gemiddelde heen, terwijl de lijn Etten er aanzienlijk boven ligt. In tabel B zijn ook de resultaten van de kalktitraties (uit tabel IV) opgenomen. Hierbij blijken de S-waarden van de kalktitraties lager te liggen dan de S-waarden van de natuurlijke gronden met dezelfde pH-waarden. Zoo wordt bijv. de pH = 6,5 bij de kalktitratie van Duur bereikt bij een basengehalte S = 26,9 (zie tabel IV), terwijl de natuurlijke grond van Duur bij een basengehalte S = 26,9 een veel lagere pH, nl. pH = 5,9, bezit (zie tabel III). Dit verschil kan slechts voor een klein deel in het verschil in de verhouding grond: vloeistof bij het meten van de pH zitten. Ik heb de vraag gesteld, of de lagere pH-waarden in de natuurlijke gronden bij een gelijk basengehalte niet door een vastere binding van de kalk in de natuurlijke gronden verklaard moeten worden.

Verband pH en V. Ook dit verband is, zoowel voor de minerale gronden als voor de humusgronden tot een pH = 7 vrijwel rechtlijnig, zooals uit tabel B (derde deel) en uit een grafiek (niet in deze publicatie opgenomen) blijken kan. Uit het beloop van de beide lijnen pH = functie (V), mede in verband met de resultaten van vroegere onderzoekingen (zie noot 27, blz. 38, tabel F), ware de conclusie te trekken, dat onder de kleizuren en de humuszuren vrij sterke zuren moeten voorkomen.

HOOFDSTUK VII

De resultaten van het percolatieonderzoek (tabel III en tabel C)

Per 100 g grond B 6900 (Nieuw-Beerta) is aanwezig 10,5 mE base (S); bij het percoleeren met een oplossing van calciumacetaat volgens de percolatiemethode wordt per 100 g grond nog 23,1 mE base (kalk) opgenomen, zoodat — als geen andere basen (MgO, K_2O, Na_2O) tegen kalk uitwisselen, wat

practisch wel niet het geval zal zijn — de grond nà percoleeren, dus in wat ik in het vervolg den percolatietoestand zal noemen, 10,5 + 23,1 = 33,6 mE basen per 100 g grond bevat; dat is de waarde S (P) = 33,6 mE base per 100 g grond. Naarmate de grond van Nieuw-Beerta tengevolge van de kalkbemesting rijker aan basen is (grootere S), neemt hij minder kalk op, om in den percolatietoestand te komen. Zoo bevat B 6902 (tabel III) 29,9 mE basen, terwijl opgenomen wordt 4,4 mE, zoodat deze grond in den percolatietoestand een S (P) = 34,3 mE heeft, dat is vrijwel gelijk aan de S (P) = 33,6 mE van B 6900. Nu hangen de waarden S (P) = 33,6 en 34,3 niet alleen af van den basenrijkdom in den percolatietoestand, maar ook van het gehalte van den grond aan basenbindend materiaal (klei-humus, grootheid ag); ter onderlinge vergelijking moeten de S-waarden dus ook op 100 g ag uitgedrukt worden. Voor B 6900 wordt dit S (P) = 100 × 33,6 : 89,7 = 37,5 mE; voor B 6902 S (P) = 100 × 34,3 : 89,5 = 38,3 mE, dat is dus per 100 g klei (+ humus). Wanneer het volkomen in orde was, dan zou monster B 6902, dat 33,3 — 25,7 = 7,6 mE basen (per 100 g ag) meer bevat dan B 6900, bij percoleeren 7,6 mE minder moeten opnemen, dat is dus 11,8 — 7,6 = 4,2 mE, terwijl inderdaad 5,0 mE wordt opgenomen. Het verschil is niet groot. Grooter is het verschil tusschen B 6901 met een S (P) = 28,7 + 6,1 = 34,8 en B 6900 en B 6902 met de S (P)-waarden 37,5 en 38,3. Toch is de gemiddelde S (P)-waarde voor den grond van Nieuw-Beerta opgemaakt, dus (37,5 + 34,8 + 38,3) : 3 = 36,9 mE. Bij de andere proefvelden is de onderlinge overeenstemming tusschen de S (P)-waarden van de verschillende objecten beter, mits ze berekend worden per 100 g adsorbeerend materiaal, dat is voor de minerale gronden per 100 g klei (+ humus) en voor de humusgronden per 100 g humus (+ klei), dus op 100 g ag (zie tabel II). Zoo adsorbeert de grond B 6905 (Borgercompagnie), met slechts 5,8 mE base per 100 g grond, 17,1 mE, zoodat deze grond in den percolatietoestand een S (P) = 5,8 + 17,1 = 22,9 mE base per 100 g grond bezit. Voor het volgende veldje B 6906 wordt S (P) = 8,9 + 20,8 = 29,7 mE. Deze S (P)-cijfers 22,9 en 29,7 wijken sterk van elkander af, doch dit komt doordat de gehalten aan humus van B 6905 (= 9,7 %; ag = 10,8) en B 6906 (= 12,0 %; ag = 13,0) vrij veel verschillen. Op 100 g ag wordt S (P) = 212 en 229. Voor de andere veldjes van het proefveld Borgercompagnie zijn de S (P)-waarden 218—205—219—194 (zie tabel III); de gemiddelde S (P)-waarde voor den grond van Borgercompagnie is 213 mE per 100 g humus.

De verschillende gemiddelde S (P)-waarden zijn in tabel C (blz. 585) opgenomen. Bekijkt men deze nader, dan blijken ze in drie groepen onder te brengen te zijn. De S (P)-waarden van de zwaardere kleigronden Nieuw-Beerta, Etten en Duur zijn resp. 36,9 — 37,4 — 41,4. De overeenstemming

TABEL C

De waarden S (P), d. i. de basenrijkdom in mE op 100g adsorbeerend materiaal (klei, resp. humus. dus op 100 g ag van tabel II) in den percolatietoestand en de bijbehoorende waarden pH en V in dien toestand; V dus = 100 S (P) : T

	S (P)	pH	V		S (P)	pH	V
Zwaardere kleigronden				*Humusgronden, humushoudende zandgronden*			
Nieuw-Beerta	36,9	7,43	44				
Etten (Geld.)	37,4	7,46	45	Borgercompagnie (1) .	213	7,21	38
Duur	41,4	7,73	50	Borgercompagnie (2) .	193	7,20	35
				Etten (Breda).	202	7,67	44
Gem.	38,6	7,54	46	Elsloo	185	7,05	36
				IJhorst	205	7,09	39
Lichte zavelgrond				Warnsveld	179	7,20	33
				Gem..	196	7,24	37
Kloetinge	52,8	±8,8	63				

is niet bijzonder fraai, maar toch voldoende om ze voorloopig in één groep te brengen met een gemiddelde S (P) = 38,6 mE, dat is in kalk uitgedrukt rond 1,08 g CaO per 100 g klei (+ humus). De lichte zavelgrond van Kloetinge bezit een aanzienlijk hoogere S (P)-waarde, nl. 52,8 mE, dat is in kalk uitgedrukt rond 1,5 g CaO per 100 g klei (+ humus). Deze hooge waarde 52,8 mE kan slechts ten deele door de aangenomen basenadsorptie van de zandfractie (zie blz. 565) verklaard worden. Voor S (P) op 100 g grond wordt voor Kloetinge gevonden gem. (13,7 + 14,7 + 13,9) : 3 = 14,1 mE (zie tabel III). Komt hiervan voor rekening van de overmaat aan zand 1,5 mE, dan blijft er over 14,1 — 1,5 = 12,6 mE voor 26,9 g klei (+ humus en de rest van het zand); d. i. op 100 g klei nog 100 × 12,6 : 26,9 = 47 mE, een waarde die nog ver boven de overeenkomstige waarden van Nieuw-Beerta, Etten en Duur ligt. Dat deze hooge S (P)-waarden door een grooter basenbindend vermogen van de kleisubstantie van den grond van Kloetinge veroorzaakt zouden worden, lijkt mij — in verband met de hooge pH-waarden in den percolatietoestand van ongeveer 8,8 (zie tabel C) — niet heel waarschijnlijk. Zooals reeds is opgemerkt, hoop ik, dat de grond van Kloetinge op dit punt aan een nader natuurkundig, scheikundig en mineralogisch-röntgenographisch onderzoek onderworpen zal worden. De S (P)-waarden van de zes humusgronden liggen tusschen 179 en 213; ook hier is voorloopig een gemiddelde opgemaakt, nl. 196 mE, dat is in kalk uitgedrukt 5,5 g CaO per 100 g humus (+ klei).

Men kan nu den basenrijkdom in den percolatietoestand als een practisch eindpunt aannemen. De grond B 6900 (Nieuw-Beerta) bevat aanvankelijk

25,7 mE (= S) en in den eindtoestand 37,5 mE = S (P). Men kan dan de waarde 100 × S : S (P) = 100 × 25,7 : 37,5 = 69 als den practischen verzadigingstoestand voor grond B 6900 opvatten. Ik heb dezen zoogenaamd practischen verzadigingstoestand door P voorgesteld; naast mijn waarde T (mE base bij totale verzadiging) komt dan de waarde S (P), d. i. mE bij zoogenaamd practische verzadiging en naast mijn V (theoretische verzadigingstoestand) de waarde P. Bij de verschillende objecten van elk proefveld nemen S en P toe. De hoogste waarde voor P is feitelijk 100. Het verst is gekomen Etten (Geld.) met een P = 96. Nu is evenwel de S (P) voor Etten gem. = 37,4 en aangezien B 6897 (Etten) een S = 38,3 heeft, is P hier 100 × 38,3 : 37,4 = 103, d. i. grooter dan 100; deze grond is reeds voorbij den zoogenaamd practischen verzadigingstoestand gekomen. Van de humusgronden heeft B 6911 (Borgercompagnie) een S = 197,1 met een gemiddelde S (P) = 213, zoodat zijn P zou zijn 100 × 197,1 : 213 = 92,5; deze grond zou dus practisch voor 92,5 % met basen verzadigd zijn.

Men kan nu nog de waarden V en P met elkander vergelijken. Zoo is bijv. de verzadigingstoestand van den onbekalkten grond B 6894 van Etten (Geld.) volgens mijne opvattingen V = 100 × 14,0 : 83,5 = 17 en volgens percolatie-opvattingen P = 100 × 14,0 : 37,8 = 37 (zie tabel III). Bij bekalking stijgt de verzadigingstoestand van den grond van Etten (Geld.) volgens mijne opvattingen tot V-waarden van 43 en 48; volgens percolatie-opvattingen tot P-waarden van nagenoeg 100. De grond van Borgercompagnie stijgt bij bekalking tot V = 38 en tot P = nagenoeg 100. Hier zou dan één van de voordeelen van den „practischen" verzadigingstoestand (P) boven den theoretischen verzadigingstoestand (V) liggen; ik kom op dit punt nader terug.

In tabel C (blz. 585) heb ik nog een andere grootheid opgenomen. De grond B 6900 (Nieuw-Beerta) bezit een S (P) = 37,5 en een T = 84,8 (zie tabel III); in den percolatietoestand (P = 100) is de verzadigingstoestand van dezen grond volgens mijne opvattingen dus V = 100 S (P) : T = 100 × 37,5 : 84,8 = 44 (zie tabel III, laatste kolom). Ook deze V-waarden blijken voor de drie groepen van tabel C nagenoeg gelijk te zijn. Deze gemiddelde V-waarden (bij P = 100) zijn voor Nieuw-Beerta 44, voor Etten 45, voor Duur 50; gem. 46. Voor Kloetinge is V = 63. Voor de humusgronden zijn de V-waarden in den percolatietoestand (P = 100) van 38—33, gem. 37 (zie tabel C).

Ten slotte heb ik nog de vraag gesteld, bij welke pH-waarden de percolatietoestand S = S (P), dus P = 100, bereikt wordt. Aangezien de percolatietoestanden met behulp van een kalktitratie bepaald worden, moeten deze

eind-pH-waarden met behulp van de resultaten van de kalktitratie's uit tabel IV berekend worden. Dit is op de volgende wijze, dus door interpolatie, resp. extrapolatie, geschied. Volgens tabel IV bezit de grond van Nieuw-Beerta bij pH = 7 en pH = 7,5 gemiddelde S-waarden = 33,3 en 37,5. Bij interpolatie wordt bij S = 36,9 een pH = 7,43 gevonden (zie tabel C). De percolatietoestanden P = 100 worden dus bij de minerale gronden Nieuw-Beerta, Etten en Duur bereikt bij een gem. pH = 7,54; bij Kloetinge bij een pH van 8,8 à 8,9 en bij de humusgronden bij een gem. pH = 7,24.

Samenvatting Hoofdstuk VII

Bij het percoleeren met een oplossing van calciumacetaat neemt de grond kalk op. Zijn S-waarde stijgt daardoor tot de waarde S (P); ook stijgen de waarden pH en V. Ik heb een nieuwen verzadigingstoestand P ingevoerd, die gedefinieerd is door de formule P = 100 S : S (P). Men zou P den zoogenaamd practischen verzadigingstoestand kunnen noemen; daarnaast staat dan mijn V = 100 S : T, de theoretische verzadigingstoestand. Wanneer S tot S (P) gestegen is, wordt P dus gelijk 100. P is dus de verzadigingstoestand ten opzichte van den basenrijkdom in den percolatietoestand. Voor gelijksoortige gronden loopen de waarden S (P), berekend op 100 g adsorbeerend materiaal (in klei, resp. humus, dus 100 g ag) niet veel uiteen, zoodat hier wel gemiddelde waarden te berekenen zijn. Dit geldt ook voor de waarden pH en V in den percolatietoestand; dus voor V = 100 S (P) : T. In tabel C (blz. 585) zijn deze waarden opgenomen. In den percolatietoestand bezitten de drie zwaardere gronden Nieuw-Beerta, Etten en Duur een zwak alcalische reactie (pH ongeveer 7,5), een S (P) = gem. 38,6 mE, dat is in kalk uitgedrukt 38,6 × 28 : 1000 = 1,08 g CaO per 100 g klei (+ humus) en een V = gem. 46. In het door mij opgetrokken gebouw komen deze gronden in den percolatietoestand derhalve overeen met de practisch goed met kalk verzadigde jongere kleigronden, waarvan als type de Dollardgronden gelden. De lichte zavelgrond Kloetinge valt hier ver buiten; in den percolatietoestand reageert deze grond sterk alcalisch (pH ongeveer 8,8 à 8,9), bezit een S = 52,8 mE, dat is in kalk uitgedrukt rond 1,5 g. CaO per 100 g klei (+ humus) en een V = 63. Deze hooge waarde 52,8 mE kan slechts ten deele door de aangenomen basenadsorptie van de zandfractie (zie blz. 565) verklaard worden. In den percolatietoestand, dus bij P = 100, bezitten de humusgronden een zeer zwak alcalische reactie (pH ongeveer 7,2), een S (P) = gem. 196, d. i. in kalk uitgedrukt 196 × 28 : 1000 = 5,5 g CaO per 100 g humus (+ klei) en een V = gem. 37 (zie tabel C). Op de practische beteekenis van deze cijfers kom ik nader in Hoofdstuk IX terug.

HOOFDSTUK VIII

Wat gebeurt er met de kalk van de kalkbemesting in den grond (tabel V)?

Om de hierboven gestelde vraag te kunnen beantwoorden, moet worden aangenomen, dat de kleihumussubstantie van alle parallelveldjes van eenzelfde proefveld vóór de bekalking even rijk aan uitwisselbare kalk geweest is; zooals uit tabel I blijkt, bevatte geen dezer proefvelden vóór de bekalking koolzure kalk. Voor het proefveld Nieuw-Beerta (perceel 11) is het uitgangspunt het veldje B 6901 met 90,1 g klei (+ humus = ag) en 0,517 g uitw. CaO per 100 g grond (zie tabel II). Veldje n°. 6902, met 89,5 g klei (+ humus = ag), moet dus vóór de bekalking 89,5 × 0,517 : 90,1 = 0,514 g uitw. CaO per 100 g grond bevat hebben. Na de bekalking is het gehalte 0,641 g, zoodat de toename is 0,641 — 0,514 = 0,127 g CaO per 100 g grond, dat is 127 : 28 = 4,5 mE CaO. Hier zij opgemerkt, dat de toename van S (29,9 — 25,9 = 4,0; of met correctie 29,9 — 25,7 = 4,2 mE) iets minder is dan 4,5 mE; dit wordt veroorzaakt door een kleine daling in de gehalten aan MgO en K_2O. Het cijfer van de kalktoename van 4,5 mE CaO per 100 g grond voor veldje B 6902 kan ook op andere wijze berekend worden. Volgens tabel III is het verschil in kalkgehalte tusschen B 6902 en B 6901 gelijk 25,6 — 20,5 = 5,1 mE CaO per 100 g adsorbeerend materiaal (ag). En aangezien 100 g grond van B 6902 bevat 89,5 g adsorbeerend materiaal, wordt dit voor 100 g grond 0,895 × 5,1 = 4,5 mE. Het bekalkte veldje B 6902 bevat geen $CaCO_3$. De bovengrond van Nieuw-Beerta, waarin de kalkbemesting gegeven is, is 20 cm dik en heeft een volumegewicht van 1,25; per ha is in deze laag 2,5 millioen kg droge grond aanwezig. De vermeerdering aan uitwisselbare kalk per ha is dus 25 × 127 = 3175 kg, terwijl gegeven is 3104 kg CaO per ha. De op veldje B 6902 gegeven kalk is dus voor practisch 100 % door de kleihumussubstantie in de bovenlaag vastgelegd (zie tabel V). Op veldje B 6903 is de vermeerdering aan uitwisselbare kalk 0,281 g, dat is per ha 7025 kg CaO. De grond van B 6903 bevat verder 0,5 % $CaCO_3$, d. i. 0,28 % CaO, of per ha 7000 kg CaO. De gegeven kalkbemesting, per ha 13 760 kg, wordt practisch geheel teruggevonden, nl. 7025 + 7000 = 14 025 kg CaO. Van de gegeven 13 760 kg CaO is 7025 kg of 51 % door de kleihumussubstantie vastgelegd. Op het veldje B 6904, dat naast de kalkbemesting nog een overmaat $CaCO_3$ ontving, is de gegeven kalkbemesting ad 29 440 kg CaO per ha practisch geheel in de bouwvoor teruggevonden, nl. 32 650 kg CaO. Men kan opmerken, dat dit een kleine 3000 kg meer is dan gegeven werd. Men moet evenwel bedenken, dat dit verschil door een fout van 0,2 % $CaCO_3$ verklaard kan worden; bovendien kunnen in de cijfers

20 cm (dikte bouwvoor) en 1,25 (volumegewicht) nog kleine fouten schuilen. Op veldje B 6904 is van de 29 440 kg CaO slechts 6150 kg, of 21 %, door de kleihumussubstantie vastgelegd; opmerkelijk is, dat hier minder CaO (6150 kg) wordt geadsorbeerd dan op B 6903 (7025 kg). Zooals in vroegere publicaties is medegedeeld, zal dit wel aan slechtere menging van grond en kalkbemesting zijn toe te schrijven.

Op het proefveld Achlum valt practisch geen stijging waar te nemen, noch in het gehalte aan uitwisselbare kalk, noch in dat aan koolzure kalk. De gegeven kalkbemesting moet wel voor een groot deel uit de bouwvoor zijn uitgespoeld.

Op het proefveld Kloetinge is resp. 60 % — 59 % — 54 % — 56 % van de gegeven kalkbemesting als kleihumuskalk vastgelegd. Aangezien in geen van de bekalkte veldjes $CaCO_3$ voorkomt, is dus resp. 40 %— 41 % — 46 % — 44 % van de gegeven kalkbemesting uit den bovengrond uitgespoeld. Ook op het proefveld Duur blijft geen kalk in den vorm van koolzure kalk achter. Van de gegeven kalkbemesting is resp. 42 % — 50 % — 49 % — 42 % als kleihumuskalk vastgelegd en resp. 58 % — 50 % — 51 % — 48 % uit den bovengrond uitgespoeld.

Het bekalkte veldje van Etten (bij Breda) legt van de 2760 kg kalk 1064 kg als humuskalk vast, dat is slechts 38 %; koolzure kalk blijft hier niet achter. Van de op het proefveld IJhorst gegeven kalkbemesting worden resp. 59 % en 49 % als humuskalk vastgelegd. Verder blijven hier nog enkele tiende procenten koolzure kalk achter. Van de totaal gegeven hoeveelheden, resp. 5340 kg en 9900 kg CaO, worden resp. 5551 kg en 8446 kg in den grond teruggevonden; alleen op het zwaarst bemeste veldje is mogelijk een geringe hoeveelheid kalk uitgespoeld.

Het bovenstaande geeft aanleiding tot de volgende opmerkingen. Bij Nieuw-Beerta vindt geen uitspoeling van kalk uit de bekalkte bovenlaag plaats. Op het minst bekalkte perceel (B 6902) wordt 100 % van de gegeven kalk als kleihumuskalk vastgelegd; de pH stijgt hierbij reeds tot 6,7 (V = 39). Bij de zwaardere bemestingen stijgt de pH tot 7,6 en 7,7 (V tot 45 en 46). Voor practische doeleinden kan hier beter bijv. 5000 kg CaO in éénmaal gegeven worden, welke bekalking dan later, in verband met de verkregen resultaten — en dit geldt zoowel voor de bodemkundige als voor de landbouwkundige resultaten — herhaald kan worden. Op het proefveld Achlum, met zijn 3 % $CaCO_3$ en alcalische pH (7,7 à 7,8), doet de kalk bodemkundig niets, voor zoover dit althans uit het verkregen cijfermateriaal te beoordeelen valt. Op het proefveld Kloetinge wordt een goede 40 % en op het proefveld Duur een goede 50 % van de gegeven kalk uit de bekalkte bovenlaag uitgespoeld. Maar dit is zoowel op de minst als de zwaarste bekalkte veldjes

het geval. Wel worden, zoowel op Kloetinge als op Duur, de hoogste pH- en V-waarden bereikt, die in ons klimaat bereikbaar zijn (pH ongeveer 7,2 à 7,5 en V ongeveer 50). Ook bij deze gronden zou voor practische doeleinden met kleinere en herhaalde bekalkingen volstaan kunnen worden. Op het proefveld Etten (Breda) is 2760 kg CaO gegeven en slechts 1064 kg als humuskalk vastgelegd, terwijl de pH slechts van 5,7 op 6,1 en de V van 14 op 21 komt. Ware alle kalk als humuskalk vastgelegd, dan zou de toename niet 0,038 %, doch $2760 \times 0{,}038 : 1064 = 0{,}099$ % CaO geweest zijn, dat is $99 : 28 = 3{,}5$ mE CaO. Het gehalte aan CaO zou dan gestegen zijn op $2{,}3 + 3{,}5 = 5{,}8$ mE, de S-waarde op $5{,}8 + 0{,}5 + 0{,}3 + 0{,}1 = 6{,}7$ mE en de V-waarde op $100 \times 6{,}7 : 21{,}5 = 31$. Een dergelijke V-waarde wordt bij humuszandgronden bij een pH van ongeveer 6,5 bereikt; beide waarden (31 en 6,5) zijn normaal voor practisch goed met kalk verzadigde humuszandgronden in ons klimaat. Deze resultaten leiden wel tot den raad, om voor practische doeleinden den grond van Etten (bij Breda) herhaaldelijk met kleine hoeveelheden kalk te bemesten. Op het proefveld IJhorst wordt slechts ongeveer de helft van de kalk als humuskalk vastgelegd, maar de rest blijft tenminste voorloopig nog in de bouwvoor als koolzure kalk hangen, zoodat althans de mogelijkheid bestaat, dat deze later als humuskalk zal worden vastgelegd. Bij de zwaarste bekalking van 9900 kg stijgt de pH tot 6,3 en de V tot 29, welke waarden slechts iets onder de 6,5 en de 30 blijven. Ook voor IJhorst kan, voor practische doeleinden, beter met een kleinere bekalking van bijv. hoogstens een 5000 kg CaO volstaan worden, welke dan later, in verband met de verkregen landbouwkundige en bodemkundige resultaten, herhaald kan worden.

Hier zij nog opgemerkt, dat alleen bij Nieuw-Beerta en IJhorst alle gegeven kalk practisch in de bouwvoor teruggevonden wordt, gedeeltelijk als kleihumuskalk, gedeeltelijk als koolzure kalk. Bij alle andere gronden, dus ook bij de zwaardere gronden van Achlum en Duur, is een vrij groot gedeelte van de gegeven kalkbemesting uitgespoeld; zelfs bij dit type grond is dus bij bekalkingsadviezen met uitspoeling van een deel van het ingebrachte kalkkapitaal binnen korten tijd rekening te houden.

Ook de volgende opmerking is nog wel van belang. Volgens tabel V legt de onbekalkte grond van het proefveld Duur bij bekalking met 8820 kg CaO (veldje 7402—06) 4343 kg, d. i. 49 %, als kleihumuskalk vast; en bij bekalking met 11 340 kg (veldje 7407—11) 4770 kg, d. i. 42 %. Van de meerdere kalk $11\,340 - 8820 = 2520$ kg wordt dus $4770 - 4343 = 427$ kg, of slechts 17 % vastgelegd. Het is evenwel de vraag, of bij bekalking van den grond van B 7402—06, die reeds een pH = 7,0 heeft, met nog 2520 kg CaO per ha, ook slechts 17 % van deze hoeveelheid, dat is 427 kg, zou worden opgenomen.

Ik heb deze beschouwingen hieraan toegevoegd, om duidelijk te maken, hoe nuttig het is de bodemkundige resultaten van een kalkbemesting in cijfers vast te leggen; d. w. z. na te gaan, wat er met de kalk nà de bekalking in den grond plaats vindt. Deze opmerking geldt trouwens ook voor de overige bemestingen.

Aan de hand van het in de tabellen opgenomen cijfermateriaal kan voor de verschillende veldjes van de overige proefvelden althans worden berekend, hoeveel kalk als kleihumuskalk is vastgelegd en hoeveel kalk als $CaCO_3$ in de bekalkte bovenlaag achterblijft. Hierbij zij opgemerkt, dat de berekeningen zonder correctie zijn gedaan en de onderstaande cijfers dus min of meer globaal zijn. Voor Etten (Geld.) bedraagt dit voor het zwaarst bekalkte veldje B 6897 (kalktoestand + 30) 12 425 kg CaO vastgelegd en 7000 kg CaO als $CaCO_3$ achtergebleven; dat is totaal 19 425 kg CaO. Dit veldje komt hierbij op een pH = 7,8 en een V = 48. Bij Borgercompagnie (curveproefveld) bedragen deze cijfers voor B 6911 resp. 9890 kg en 1288 kg, totaal 11 178 kg CaO, waarbij dit veldje komt op een pH = 7,3 en een V = 38; dat zijn uit een practisch oogpunt zeer hooge waarden voor deze grondsoort. Het gemiddelde van de 4 bekalkte veldjes van Elsloo (B 6978/81) is 3790 kg CaO als humuskalk vastgelegd (geen $CaCO_3$), waarbij de pH komt op 5,3 en de V op 20. De twee zwaarst bekalkte veldjes van Warnsveld nemen op 5356 kg CaO (B 7497/98) en 5772 kg CaO (B 7909/10), terwijl geen $CaCO_3$ achterblijft; de pH- en V-waarden komen op 6,7 en 6,5 en 30 en 29, dat zijn uit practisch oogpunt goede cijfers voor deze humuszandgronden. Zooals reeds is opgemerkt, kan ik de vraag, in hoeverre bij al deze bemestingen de theoretische kalktoestanden, bijv. bij Warnsveld van maximum + 8, bereikt worden, niet beantwoorden.

In tabel C (blz. 585) is opgenomen, tot welke gemiddelde waarden S (P), pH en V de tien onderzochte gronden komen, wanneer zij de hoeveelheden kalk volgens de resultaten van het percolatieonderzoek inderdaad als kleihumuskalk zouden vastleggen. Gezien de in tabel V medegedeelde resultaten zal dit wel niet het geval zijn; de gegeven kalkbemesting wordt gedeeltelijk uitgespoeld, gedeeltelijk als koolzure kalk vastgelegd. Met behulp van de in tabel V opgenomen gegevens kan nu door interpolatie, althans bij benadering, berekend worden, hoeveel van de kalk van het percolatie-advies als kleihumuskalk wordt vastgelegd en welke waarden S (P), pH en V de grond daarbij inderdaad bereikt. Ik zal dit aan een enkel voorbeeld toelichten. Blijkens tabel III wordt op de onbekalkte veldjes van het proefveld Duur (B 7387—91) bij het percoleeren per 100 g grond 8,9 mE kalk als kleihumuskalk geadsorbeerd. Hierdoor stijgt de S van 10,8 tot S (P) = 10,8 +

8,9 = 19,7 mE, de V tot 49 (zie tabel III) en de pH tot ongeveer 7,7 (interpolatie). De 8,9 mE kalk per 100 g grond komen overeen met 8,9 × 28 × 22,5 = 5607 kg CaO per ha in de bouwvoor (zie tabel V). Wat zal nu het resultaat van een kalkbemesting van 5607 kg CaO per ha zijn? Blijkens tabel V leggen de onbekalkte veldjes bij bekalking met 3780 kg kalk 42 % en bij bekalking met 6300 kg kalk 50 % van de kalk als kleihumuskalk vast. Als hier rechtlijnig geïnterpoleerd mag worden, dan wordt bij bekalking met 5607 kg ongeveer 47 % van de gegeven kalkbemesting door den grond als kleihumuskalk vastgelegd. Van de 8,9 mE CaO, die per 100 g grond gegeven wordt, wordt dus 47 %, d. i. 0,47 × 8,9 = 4,2 mE vastgelegd. De S stijgt dan van 10,8 tot 10,8 + 4,2 = 15,0 mE per 100 g grond. Dit geeft een V = 100 × 15,0 : 40,3 (zie T per 100 g grond in tabel II) = 37. Door interpolatie is verder te berekenen, dat de pH dan op rond 6,3 komt. Bij bekalking met de 5607 kg CaO volgens het percolatie-advies zou de grond dus niet tot de waarden S = 19,7, V = 49 en pH = 7,7, maar tot de waarden S = 15,0, V = 37 en pH = 6,3 komen.

Ook hier moet weer de vraag gesteld worden, hoe de reeds bekalkte veldjes zich ten opzichte van een bekalking volgens de resultaten van het percolatie-onderzoek zullen gedragen. Zoo neemt de grond B 7402—06 van Duur bij het percoleeren per 100 g nog 2,5 mE kalk op; dat is per ha in de bouwvoor (2 250 000 kg) 1575 kg. Ook van deze 1575 kg zal de grond slechts een deel opnemen; welk deel is evenwel uit onze cijfers niet op te maken.

Samenvatting Hoofdstuk VIII

Wanneer kalk in den grond gebracht wordt, dan voeren de zuren in den grond, dat zijn de klei- en humuszuren eenerzijds en het koolzuur anderzijds, een strijd om het bezit van de kalk. Bovendien oefent het regenwater zijn uitloogende werking uit. Van een gegeven kalkbemesting wordt dus een deel als kleihumuskalk vastgelegd, een deel blijft achter als koolzure kalk en een deel wordt uit den grond uitgespoeld (32). Hoe groot elk van deze drie deelen zal zijn, hangt van verschillende factoren af. In sterk zure gronden overweegt de invloed van de kleihumuszuren; in zwak zure tot zwak alcalische gronden staat het koolzuur sterker in den strijd en dit te meer, omdat in dergelijke gronden, vooral bij aanwezigheid van voldoende humus, een sterkere koolzuurproductie plaats vindt dan in zure gronden. In zandige gronden zal mogelijk meer worden uitgewasschen dan in zwaardere, humusrijke gronden. Het is van belang de bodemkundige resultaten van een kalkbemesting na te gaan, dat wil dus zeggen, te bepalen hoe groot elk van deze drie deelen is (zie tabel V). De grond van Achlum, met een hooge pH en

enkele procenten $CaCO_3$, legt geen kalk vast, noch als kleihumuskalk, noch als $CaCO_3$; hier wordt alle gegeven kalk uit de bouwvoor uitgespoeld. Alleen de grond van Nieuw-Beerta legt bij de zwakste bekalking 100 % van de gegeven kalkbemesting als kleihumuskalk vast; de pH stijgt hierbij van 5,8 tot 6,7; in alle overige gevallen wordt van slechts 60 % tot 21 % van de kalk vastgelegd. Op de sterkst bekalkte veldjes van Nieuw-Beerta en op de veldjes van IJhorst wordt de rest van de kalk vrijwel geheel als $CaCO_3$ vastgelegd; practisch wordt hier geen kalk uit de bouwvoor uitgeloogd. Bij Kloetinge, Duur en Etten (Breda) blijft geen $CaCO_3$ in de bouwvoor achter; de kalk, die niet als kleihumuskalk wordt vastgelegd, wordt uit de bouwvoor uitgespoeld.

Vooral bij bekalkings-adviezen, waarvan het doel is zwak alcalische reacties, resp. hooge kalktoestanden te bereiken, moet met de werking van het koolzuur (vorming van $CaCO_3$) en de uitspoelende werking van het regenwater rekening gehouden worden. In dergelijke gevallen zal het gestelde doel bij toediening van de theoretische berekende hoeveelheid zeker niet bereikt worden; een groot deel van de gegeven kalk wordt uitgespoeld of blijft als $CaCO_3$ achter. Het lijkt mij beter in dergelijke gevallen de theoretisch noodige hoeveelheid kalk over meerdere jaren te verdeelen. In een voorbeeld is nader toegelicht, dat deze beschouwingen ook voor bekalkingsadviezen op grond van de resultaten van het percolatie-onderzoek gelden.

HOOFDSTUK IX

Beteekenis van het verkregen cijfermateriaal uit een practisch landbouwkundig oogpunt (tabel D, blz. 600)

Ik kom thans tot de beantwoording van misschien wel de voornaamste vraag van deze verhandeling: wat is de beteekenis van het verkregen cijfermateriaal voor den praktischen landbouw; een vraag, die trouwens ook reeds in de vorige hoofdstukken af en toe is aangeroerd. Ter beantwoording van deze vraag kan ik het cijfermateriaal het best in drie rubrieken indeelen, te weten: de resultaten volgens mijn eigen methoden (grootheden S, T volgens de barietmethode en de bijbehoorende V = 100 S : T), de resultaten volgens de potentiometrische kalktitratie en die volgens de percolatiemethode.

Eerste rubriek

Beteekenis van de grootheden S, T en V (en pH)

Zooals ik reeds in Hoofdstuk I kort uiteengezet heb, beoogen mijne onderzoekingen op dit gebied in de eerste plaats alleen, om met behulp van de

grootheden S, T, V en andere (mechanische samenstelling, $CaCO_3$, humus, pH, e. a.) het karakter van een bepaalden grond vast te stellen en daarbij te trachten, de gronden zooveel mogelijk in groepen van gelijksoortige typen te vereenigen. Lukt dit, dan kunnen gronden van ongeveer hetzelfde type onderling met elkander vergeleken worden. Wanneer dan verder de verschillende typen ook landbouwkundig bekend zijn; wanneer men dus voldoende weet, op welke wijze zij landbouwkundig behandeld moeten worden (bemesting, bewerking, gewas, desnoods ook ontwatering, e. a.), dan kan dit alles waardevolle gegevens voor de practijk bij het bebouwen van nog onbekende of niet voldoend bekende gronden opleveren. Ik moge mijne bedoeling hier kort aan enkele voorbeelden toelichten.

De mariene minerale gronden. Het type van de lichtere tot zwaardere zeekleigronden in Nederland — doch deze laatste bijvoeging geldt stilzwijgend voor alle hier gegeven beschouwingen — is bodemkundig voldoende bekend en in cijfers vastgelegd. Nader moet nog worden vastgesteld, waar de onderste grens voor het kleigehalte (fractie I + II) van dit type ligt. Voorloopig kan deze op ongeveer 25 à 30 % klei (fractie I + II op klei + zand = 100) worden aangenomen. Het humusgehalte is bij de oudere bouwgronden van dit type, die op dit punt reeds hun evenwichtstoestand onder in de in Nederland heerschende klimatologische omstandigheden bereikt hebben (33), ongeveer 5 % van het kleigehalte (fractie I + II). In het jongere stadium, dat bijv. bij de gronden in het Dollardgebied ongeveer een 250 jaar duurt, bevatten zij in de bovenlaag nog koolzure kalk, welk gehalte op het einde van deze periode tot ongeveer nul gedaald is. In dit stadium is hun S-waarde ongeveer 37 à 38 mE (op 100 g klei + humus = ag), gelijkstaande met ongeveer 1,04 à 1,06 g CaO. Hun T-waarde schommelt tusschen ongeveer 80 à 90 mE, gem. 85 mE (op 100 g klei + humus). Hun V-waarde in dit jongere stadium ligt tusschen ongeveer 42 en 47, gem. ongeveer 45, terwijl hun reactie zwak alcalisch (pH ongeveer 7 à 7,5) blijft. Nà het passeeren van den leeftijd van 250 à 300 jaar nemen de waarden S, V en pH af. Voor verdere gegevens, mede betreffende hunne gehalten aan stikstof, phosphorzuur en kali, hun gedrag ten opzichte van de ontwatering en hun landbouwkundige beteekenis, zij naar mijn Dollardpublicatie verwezen. Van deze gronden is bekend, dat zij in het jongere stadium nog geen behoefte aan een bekalking hebben. Eerst tegen het einde van dit jongere stadium, wanneer het gehalte aan $CaCO_3$ in de bovenlaag beneden ongeveer 1 % daalt, kan bekalking, vooral met het oog op de structuur van den grond, noodig blijken. Ook wat betreft de behoefte aan bemesting met stikstof, phosphorzuur en kali is dit jongere stadium voldoende bekend. Bij dit alles moet het geheele

bodemprofiel natuurlijk mede in aanmerking genomen worden, iets waarop ik trouwens in vroegere publicaties meermalen gewezen heb. Zoo is de groote vruchtbaarheid en de goede afwatering in het jongere Dollardstadium mede te danken aan de omstandigheid, dat de bovenste laag, ter dikte van ongeveer 1,5 à 2,5 m en soms meer, uit het zwaardere zeekleitype bestaat. Zoowel voor de ontwatering als voor de voeding van de planten spelen deze diepere lagen mede een groote rol.

Door vergelijking van een ouderen grond met de jongere gronden van dit type kan de kalkbehoefte — en trouwens ook, althans globaal, de behoefte aan stikstof, phosphorzuur en kali — van dezen ouderen grond bepaald worden. Een voorbeeld moge dit voor de kalkbehoefte toelichten. De bovengrond van perceel 11 van de proefboerderij Nieuw-Beerta (zie Dollard-publicatie grondmonster n°. B 3423) behoort tot de oudere Dollardgronden. De grond bevat geen $CaCO_3$ meer; de reactie is reeds zuur (pH = 5,9). Het is, wat ik genoemd heb, stadium V van de Dollardgronden. De S-waarde op 100 g klei (+ humus) is gedaald tot 30,0. Per 100 g grond is aanwezig 68,4 % klei en 4,8 % humus, overeenkomende met 4,545 × 4,8 = 21,8 % klei; totaal dus ag = 90,2 g klei (+ humus). De S-waarde van dezen grond moet nu gebracht worden van 30 op 38, dat is de gemiddelde S-waarde van het jongere Dollard-type. Daartoe moet per 100 g klei (ag) 8 mE kalk worden geadsorbeerd; dat is per 100 g grond 90,2 × 8 : 100 = 7,2 mE of 7,2 × 28 = 201,6 mg CaO. Ik reken de bovenlaag op 20 cm dikte met een volumegewicht van 1,25; dat wordt 2,5 millioen kg droge grond per ha. Deze massa moet dus 2016 × 2,5 = 5040 kg CaO als kleihumuskalk opnemen, om op de S-waarde 38 te komen. Daarmede zal tevens de pH tot ongeveer 7,5 en de V tot 41 stijgen. Een dergelijke hoeveelheid kalk zal door een grond met een pH van 5,9 zeer waarschijnlijk niet direct in haar geheel worden opgenomen; zelfs bij de beste menging op het veld zal vermoedelijk een gedeelte als koolzure kalk achterblijven. De zuren in den grond, de klei- en humuszuren eenerzijds en het koolzuur anderzijds voeren een strijd om het bezit van de kalk; bij verzadigingstoestanden van de kleisubstantie van om en bij de 40 is de kans groot, dat reeds een vrij groot gedeelte van de kalk aan het koolzuur ten prooi valt. Hierbij vormt zich, naast koolzure kalk, ook het in water oplosbare calciumbicarbonaat, zoodat altijd op uitspoeling van kalk gerekend moet worden (zie mede Hoofdstuk VIII). In het zwaardere Dollard-type is deze uitspoeling evenwel gebleken gering te zijn (34). Bij grootere kalkgiften dan 5000 kg CaO per ha zal natuurlijk een nog grooter deel van de kalk als koolzure kalk in de bouwvoor achterblijven. Hoewel het doel van de kalkbemesting hier in de eerste plaats moet wezen, om het gehalte aan kleihumuskalk op te voeren, zoo is de kalk bij den overgang in $CaCO_3$,

zoolang dit kalkkapitaal in de bouwvoor aanwezig blijft, toch niet als verloren te beschouwen. Het ligt hier zelfs niet geheel renteloos; geregeld lossen er kleinere hoeveelheden van de koolzure kalk als calciumbicarbonaat op, waaruit de kleikalk weer kan worden aangevuld. Bovendien oefent een oplossing van calciumbicarbonaat een uitvlokkende werking uit, wat verbeterend op de structuur werkt. En een nadeelige werking oefent de koolzure kalk niet uit; in het jongere stadium bevat dit type grond zelfs tot 10 % $CaCO_3$ en meer.

Wanneer men eenmaal zoover gekomen is, dat het bodemtype goed is vastgelegd zoowel bodemkundig als landbouwkundig, en wanneer ook de methoden van onderzoek nauwkeurig onderzocht en juist bevonden zijn, dan kan verder overwogen worden, inhoeverre een eventueel massa-onderzoek met behulp van snel-methoden ware uit te voeren. Maar daarbij moet wel vooraf worden vastgesteld, wat de fouten bij deze snel-methoden ongeveer zijn en wat het in dit opzicht ten aanzien van het beoogde doel lijden kan. Zoo zal bijv. een snelle bepaling van de waarde T-S waarschijnlijk wel mogelijk wezen op de volgende manier: men bepaalt slechts één punt van de rechte opgaande barietlijn; trekt daardoor een lijn, die een hoek van 45° met de horizontale as maakt; het snijpunt van deze lijn met de horizontale as geeft de gezochte (T-S)-waarde met eenige benadering weer (35).

De hierboven gegeven beschouwingen zijn van algemeene toepassing. Zoo is bijv. het *mariene zandige bodemtype* (tot ongeveer 10 % klei), mede dank zij de onderzoekingen eerst van de Commissie Lovink en later van de Directie van de Wieringermeer, thans voldoende bekend, om als vergelijkingsobjekt te dienen. Tusschen dit type en het zwaardere type staat *het zaveltype*. Ik heb den indruk gekregen, dat men hier met een kalkbemesting voorzichtiger moet zijn dan bij de kleigronden; te veel kalk zou hier mogelijk alcalische ziekten kunnen veroorzaken. Ook is hier eerder uitspoeling van kalk mogelijk. Dit alles dient nader te worden onderzocht. Het object Kloetinge behoort tot dit type; Duur ligt min of meer op de grens, maar behoort toch meer tot de zwaardere gronden.

Bij het vaststellen van de cultuurwaarde van de nieuwe Zuiderzeegronden is van onze tegenwoordige kennis van de mariene gronden een dankbaar gebruik gemaakt. Dit gold reeds voor de gronden van den Wieringermeerpolder; maar met behulp van de hier verkregen kennis is het thans mogelijk, de gronden van den Noordoostpolder vrij goed te beoordeelen. En bij het opmaken van de plannen voor de bedijking van de Zuidelijke Polders bewijst onze bodemkundige kennis op dit gebied wederom goede diensten.

Het type van de humushoudende zandige gronden. In het algemeen gezegd, zijn dit zandige gronden, dus gronden met een laag gehalte aan klei (fractie

I + II), die evenwel zooveel humus bezitten, dat dit bestanddeel mede zijn stempel op het bodemtype drukt. Het humusgehalte mag echter niet zóó hoog worden, dat het bij de bepaling van het type geheel overheerschend wordt en het zandige beeld zooal niet verdwijnt, dan toch op den achtergrond geraakt. Bij mijn tegenwoordige kennis van dit bodemtype is het mij onmogelijk, de grenzen van de gehalten aan humus, klei en zand voor dit type aan te geven. Wel wil het mij voorkomen, dat de zes hier behandelde proefvelden alle nog wel tot dit type gerekend kunnen worden. De grond van Elsloo lijkt mij nog niet voldoende humus te bevatten (gem. 14,9 %), om hier al van het min of meer veenige type te spreken. De grond van Etten (Breda) staat wel op de grens van de humushoudende zandige en de zandige gronden; het humusgehalte bedraagt slechts 3 %, terwijl het mij niet onmogelijk lijkt, dat deze humus nog voor een deel uit minder goed vergane organische stofresten van wortels, strootjes, enz. bestaat. Ik moet dit alles evenwel aan nadere studiën overlaten (36).

In de landbouwpractijk — in hoofdzaak wel bij bemestingsproeven — is nu gebleken, dat een zuurgraad van ongeveer pH = 6,5 wel een optimale zuurgraad voor dit bodemtype is. Bij oordeelkundige bemesting kunnen vrijwel alle gewassen bij dezen zuurgraad verbouwd worden. Bij verbouw van klaver, erwten, suikerbieten, e. d. wordt alcalisch bemest, d. w. z. met chili- of kalksalpeter en thomasslakkenmeel; bij verbouw van aardappelen, haver, e. d. wordt zuur bemest, d. w. z. met zwavelzure ammoniak en superphosphaat. Het doel van eene bekalking van zuurdere gronden van dit type zou dus moeten wezen, de pH op ongeveer 6,5 te brengen. Dit dient geleidelijk aan te geschieden; te zware bekalkingen kunnen schadelijk werken. Ik denk hier aan het optreden van alcalische ziekten, maar ook aan een te snelle omzetting van de zoo kostbare organische stoffen (37). Ik moge hier nog opmerken, dat deze omzetting bij eenigszins zure reactie van den grond betrekkelijk langzaam verloopt (38).

Bij mijne onderzoekingen is nu gebleken, dat het punt van den optimalen zuurgraad (pH = 6,5) bij nagenoeg alle onderzochte gronden van dit type overeenkomt met een S = rond 160 mE, d. i. ongeveer 4,5 g CaO per 100 g humus, alle basen op kalk omgerekend, en een V = ongeveer 30. Voor zoover onderzocht — het zijn slechts enkele grondmonsters — geldt dit ook voor het meer veenige type (40—50 % humus) en het humus-klei-type (bijv. 48 % humus, 32 % klei en 20 % zand). Ik schreef reeds vroeger, dat dit er op wijst, dat mijne V-waarden voor deze typen van humusgronden mogelijk een zekere algemeene beteekenis bezitten en dus in staat zouden zijn, deze typen goed te karakteriseeren (39).

Voor bekalkingsadviezen geeft dus een pH-bepaling reeds aan, of deze gronden al of niet bekalkt moeten worden. Ik zie nog altijd niet in, waarom deze pH-bepaling, dus alleen met het doel om een indruk van de kwalitatieve kalkbehoefte van het type van de humusgronden te krijgen, niet met behulp van de methode COMBER geschieden kan. Zoolang de Comber nog rood kleurt, kan kalk gegeven worden. Nu tegenwoordig de pH-bepalingen snel en goedkoop aan het Bedrijfslaboratorium te Groningen geschieden kunnen, kan men natuurlijk ook zijn grondmonsters ter onderzoek daarheen zenden. De tweede vraag, met hoeveel kalk de betreffende grond bemest moet worden, kan niet door een enkele pH-bepaling beantwoord worden en dit geldt zoowel voor de potentiometrische pH-bepaling in het laboratorium als voor de Comber pH-bepaling. Daarvoor dient men te weten, hoeveel kalk (CaO) per 100 g grond als humuskalk moet worden vastgelegd, om de pH = 6,5 te bereiken. Men kan dit als volgt berekenen. Van het onbekalkte perceel IJhorst (B 7412—17) is het gehalte aan basen op 100 g humus (+ klei) S = 60,3 mE (zie tabel III). Dit moet worden 160 mE; 100 g humus moeten dus nog 99,7 mE CaO vastleggen. Per 100 g grond is aanwezig 9,1 g humus + klei (zie tabel II); per 100 g grond moet dus 0,091 × 99,7 = 9,07 mE CaO, dat is 0,254 g CaO worden vastgelegd. De bouwvoor van 1 ha weegt 2 160 000 kg (zie tabel V) en moet dus 2540 × 2,16 = 5486 kg CaO vastleggen. Geschiedt dit, dan komt de S van 60,3 mE op 160 mE, de pH van 4,8 op 6,5 en de V van 12 op 30. Nu is het derde veldje van dit proefveld (B 7424—29) met 9900 kg per ha bemest. Hiervan wordt slechts 4817 kg als humuskalk vastgelegd, dat is 49 %; de pH komt hierbij op 6,3 en de V op 29. Bij bemesting met 5340 kg CaO (veldje B 7418—23) wordt slechts 3132 kg CaO opgenomen, d. i. 59 %; de pH komt op 5,8 en de V op 22. Niettegenstaande de goede vermenging van den grond met de kalk wordt toch slechts ongeveer de helft van de kalk als humuskalk vastgelegd. Voorloopig blijft de rest grootendeels als $CaCO_3$ in de bouwvoor achter (zie ook Hoofdstuk VIII). Dit resultaat leidt tot het advies, de theoretisch noodige hoeveelheid van 5486 kg kalk niet in één keer te geven. Men kan beter jaarlijks kleinere hoeveelheden geven en door een pH-bepaling nagaan, hoever de vastlegging van de kalk door de humus gevorderd is. Waar de zaken zoo staan, lijkt het mij niet onmogelijk, de hoeveelheid jaarlijks te geven kalk op grond van een humusbepaling en een pH-bepaling althans globaal aan te geven. In allen geval zie ik er geen bezwaar in, dat de boer zelf met behulp van een Comber-toestel jaarlijks nagaat, hoever het met de vastlegging van de kalk door de humus gekomen is. Dit heeft bovendien een opvoedende waarde; de boer krijgt daardoor meer belangstelling voor dit onderdeel van zijn bedrijf (40). Wel zal het daarbij aanbeveling verdienen, af en toe enkele

grondmonsters ter controle op pH-onderzoek naar het Bedrijfslaboratorium te Groningen op te zenden.

In het bovenstaande is dus betoogd, dat de gunstige omstandigheden, wat hunne kalktoestanden betreft, voor de zwaardere minerale gronden liggen bij een verzadigingstoestand V van ongeveer 45 en die voor de humushoudende zandige gronden bij een V van ongeveer 30. Met behulp van de gegevens van tabel III en VII kan voor van den grond van elk proefveld berekend worden, welke waarden S en pH bij resp. V = 45 en V = 30 liggen. Dit geschiedt als volgt. Volgens de formule is V = 100 S : T; dus S = 0,01 V × T. De gemiddelde T van proefveld Nieuw-Beerta (perceel 11) is b(ag) = 83,2 (zie tabel VII); dus bij een V = 45, wordt S = 0,45 × 83,2 = 37,4 mE (op 100 g klei = ag). Volgens tabel III is van B 6903, waarvan S juist 37,4 is, de pH = 7,6. Voor Etten (Geld.) is T = 82,8; bij V = 45 wordt S = 0,45 × 82,8 = 37,3. Volgens tabel III bezitten de gronden van Etten (Geld.) B 6896 en B 6897, met S-waarden van 36,6 en 38,3, resp. pH-waarden = 7,3 en 7,8; bij een S = 37,3 wordt pH = 7,5 (interpolatie). Voor Borgercompagnie (curveproefveld) is T gemiddeld 555 mE op humus (zie tabel VII); bij V = 30 wordt S = 0,3 × 555 = 167 mE op 100 g humus. Volgens tabel III bezitten de gronden van Borgercompagnie B 6910 en B 6911, met S-waarden van 156,1 en 197,1, resp. pH-waarden = 6,4 en 7,3; bij een S = 167 wordt pH = 6,64 (interpolatie). De bijbehoorende pH-waarden, voor zoover niet bekend, zijn dus door interpolatie berekend. Deze gegevens zijn in tabel D (blz. 600) opgenomen. Voor Achlum, Borgercompagnie 2 en Elsloo kunnen de pH-waarden, resp. bij V = 45 en V = 30, niet door interpolatie berekend worden. Bij de minerale gronden loopt Achlum, bij de humuszandgronden Etten (Breda) er wat uit. Voor Kloetinge is de pH (= 7,1) wat laag. Gemiddeld is bij een V = 45 de S-waarde van de onderzochte minerale gronden 37,4 mE (op 100 g klei) en de pH = 7,4; en bij een V = 30 de S-waarde van de onderzochte humuszandgronden 158 mE (op 100 g humus) en de pH = 6,63 (zie tabel D).

Tweede rubriek

De resultaten volgens de potentiometrische kalktitratie. De resultaten volgens de potentiometrische kalktitratie geven alleen aan, hoeveel kalk de betreffende grond moet vastleggen, om — onder de omstandigheden van de proef — op een bepaalde pH te komen; meer niet. Op zichzelf zeggen deze resultaten nog niets aangaande de kalkbehoefte van den onderzochten grond. Daarvoor is het noodig, om op grond van de resultaten van bemestingsproeven de optimale pH van den betreffenden grond voor de te verbouwen

TABEL D

De basenrijkdom S in mE op 100 g adsorbeerend materiaal (= ag; dus voor de minerale gronden op 100 g klei + humus en voor de humuszandgronden op 100 g humus + klei) en de zuurgraad (pH)

	S	pH		S	pH
Bij een verzadigingstoestand V = 45 voor de minerale gronden			*Bij een verzadigingstoestand = 30 voor de humushoudende zandgronden*		
Nieuw-Beerta (11)	37,4	7,6	Borgercompagnie (1) . .	167	6,64
Nieuw-Beerta (3)	39,7	7,5	Borgercompagnie (2) . .	167	—
Achlum	34,8	—	Etten (Breda).	137	6,70
Kloetinge	38,2	7,1	Elsloo	155	—
Etten (Geld.)	37,3	7,5	IJhorst	158	6,38
Duur (Olst)	37,1	7,4	Warnsveld	163	6,80
Gemiddeld	37,4	7.4	Gemiddeld	158	6,63

gewassen vast te stellen. Voor het type kleigronden ligt deze optimale pH bij zwak alcalische reactie (pH ongeveer 7,5), voor het type humushoudende zandige gronden (en vermoedelijk voor humushoudende gronden in het algemeen) bij zwak zure reactie (pH ongeveer 6,5). Ook bij bemestingsadviezen op grond van de resultaten van een potentiometrische kalktitratie moet er rekening mee gehouden worden, dat slechts een deel van de kalk — ook bij de beste vermenging op het veld — door de klei-humussubstantie wordt vastgelegd. Daarbij komt nog, zooals ik reeds uiteengezet heb (Hoofdstuk VI, blz. 578—79), dat bij de kalktitratie een pH-waarde met minder kalk bereikt wordt dan bij den natuurlijken grond het geval is. Zoo wordt bijv. de pH = 6,5 bij de kalktitratie van den grond van IJhorst bij een S = 134 bereikt (tabel IV). De S-waarde van den grond van het tweede perceel IJhorst (B 7418—23) is 118 met een pH = 5,8 en van het derde perceel (B 7424—29) 152 met een pH = 6,3 (tabel III); bij een S = 134 ligt de pH van den natuurlijken grond dus tusschen de 6,0 en 6,1 in. Dit is een reden te meer, waarom de kalktoestanden, die men bij bemestingen op grond van de resultaten van een potentiometrische kalktitratie denkt te bereiken, niet bereikt worden.

Derde rubriek

De resultaten volgens het percolatie-onderzoek. Het percolatie-onderzoek geeft slechts één cijfer, nl. de hoeveelheid kalk, die de betreffende grond bij het percoleeren met een oplossing van calciumacetaat vastlegt. Het ligt

voor de hand, dat enkel op grond van de kennis van dit cijfer geen bekalkingsadvies gegeven kan worden. Om dit te kunnen doen, moet men dan toch eerst weten, tot hoever de betreffende grond bij het percoleeren komt, d. w. z.: tot welke waarden S, pH en V. En verder, welke de optimale waarden voor S, pH en V voor dezen grond en de te verbouwen gewassen in ons klimaat zijn. Voor de resultaten van het percolatie-onderzoek zij naar tabel III verwezen. In tabel C (blz. 585) zijn de gemiddelde waarden voor S (P), pH en V, d. i. de basenrijkdom, de zuurgraad en de verzadigingstoestand, in den percolatie-toestand van elk proefveld opgenomen. Zooals reeds in Hoofdstuk VII is opgemerkt, blijken deze drie waarden voor de gelijksoortige onderzochte gronden niet veel uiteen te loopen, mits natuurlijk de waarde S (P) in mE op 100 g adsorbeerend materiaal (ag, klei of humus) wordt uitgedrukt. Het tiental onderzochte gronden liet zich in drie groepen indeelen; tabel C (blz. 585) bevat de gemiddelde waarden voor elke groep. Men kan nu niet anders te werk gaan dan ik bij het bespreken van de beteekenis van mijne grootheden S, T en V (en pH) voor de praktijk in de eerste rubriek van dit Hoofdstuk gedaan heb. De optimale basentoestand voor de kleigronden ligt ongeveer bij een S van 37 à 38, een pH van 7,5 en een V van 45; die voor de humuszandgronden bij een S van ongeveer 160, een pH van 6,5 en een V van 30. Reeds hierin ligt opgesloten, dat voor een bekalkingsadvies niet enkel met het resultaat van het percolatie-onderzoek volstaan kan worden; ook het type van den grond moet bekend zijn. Uit de gegevens van tabel C (blz. 585) kan nu worden opgemaakt, in hoeverre de onderzochte gronden van elke groep bij het percoleeren de optimale toestanden bereiken.

a. *De zwaardere minerale gronden.* Voor de objecten Nieuw-Beerta, Etten en Duur zijn de drie waarden nà het percoleeren gemiddeld S (P) = 38,6 mE, V = 46 en pH = 7,54 (zie tabel C). Practisch komen deze waarden overeen met de optimale waarden (S = 37 à 38; pH = 7,5 en V = 45) van deze groep. Voor het type van zwaardere kleigronden geeft het resultaat van de percolatie-methode dus cijfers, die hiermede overeenstemmen. Op grond van de resultaten van de percolatie-methode kunnen dus bekalkingsadviezen voor dit type gegeven worden. Ik moge nog opmerken, dat de percolatie-methode bij gronden, die $CaCO_3$ bevatten, minder juiste uitkomsten geeft; maar de zwaardere zeekleigronden, die nog $CaCO_3$ bevatten, behoeven over het algemeen nog geen kalkbemesting. En indien deze, bijv. op grond van structuur-moeilijkheden, noodig geacht mocht worden, komt het voor dit bodemtype op een 1000 kg CaO per ha meer of minder niet aan.

b. *Het type Kloetinge, dat is het type van de mariene, lichte zavelgronden.* Van dit type zijn mij de optimale waarden S, pH en V niet bekend. Wat de

natuurlijke gronden van Kloetinge betreft, behoort bij een V = 45 een S = 38,2 mE (op 100 ag) en een pH van ongeveer 7,1 (tabel D). In zooverre wijkt dit type weinig van het zwaardere zeekleitype af. Na het percoleeren wordt evenwel een S = 52,8 mE bereikt met een V = 63 en een pH boven de 8 (zie tabel C). Zij, die de percolatiemethode propageeren, zullen zich moeten afvragen, of een bekalking van den grond van Kloetinge wenschelijk is, totdat deze per 100 kg klei 52,8 mE base, dat is in kalk uitgedrukt 1,48 g CaO bevat, waarbij een V = 63 en een pH boven de 8 bereikt wordt; en of het wenschelijk is, met de bekalking door te gaan, om dezen grond op dit hooge basenniveau te houden.

c. *De humushoudende zandige gronden.* Voor de zes tot deze groep behoorende proefvelden (Borgercompagnie—Warnsveld) zijn de drie waarden nà het percoleeren gemiddeld S(P) = 196 mE, V = 37 en pH = 7,24 (zie tabel C). Toevallig bevindt de natuurlijke grond B 6911 (Borgercompagnie) met zijn waarden S = 197, V = 38 en pH = 7,3 (zie tabel III) zich vrijwel precies in den gemiddelden percolatietoestand. Hierboven is in rubriek I reeds opgemerkt, dat de optimale toestand voor de groep van de humushoudende zandgronden ongeveer ligt bij de waarden van ongeveer S = 160, pH = 6,5 en V = 30 (zie blz. 597). Volgens het percolatie-advies zouden hier vrij wat hoogere waarden bereikt moeten worden. Ik herhaal hier, wat ik aan het slot van groep b (Kloetinge) gezegd heb. Zij, die de percolatiemethode propageeren, zullen zich moeten afvragen, of een bekalking van het type humushoudende zandige gronden met het oog op de cultuur wenschelijk is, totdat deze gronden per 100 g humus 196 mE basen, d. i. 5,5 g CaO bevatten, waarbij een V = 37 en een pH van gemiddeld ongeveer 7,2 à 7,3 bereikt wordt (zie tabel C). Zij zullen dan tevens moeten bedenken, dat een humushoudende zandige grond bij een dergelijk hoog pH-cijfer gemakkelijker zijn kalk verliest dan bij een pH-cijfer tusschen de 6 à 6,5, zoodat vrij geregeld bekalkingen noodig zullen zijn, om den kalktoestand op het hooge niveau volgens de percolatie-methode te houden. En ten slotte is het toch ook wel van gewicht, dat de omzetting van de zoo kostbare organische stoffen bij pH-waarden boven de 7 sneller verloopt dan bij zure pH-waarden (zie noot 38).

Zooals uit het volgende moge blijken, kan uit het resultaat van het percolatie-onderzoek ook niet berekend worden, hoeveel kalk als humuskalk moet worden vastgelegd, om den verzadigingstoestand V = 30 te bereiken. Stel een grond bezit een waarde S en T, terwijl de basenrijkdom in den percolatie-toestand is S_{37} (bij V = 37); dan is dus uit het percolatie-onderzoek bekend $S_{37} - S = a$ mE CaO. Gevraagd wordt $p = S_{30} - S$, waarin S_{30} de

basenrijkdom bij een V = 30 is. Nu is $T = 100\ S_{37} : 37 = 100\ S_{30} : 30$; dus $30 \times S_{37} = 37 \times S_{30}$; en $30\ (a + S) = 37 \times (p + S)$; wat geeft $p = 30a : 37 - 7\ S : 37$. Zonder de kennis van S, dat is de basenrijkdom van den te bekalken grond, is de waarde p dus niet te berekenen; met eenige benadering kan voor p de waarde 30a : 37 genomen worden.

Samenvatting van Hoofdstuk IX

Alvorens de inhoud van dit laatste Hoofdstuk in een overzicht samen te vatten, wil ik den lezer den raad geven, in allen geval dit negende Hoofdstuk in zijn geheel te lezen.

Zooals ik reeds in Hoofdstuk I opgemerkt heb, kunnen bemestingsadviezen, welke dan ook, nooit enkel en alleen op grond van de resultaten van een bodemkundig onderzoek gegeven worden. Om dergelijke adviezen te geven, kan misschien het beste de volgende weg worden ingeslagen. Van een bepaald bodemtype wordt een reeks gronden (A) gezocht, waarvan door bemestingsproeven — hetzij op het open veld, hetzij in potten — bekend is, dat zij in ons klimaat voor een bepaald gewas geen behoefte aan een bepaalde voedingsstof, bijv. aan phosphorzuur, hebben; gronden, die zich dus in dit opzicht in optimale omstandigheden bevinden. Wanneer nu een grond B van hetzelfde type voor hetzelfde gewas bij bemestingsproeven blijkt wel behoefte aan een bemesting met phosphorzuur te bezitten, dan kan getracht worden, of dit landbouwkundig verschil tusschen de gronden A en B ook met behulp van een bodemkundig onderzoek is vast te stellen. Is dit het geval, dan is er tenminste kans, dat de resultaten van dit onderzoek richtlijnen voor een bemestingsadvies met phosphorzuur kunnen verschaffen. Voorop dient dus een studie van de verschillende bodemtypen in Nederland te staan. Voorloopig heb ik volstaan met enkele van deze typen zoo goed en zoo kwaad mogelijk te karakteriseeren door hunne gehalten aan koolzure kalk, klei (en de verschillende fracties) en zand (met het U-cijfer), de samenstelling van de kleifractie, de gehalten aan humus en stikstof en het percentage stikstof op humus. Wat de kalkrijkdom, waarom het in deze verhandeling gaat, betreft, heb ik verder — naast de koolzure kalk — de waarden S (rijkdom van de kleihumussubstantie aan uitwisselbare basen kalk, magnesia, kali en natron), pH (zuurgraad) en V (verzadigingstoestand van de kleihumussubstantie met basen) als de meest karakteristieke gekozen; zij hebben bovendien het voordeel, dat ze met elkander samenhangen. Ik heb vastgesteld, wat de optimale waarden voor deze laatste grootheden voor twee bodemtypen zijn. Voor de kleigronden heb ik ongeveer de waarden S = 37 à 38 mE (op 100 g klei), pH = 7,5 en V = 45 gevonden; voor de humus-

zandgronden ongeveer S = 160 (op 100 g humus), pH = 6,5 en V = 30; mogelijk gelden deze laatste waarden voor de humusgronden in het algemeen. Gronden van hetzelfde type kunnen nu ten opzichte van deze waarden onderling met elkander vergeleken worden. Blijken de cijfers, S, pH en V van een kleigrond lager te zijn dan 37 à 38, 7,5 en 45 of die van een humuszandgrond lager dan 160, 6,5 en 30, dan kan berekend worden, hoeveel kalk (CaO) per 100 g grond, en daarna per ha in de bouwvoor, door de kleihumussubstantie moet worden vastgelegd, om op de optimale waarden van het betreffende type te komen. Hierbij is wel te bedenken, dat de gegeven kalk gewoonlijk slechts ten deele door de kleihumussubstandtie wordt vastgelegd; een gedeelte wordt uitgespoeld, een gedeelte gaat in koolzure kalk over (zie Hoofdstuk VIII).

Met behulp van een potentiometrische kalktitratie kan bepaald worden, hoeveel kalk — onder de omstandigheden van de proef — de kleigronden moeten opnemen om tot een pH = 7,5 en hoeveel kalk de humusgronden moeten opnemen om tot een pH = 6,5 te komen. Ook hierbij zal, bij het geven van bekalkingsadviezen, erom gedacht moeten worden, dat de kalk gewoonlijk slechts ten deele als kleihumuskalk wordt vastgelegd.

Om de beteekenis van de resultaten van het percolatie-onderzoek te kunnen beoordeelen, heb ik eerst moeten vaststellen, welke waarden S, pH en V de onderzochte gronden in den percolatietoestand, d. i. nà het percoleeren op de voorgeschreven wijze met een oplossing van calciumacetaat (met een pH = 7), bereiken. Voor de onderzochte kleigronden bleken deze te zijn (zie tabel C, blz. 585) gem. ongeveer S = 38,6, pH = 7,5 en V = 46; welke waarden vrijwel met de optimale waarden voor dit bodemtype overeenkomen. Op grond van de resultaten van het percolatie-onderzoek kunnen dus voor dit bodemtype bekalkingsadviezen berekend worden. Ook hier moet bedacht worden, dat de gegeven kalk gewoonlijk slechts ten deele als kleihumuskalk wordt vastgelegd. Voor de onderzochte humuszandgronden bleken de waarden in den percolatietoestand (zie tabel C) ongeveer te zijn S = 196, pH = 7,24 en V = 37; dat zijn waarden, die vrijwat hooger liggen dan de optimale waarden voor dit bodemtype (160—6,5—30). Ik trek hieruit de conclusie, dat op grond van de resultaten van het percolatie-onderzoek geen bekalkingsadviezen voor dit type berekend kunnen worden. Met eenige benadering ware desnoods 30/37 maal het resultaat van het percolatie-onderzoek voor het berekenen van het bekalkingsadvies te gebruiken. Ook hier moet bedacht worden, dat de gegeven kalk gewoonlijk slechts ten deele als humuskalk wordt vastgelegd.

Voor het derde type van tabel C (blz. 585), het lichte zaveltype (Kloetinge), bezit ik geen gegevens betreffende de waarden S, pH en V in den optimalen

kalktoestand. Volgens tabel C bereikt de grond van Kloetinge in den percolatietoestand de waarden S (P) = 52,8, pH = ongeveer 8,8 en V = 63. Het komt mij voor, dat deze waarden, voor practische doeleinden, te hoog zijn; met zooveel kalk te bemesten, dat de kleisubstantie een pH van bijna 9 bereikt, kan onmogelijk goed zijn. Dan lijkt het mij beter, zich voor dit bodemtype voorloopig te houden aan de waarden van tabel D (blz. 600): 38,2—7,1—45. En ook hier geldt de waarschuwing, dat de gegeven kalk slechts ten deele door de kleisubstantie kan worden vastgelegd.

's-Gravenhage, Mei 1940—April 1941.

TABEL I

Gegevens betreffende de mechanische samenstelling

A. Minerale gronden (zeekleigronden en rivierkleigronden)

Herkomst	N°. B	Laag in cm onder maaiveld	In procenten op drogen grond (105° C.)						Percentage fractie I van fractie I + II	g humus per 100 g kleifractie
			$CaCO_3$	Humus (elem.)	Fractie I (kleiner dan 0,002 mm diameter)	Fractie II (van 0,002—0,016 mm diameter)	Fractie I + II (kleiner dan 0,016 mm kleifractie)	Zandfractie (van 0,016—2 mm diameter)		
Proefboerderij Nieuw-Beerta. Bekalkingsproefveld op perceel 11	6900	bouwvoor	0	5,1	42,5	24,0	66,5	28,4	63,9	7,7
	6901		0	5,2	42,6	23,9	66,5	28,3	64,1	7,8
	6902		0	5,2	41,6	24,3	65,9	28,9	63,1	7,9
	6903		0,5	5,1	42,2	24,0	66,2	28,2	63,8	7,7
	6904		1,9	5,0	42,0	22,9	64,9	28,2	64,7	7,7
	gemiddeld			5,1	42,2	23,8	66,0	28,4	63,9	7,8
Idem. Ontkalkingsproefveld op perceel 3	6914	0—25	0,9	4,1	46,8	20,2	67,0	28,0	69,9	6,1
	6915	0—25	0,4	4,0	46,5	20,6	67,1	28,5	69,3	6,0
	gemiddeld			4,1	46,7	20,4	67,1	28,2	69,6	6,1
Bekalkingsproefveld te Achlum (Friesland)	7377—79	0—20 à 22	2,9	2,2	31,3	14,8	46,1	48,8	67,9	4,8
	7380—82	0—20 à 22	3,0	2,1	31,5	14,6	46,1	48,8	68,3	4,6
	7383—85	0—20 à 22	2,8	2,1	32,3	14,0	46,3	48,8	69,8	4,5
	7386	25—45	2,1	1,7	31,8	15,1	46,9	49,3	67,8	3,6
	gemiddeld (bovengrond)			2,1	31,7	14,5	46,2	48,8	68,7	4,6

Bekalkingsproefveld te Kloetinge (Zeeland)	7454—56	0—20	0	1,8	11,2	7,4	18,6	79,6	60,2	9,7
	7457—59	0—20	0	1,8	11,8	6,9	18,7	79,5	63,1	9,6
	7460—62	0—20	0	1,7	11,8	6,9	18,7	79,6	63,1	9,1
	7464—65	0—20	0	1,8	12,0	7,0	19,0	79,2	63,2	9,5
	7466—68	0—20	0	1,8	12,0	6,9	18,9	79,3	63,5	9,6
	gemiddeld			1,8	11,8	7,0	18,8	79,4	62,6	9,5
Bekalkingsproefveld op rivierklei te Etten (Gelderland)	6894	bouwvoor	0	3,8	37,7	19,7	57,4	38,8	65,7	6,6
	6895		0	3,8	37,3	20,5	57,8	38,4	64,5	6,6
	6896		0	3,7	38,0	20,6	58,6	37,7	64,8	6,3
	6897		0,5	3,6	39,0	19,6	58,6	37,3	66,6	6,1
	6898		0	4,0	37,2	21,5	58,7	37,3	63,4	6,8
	6899		0	3,8	36,2	22,0	58,2	38,0	62,2	6,5
	gemiddeld			3,8	37,6	20,7	58,2	37,9	64,5	6,5
Bekalkingsproefveld op rivierklei te Duur, bij Olst	7387—91	0—18	0	3,3	19,9	12,9	32,8	63,9	60,7	10,0
	7392—96	0—18	0	3,3	22,0	12,7	34,7	62,0	63,4	9,5
	7397—7401	0—18	0	3,1	19,7	13,3	33,0	63,9	59,7	9,4
	7402—06	0—18	0	3,1	20,1	13,6	33,7	63,2	59,6	9,2
	7407—11	0—18	0	3,1	19,5	13,7	33,2	63,7	58,7	9,4
	gemiddeld			3,2	20,3	13,2	33,5	63,3	60,4	9,5

TABEL I

Gegevens betreffende de mechanische samenstelling

B. *Humusgronden*

Herkomst	N°. B	Laag in cm onder maaiveld	In procenten op drogen grond (105° C.[1]					Koolstof gehalte van den gloeihumus
			$CaCO_3$	Humus (elem.)	Klei- of leemfractie (kleiner dan 0,016 mm)	Zandfractie (0,016—2 mm)	Humus berekend uit gloeiverlies	
B. *Humusgronden. Oude Dalgronden (Bargercompagnie)*								
Oude Dalgrond. Curve proefveld op perceel 5 van de Proefboerderij te Borgercompagnie	6905	bovengrond	0	9,7	5,1	85,2	10,0	56,3
	6906		0	12,0	4,6	83,4	12,7	54,8
	6907		0	12,0	5,2	82,8	12,7	54,8
	6908		0	11,0	6,3	82,7	11,6	55,0
	6909		0	10,9	4,6	84,5	11,6	54,5
	6910		0,1	11,3	6,2	82,4	11,8	55,5
	6911		0,1	10,0	5,7	84,2	10,6	54,7
	gemiddeld			11,0	5,4	83,6	11,6	55,1
Idem. Proef B op perceel 5 van dezelfde Proefboerderij	6912	bovengrond	0	11,6	5,1	83,3	12,1	55,6
	6913		0	11,8	5,1	83,1	12,1	56,6
	gemiddeld			11,7	5,1	83,2	12,1	56,1
B. *Humusgronden. Humushoudende zandgronden*								
Humushoudende zandgrond. Bekalkingsproefveld te Etten, bij Breda.	7642	bouwvoor	0	3,0	9,1	87,9	3,1	56,1
	7643		0	2,9	8,8	88,3	3,2	52,6
	gemiddeld			3,0	9,0	88,0	3,2	54,4

Humushoudende zandgrond. Bekalkingsproefveld te Elsloo.	6978	0—20	0	14,8	5,1	80,1	15,1	56,8
	6979	0—20	0	15,0	4,2	80,8	15,4	56,5
	6980	0—20	0	14,9	4,8	80,3	15,3	56,5
	6981	0—20	0	14,7	6,3	79,0	15,3	55,7
	6982	0—20	0	14,4	6,4	79,2	14,7	56,8
	6983	0—20	0	14,7	5,5	79,8	15,5	55,0
	6984	0—20	0	15,0	5,6	79,4	15,8	55,1
	6985	0—20	0	15,1	6,9	78,0	15,8	55,4
	gemiddeld			14,9	5,6	79,5	15,4	56,0
Humushoudende zandgrond. Bekalkingsproefveld te IJhorst.	7412—17	0—18	0	8,5	2,9	88,6	8,5	58,0
	7418—23	0—18	0,2	8,2	3,7	87,9	8,2	58,0
	7424—29	0—18	0,3	8,3	4,2	87,2	8,5	56,6
	gemiddeld			8,3	3,6	87,9	8,4	57,5
Humushoudende zandgrond. Bekalkingsproefveld te Warnsveld	7487—88	0—15	0	4,1	8,7	87,2	4,3	55,3
	7489—90	0—15	0	4,2	9,5	86,3	4,3	56,7
	7491—92	0—15	0	4,4	9,2	86,4	4,4	58,0
	7493—94	0—15	0	4,3	9,5	86,2	4,3	58,0
	7495—96	0—15	0	3,9	9,2	86,9	4,2	53,9
	7497—98	0—15	0	3,9	10,0	86,1	4,0	56,6
	7499—500	0—15	0	4,3	9,2	86,5	4,5	55,4
	7501—02	0—15	0	4,2	9,8	86,0	4,4	55,4
	7503—04	0—15	0	4,5	9,3	86,2	4,9	53,3
	7505	0—15	0	4,4	9,1	86,5	4,6	55,5
	7506	0—15	0	4,9	10,0	85,1	5,1	55,7
	7507—08	0—15	0	4,4	9,4	86,2	4,5	56,7
	7509—10	0—15	0	4,3	9,7	86,0	4,5	55,4
	7511—12	0—15	0	4,5	9,7	85,8	4,7	55,5
	7513—14	0—15	0	4,9	9,5	85,6	5,1	55,7
	gemiddeld			4,3	9,5	86,2	4,5	55,8

TABEL II

Gehalten aan uitwisselbare basen (S), de grootheden T-S en T

Herkomst	Object	N°. B	Laag in cm onder maaiveld	pH chinhydron-electrode in een suspensie van		g adsorbeerend materiaal = adsorptie-getal ag [1])
				H_2O	1 n KCl	
			A. Minerale gronden (zeekleigronden			
Nieuw-Beerta Perceel 11	Kalktoestand — 10	6900	bouwvoor	5,1	4,2	89,7
	„ — 5	6901		5,8	4,8	90,1
	„ 0	6902		6,7	5,8	89,5
	Verzadigd met kalk	6903		7,6	6,8	89,4
	Idem + overmaat $CaCO_3$	6904		7,7	6,9	87,6
N.-Beerta Perceel 3	Onbemest; Oostzijde	6914	0—25	7,6	6,7	85,6
	„ ; Westzijde	6915	0—25	7,4	6,7	85,3
Achlum	Onbekalkt	7377—79	0—20 à 22	7,7	6,8	56,1
	5 000 kg gebl. kalk/ha	7380—82	0—20 à 22	7,8	6,9	55,6
	10 000 kg gebl. kalk/ha	7383—85	0—20 à 22	7,8	6,9	55,8
	Onbekalkt	7386	25—45	7,8	6,8	54,6
Kloetinge	Onbekalkt	7454—56	0—20	5,8	4,8	26,8
	Kalktoestand 0	7457—59	0—20	6,2	5,3	26,9
	„ + 10	7460—62	0—20	7,0	6,2	26,4
	„ + 20	7464—65	0—20	7,3	6,7	27,2
	„ + 30	7466—68	0—20	7,5	7,0	27,1
Etten (Gelderland)	Kalktoestand — 30 (Kalksalpeter)	6894	bouwvoor	4,3	3,5	74,7
	„ — 10 (Kalksalpeter)	6895		5,0	3,9	75,1
	„ + 10 (Kalksalpeter)	6896		7,3	6,3	75,4
	„ + 30 (Kalksalpeter)	6897		7,8	7,0	75,0
	„ — 30 (Zwavelzure ammoniak)	6898		4,1	3,4	76,9
	„ — 10 (Zwavelzure ammoniak)	6899		4,8	3,8	75,5
Duur, bij Olst	Onbekalkt	7387—91	0—18	5,2	4,4	47,8
	Kalktoestand 0	7392—96	0—18	5,9	5,1	49,7
	„ + 10	7397—7401	0—18	6,4	5,8	47,1
	„ + 20	7402—06	0—18	7,0	6,3	47,8
	„ + 30	7407—11	0—18	7,2	6,6	47,3

[1]) Het aantal grammen adsorbeerend materiaal in deze kolom (het adsorptie getal ag) is bij de minerale gron (dalgronden en humushoudende zandgronden) als grammen humus plus klei (op humus omgerekend), beide keer

olgens de barietmethode en de basenverhouding op som = 100

0 g droge grond (105° C.) bevatten									mE per 100 g drogen grond (105° C.) volgens de bariet-methode		Verhouding basen. Op 100 mE basen komen voor mE			
g uitwiss. basen				mE uitwiss. basen										
CaO	MgO	K_2O	Na_2O	CaO	MgO	K_2O	Na_2O	Som = S	T—S	T	CaO	MgO	K_2O	Na_2O
rivierkleigronden)														
),452	0,112	0,051	0,009	16,1	5,6	1,1	0,3	23,1	53	76,1	69,7	24,2	4,8	1,3
),517	0,117	0,055	0,012	18,5	5,8	1,2	0,4	25,9	49	74,9	71,4	22,7	4,5	1,4
),641	0,110	0,051	0,011	22,9	5,5	1,1	0,4	29,9	46	75,9	76,6	18,4	3,7	1,3
),794	0,080	0,041	0,008	28,4	4,0	0,9	0,3	33,6	41	74,6	84,5	11,9	2,7	0,9
),749	0,079	0,055	0,008	26,8	3,9	1,2	0,3	32,2	38	70,2	83,3	12,1	3,7	0,9
,774	0,114	0,033	0,007	27,6	5,7	0,7	0,2	34,2	42	76,2	80,7	16,7	2,0	0,6
,722	0,119	0,038	0,007	25,8	5,9	0,8	0,2	32,7	42	74,7	78,9	18,1	2,4	0,6
,513	0,044	0,038	0,006	18,3	2,2	0,8	0,2	21,5	22	43,5	85,1	10,3	3,7	0,9
,512	0,044	0,034	0,007	18,3	2,2	0,7	0,2	21,4	21	42,4	85,5	10,3	3,3	0,9
,511	0,043	0,042	0,007	18,3	2,1	0,9	0,2	21,5	22	43,5	85,1	9,8	4,2	0,9
,501	0,046	0,026	0,008	17,9	2,3	0,6	0,3	21,1	21	42,1	84,9	10,9	2,8	1,4
,184	0,022	0,007	0,005	6,6	1,1	0,1	0,2	8,0	15	23,0	82,5	13,8	1,2	2,5
,210	0,020	0,013	0,004	7,5	1,0	0,3	0,1	8,9	13,5	22,4	84,3	11,2	3,4	1,1
,246	0,015	0,010	0,005	8,8	0,7	0,2	0,2	9,9	12,5	22,4	88,9	7,1	2,0	2,0
,277	0,017	0,007	0,005	9,9	0,8	0,1	0,2	11,0	12	23,0	90,0	7,3	0,9	1,8
312	0,016	0,010	0,003	11,1	0,8	0,2	0,1	12,2	11	23,2	91,1	6,5	1,6	0,8
235	0,029	0,020	0,005	8,4	1,4	0,4	0,2	10,4	52	62,4	80,8	13,5	3,8	1,9
382	0,054	0,022	0,005	13,6	2,7	0,5	0,2	17,0	46	63,0	80,0	15,9	2,9	1,2
688	0,048	0,018	0,007	24,6	2,4	0,4	0,2	27,6	36	63,6	89,1	8,7	1,5	0,7
732	0,038	0,017	0,008	26,1	1,9	0,4	0,3	28,7	31	59,7	91,0	6,6	1,4	1,0
159	0,033	0,033	0,005	5,7	1,6	0,7	0,2	8,2	54	62,2	69,5	19,5	8,5	2,5
361	0,047	0,021	0,005	12,9	2,3	0,4	0,2	15,8	48	63,8	81,6	14,6	2,5	1,3
233	0,040	0,019	0,004	8,3	2,0	0,4	0,1	10,8	29,5	40,3	76,9	18,5	3,7	0,9
312	0,038	0,009	0,004	11,1	1,9	0,2	0,1	13,3	26	39,3	83,5	14,3	1,5	0,7
364	0,044	0,012	0,004	13,0	2,2	0,3	0,1	15,6	23,5	39,1	83,3	14,1	1,9	0,7
126	0,043	0,012	0,004	15,2	2,1	0,3	0,1	17,7	22	39,7	85,9	11,9	1,7	0,5
442	0,038	0,015	0,003	15,8	1,9	0,3	0,1	18,1	21	39,1	87,3	10,5	1,7	0,5

igronden en rivierkleigronden) berekend als grammen klei plus humus (op klei omgerekend) en bij de humusgronden le factor 4,545.

TABEL II *(vervolg)*

Herkomst	Object	N°. B	Laag in cm onder maaiveld	pH chinhydron-electrode in een suspensie van		g adsorbeerd materiaal = adsorptie getal ag [1]
				H_2O	1 n KCl	
				B. Humusgronden.		*Ou*
Borger-compagnie, curve-proefveld	pH 4,5	6905	bovengrond	4,7	3,8	10,8
	„ 5	6906		4,9	3,8	13,0
	„ 5,5	6907		5,0	4,1	13,1
	„ 6	6908		5,3	4,6	12,4
	„ 6,5	6909		5,9	5,1	11,9
	„ 7	6910		6,4	5,6	12,7
	„ 7,5	6911		7,3	6,6	11,3
Borger-compagnie, Proef B	Kalktoestand — 25 chili + zwavelzure ammoniak	6912	bovengrond	4,6	3,4	12,7
	Kalktoestand — 25 zwavelzure ammoniak	6913		4,1	3,2	12,9
				B. Humusgrond		
Etten bij Breda	Onbekalkt	7642	bouwvoor	5,7	4,5	5,0
	Kalktoestand 0	7643		6,1	5,1	4,8
Elsloo	Bekalkt	6978	0—20	5,4	4,6	15,9
	„	6979	0—20	5,6	4,8	15,9
	„	6980	0—20	5,1	4,6	16,0
	.	6981	0—20	5,2	4,8	16,1
	Onbekalkt	6982	0—20	4,5	3,7	15,8
	.	6983	0—20	4,5	3,8	15,9
	.	6984	0—20	4,3	3,8	16,2
	.	6985	0—20	4,9	3,7	16,6
IJhorst	Onbekalkt	7412—17	0—18	4,8	4,0	9,1
	Kalktoestand — 10	7418—23	0—18	5,8	5,2	9,0
	„ 0	7424—29	0—18	6,3	6,0	9,2
Warnsveld	Kalktoestand — 30 (chili-salpeter)	7487—88	0—15	4,7	3,7	6,0
	„ — 20 (chili-salpeter)	7489—90	0—15	5,0	4,0	6,3
	„ — 10 (chili-salpeter)	7491—92	0—15	5,5	4,5	6,4
	„ 0 (chili-salpeter)	7493—94	0—15	6,0	5,1	6,4
	„ + 3 (chili-salpeter)	7495—96	0—15	6,2	5,4	5,9
	„ + 8 (chili-salpeter)	7497—98	0—15	6,7	6,0	6,1
	„ — 30 (zwavelzure ammoniak)	7499—500	0—15	4,2	3,4	6,3
	„ — 20 (zwavelzure ammoniak)	7501—02	0—15	4,6	3,6	6,4
	„ — 10 (zwavelzure ammoniak)	7503—04	0—15	5,2	4,2	6,5
	„ 0 (zwavelzure ammoniak)	7505	0—15	5,8	4,8	6,4
	„ 0 (zwavelzure ammoniak)	7506	0—15	6,0	5,1	7,1
	„ + 3 (zwavelzure ammoniak)	7507—08	0—15	6,1	5,2	6,5
	„ + 8 (zwavelzure ammoniak)	7509—10	0—15	6,5	5,9	6,4
	„ + 3 (stalmest)	7511—12	0—15	6,1	5,2	6,6
	„ — 10 (stalmest)	7513—14	0—15	5,2	4,2	7,0

[1]) Voor noot zie pag. 610/11.

)0 g droge grond (105° C.) bevatten									mE per 100 g drogen grond (105° C.) volgens de bariet-methode		Verhouding basen. Op 100 mE basen komen voor mE			
g uitwiss. basen				mE uitwiss. basen										
CaO	MgO	K_2O	Na_2O	CaO	MgO	K_2O	Na_2O	Som = S	T—S	T	CaO	MgO	K_2O	Na_2O
dgronden (Borgercompagnie)														
),142	0,008	0,010	0,004	5,1	0,4	0,2	0,1	5,8	52,9	58,7	87,9	6,9	3,5	1,7
),212	0,018	0,016	0,004	7,6	0,9	0,3	0,1	8,9	66,7	75,6	85,4	10,1	3,4	1,1
),276	0,017	0,017	0,005	9,9	0,8	0,4	0,2	11,3	60,0	71,3	87,6	7,1	3,5	1,8
),366	0,012	0,017	0,007	13,1	0,6	0,4	0,2	14,3	55,0	69,3	91,6	4,2	2,8	1,4
),432	0,023	0,024	0,006	15,4	1,1	0,5	0,2	17,2	53,3	70,5	89,5	6,4	2,9	1,2
),507	0,026	0,012	0,005	18,1	1,3	0,3	0,2	19,9	49,7	69,6	91,0	6,5	1,5	1,0
),572	0,025	0,019	0,006	20,4	1,2	0,4	0,2	22,2	36,3	58,5	91,9	5,4	1,8	0,9
),099	0,010	0,020	0,011	3,5	0,5	0,4	0,4	4,8	66,0	70,8	73,0	10,4	8,3	8,3
),069	0,006	0,021	0,004	2,5	0,3	0,4	0,1	3,3	68,8	72,1	75,8	9,1	12,1	3,0
mushoudende zandgronden														
,065	0,010	0,016	0,003	2,3	0,5	0,3	0,1	3,2	20,0	23,2	71,9	15,6	9,4	3,1
,100	0,010	0,016	0,003	3,6	0,5	0,3	0,1	4,5	17,0	21,5	80,0	11,1	6,7	2,2
,360	0,022	0,021	0,013	12,9	1,1	0,4	0,4	14,8	66,3	81,1	87,2	7,4	2,7	2,7
,389	0,027	0,019	0,013	13,9	1,3	0,4	0,4	16,0	69,2	85,2	86,9	8,1	2,5	2,5
,387	0,024	0,026	0,013	13,8	1,2	0,6	0,4	16,0	66,2	82,2	86,2	7,5	3,8	2,5
,434	0,021	0,021	0,016	15,5	1,0	0,4	0,5	17,4	64,7	82,1	89,1	5,7	2,3	2,9
,186	0,018	0,018	0,011	6,6	0,9	0,4	0,4	8,3	73,4	81,7	79,5	10,9	4,8	4,8
,206	0,021	0,018	0,007	7,4	1,0	0,4	0,2	9,0	74,2	83,2	82,2	11,1	4,5	2,2
,216	0,019	0,023	0,017	7,7	0,9	0,5	0,5	9,6	75,0	84,6	80,2	9,4	5,2	5,2
,205	0,015	0,022	0,014	7,3	0,7	0,5	0,5	9,0	76,1	85,1	81,1	7,7	5,6	5,6
114	0,010	0,014	0,019	4,1	0,5	0,3	0,6	5,5	40,5	46,0	74,5	9,1	5,5	10,9
258	0,008	0,015	0,021	9,2	0,4	0,3	0,7	10,6	38,2	48,8	86,8	3,8	2,8	6,6
338	0,018	0,019	0,020	12,1	0,9	0,4	0,6	14,0	35,2	49,2	86,4	6,4	2,9	4,3
029	0,008	0,022	0,003	1,0	0,4	0,5	0,1	2,0	30,0	32,0	50,0	20,0	25,0	5,0
058	0,008	0,022	0,005	2,1	0,4	0,5	0,2	3,2	28,3	31,5	65,6	12,5	15,6	6,3
118	0,007	0,023	0,005	4,2	0,3	0,5	0,2	5,2	29,7	34,9	80,8	5,8	9,6	3,8
172	0,006	0,020	0,006	6,1	0,3	0,4	0,2	7,0	28,0	35,0	87,1	4,3	5,7	2,9
186	0,005	0,022	0,005	6,6	0,2	0,5	0,2	7,5	24,9	32,4	88,0	2,7	6.6	2,7
235	0,006	0,020	0,005	8,4	0,3	0,4	0,2	9,3	21,7	31,0	90,3	3,2	4,3	2,2
025	0,007	0,013	0,003	0,9	0,3	0,3	0,1	1,6	36,3	37,9	56,2	18,8	18,8	6,2
048	0,004	0,016	0,002	1,7	0,2	0,3	0,1	2,3	33,2	35,5	73,9	8,7	13,0	4,4
111	0,007	0,018	0,003	4,0	0,3	0,4	0,1	4,8	30,8	35,6	83,3	6,3	8,3	2,1
155	0,004	0,017	0,005	5,5	0,2	0,4	0,2	6,3	28,0	34,3	87,3	3,2	6,3	3,2
211	0,005	0,020	0,002	7,5	0,2	0,4	0,1	8,2	30,0	38,2	91,5	2,4	4,9	1,2
193	0,008	0,017	0,003	6,9	0,4	0,4	0,1	7,8	28,5	36,3	88,5	5,1	5,1	1,3
247	0,009	0,016	0,003	8,8	0,4	0,3	0,1	9,6	23,0	32,6	90,8	4,1	4,1	1,0
192	0,016	0,025	0,004	6,9	0,8	0,5	0,1	8,3	29,0	37,3	83,1	9,7	6,0	1,2
06	0,014	0,025	0,005	3,8	0,7	0,5	0,2	5,2	34,5	39,7	73,1	13,5	9,6	3,8

TABEL III (*vervolg* van Tabel II)

Uitwisselbare basen (S), de grootheden T-S, T

Herkomst	N°. B	pH in een suspensie van water	mE per 100 g adsorbeerend materiaal (zie noot Tabel II						
			Uitwisselbare basen					T—S	T = totaa basenbinde vermogen (cijfers *b(ag)* en
			CaO	MgO	K_2O	Na_2O	Som = S		
			A. *Minerale gronden (zeekleigron*						
Nieuw-Beerta Perceel 11	6900	5,1	18,0	6,2	1,2	0,3	25,7	59,1	84,8
	6901	5,8	20,5	6,5	1,3	0,4	28,7	54,4	83,1
	6902	6,7	25,6	6,1	1,2	0,4	33,3	51,5	84,8
	6903	7,6	31,7	4,4	1,0	0,3	37,4	46,0	83,4
	6904	7,7	30,5	4,5	1,3	0,3	36,6	43,5	80,1
Nieuw-Beerta Perceel 3	6914	7,6	32,3	6,6	0,8	0,3	40,0	49,0	89,0
	6915	7,4	30,2	7,0	1,0	0,3	38,5	49,1	87,6
Achlum	7377—79	7,7	32,6	3,9	1,4	0,4	38,3	39,2	77,5
	7380—82	7,8	32,9	3,9	1,3	0,4	38,5	37,8	76,3
	7383—85	7,8	32,7	3,8	1,6	0,4	38,5	39,5	78,0
	7386	7,8	32,8	4,2	1,0	0,5	38,5	38,5	77,0
Kloetinge	7454—56	5,8	24,5	4,1	0,6	0,6	29,8	56,0	85,8
	7457—59	6,2	27,9	3,7	1,0	0,5	33,1	50,2	83,3
	7460—62	7,0	33,3	2,8	0,8	0,6	37,5	47,3	84,8
	7464—65	7,3	36,4	2,9	0,5	0,6	40,4	44,1	84,5
	7466—68	7,5	41,0	2,9	0,7	0,4	45,0	40,6	85,6
Etten (Gelderland)	6894	4,3	11,3	1,9	0,6	0,2	14,0	69,5	83,5
	6895	5,0	18,2	3,6	0,6	0,2	22,6	61,3	83,9
	6896	7,3	32,6	3,2	0,5	0,3	36,6	47,8	84,4
	6897	7,8	34,9	2,5	0,5	0,4	38,3	41,3	79,6
	6898	4,1	7,4	2,1	0,9	0,2	10,6	70,3	80,9
	6899	4,8	17,1	3,1	0,6	0,2	21,0	63,5	84,5
Duur bij Olst	7387—91	5,2	17,4	4,2	0,8	0,2	22,6	61,7	84,3
	7392—96	5,9	22,3	3,8	0,4	0,2	26,7	52,2	78,9
	7397—7401	6,4	27,6	4,6	0,6	0,3	33,1	50,0	83,1
	7402—06	7,0	31,8	4,5	0,5	0,3	37,1	46,0	83,1
	7407—11	7,2	33,4	4,0	0,7	0,2	38,3	44,3	82,6

V en de resultaten van het percolatie-onderzoek

Resultaten van het percolatie-onderzoek						Verzadigingstoestanden		
mE op 100 g drogen grond (105° C.)			mE op 100 g adsorbeerend materiaal = ag (zie noot Tabel II)			V (naar HISSINK) $= \frac{100\ S}{T}$	P (naar het percolatie-onderzoek) $= \frac{100\ S}{S\ (P)}$	$\frac{100\ S\ (P)}{T}$, dat is dus de V na het percoleeren (bij P = 100)
geadsorbeerde hoeveelheid base (CaO)	S (zie kolom 16 Tabel II)	Som van de twee vorige kolommen = S (P)	geadsorbeerde hoeveelheid base (CaO)	S (zie kolom 8 Tabel III)	Som van de twee vorige kolommen = S (P)			
n rivierkleigronden)								
10,5	23,1	33,6	11,8	25,7	37,5	30	69	44
5,5	25,9	31,4	6,1	28,7	34,8	35	82	42
4,4	29,9	34,3	5,0	33,3	38,3	39	87	45
—	—	—	—	—	—	45	—	—
—	—	—	—	—	—	46	—	—
—	—	—	—	—	—	45	—	—
—	—	—	—	—	—	44	—	—
—	—	—	—	—	—	49	—	—
—	—	—	—	—	—	50	—	—
—	—	—	—	—	—	49	—	—
—	—	—	—	—	—	50	—	—
5.7	8,0	13,7	21,3	29,8	51,1	35	58	60
5.8	8,9	14,7	21,5	33,1	54,6	40	61	66
4,0	9,9	13,9	15,2	37,5	52,7	44	71	62
—	—	—	—	—	—	48	—	—
—	—	—	—	—	—	53	—	—
17,8	10,4	28,2	23,8	14,0	37,8	17	37	45
10,1	17,0	27,1	13,5	22,6	36,1	27	63	43
1,3	27,6	28,9	1,7	36,6	38,3	43	96	45
—	—	—	—	—	—	48	—	—
19,7	8,2	27,9	25,7	10,6	36,3	13	29	45
13,1	15,8	28,9	17,3	21,0	38,3	25	55	45
8,9	10,8	19,7	18,6	22,6	41,2	27	56	49
6,4	13,3	19,7	12,9	26,7	39,6	34	68	50
4,4	15,6	20,0	9,3	33,1	42,4	40	78	51
2,5	17,7	20,2	5,2	37,1	42,3	45	88	51
—	—	—	—	—	—	46	—	—

Herkomst	N°. B	pH in een suspensie van water	mE per 100 g adsorbeerend materiaal (zie noot Tabel II)						
			Uitwisselbare basen					T—S	T = totaal basenbindend vermogen (cijfers *b(ag)* en *d)*
			CaO	MgO	K_2O	Na_2O	Som = S		
								B. *Humusgronden. Ouc*	
Borger-compagnie, Curve-proefveld	6905	4,7	47,0	3,7	2,0	1,2	53,9	490	544
	6906	4,9	58,3	6,9	2,6	1,0	68,8	513	582
	6907	5,0	75,3	6,5	2,8	1,2	85,8	458	544
	6908	5,3	105,4	4,8	2,9	1,8	114,9	444	559
	6909	5,9	129,6	9,6	4,3	1,6	145,1	447	592
	6910	6,4	142,6	10,2	2,0	1,3	156,1	392	548
	6911	7,3	180,8	11,0	3,6	1,7	197,1	321	518
Borger-compagnie, proef B	6912	4,6	27,9	3,9	3,3	2,8	37,9	519	557
	6913	4,1	19,1	2,3	3,5	1,0	25,9	533	559
								B. *Humusgronde*	
Etten bij Breda	7642	5,7	46,4	10,0	6,8	1,9	65,1	399	464
	7643	6,1	74,4	10,4	7,1	2,0	93,9	354	448
Elsloo	6978	5,4	80,9	6,9	2,8	2,6	93,2	417	510
	6979	5,6	87,4	8,5	2,5	2,6	101,0	435	536
	6980	5,1	86,4	7,5	3,5	2,6	100,0	414	514
	6981	5,2	96,3	6,5	2,8	3,2	108,8	401	510
	6982	4,5	42,0	5,7	2,4	2,3	52,4	465	517
	6983	4,5	46,3	6,6	2,4	1,4	56,7	466	523
	6984	4,3	47,6	5,8	3,0	3,4	59,8	462	522
	6985	4,9	44,1	4,5	2,8	2,7	54,1	459	513
IJhorst	7412—17	4,8	44,8	5,5	3,3	6,7	60,3	445	505
	7418—23	5,8	102,4	4,4	3,6	7,5	117,9	424	542
	7424—29	6,3	131,2	9,8	4,4	7,0	152,4	383	535
Warnsveld	7487—88	4,7	17,3	6,6	7,8	1,6	33,3	500	533
	7489—90	5,0	33,3	6,4	7,9	3,2	51,0	449	500
	7491—92	5,5	65,9	5,4	7,6	2,5	81,4	464	545
	7493—94	6,0	96,0	4,7	6,7	3,0	110,4	437	547
	7495—96	6,2	112,6	4,2	7,9	2,7	127,4	422	549
	7497—98	6,7	137,6	4,9	7,0	2,6	152,1	356	508
	7499—500	4,2	14,2	5,5	4,4	1,5	25,6	576	602
	7501—02	4,6	26,8	3,1	5,3	1,0	36,2	519	555
	7503—04	5,2	61,0	5,4	5,9	1,5	73,8	474	548
	7505	5,8	86,5	3,1	5,7	2,5	97,8	438	536
	7506	6,0	106,1	3,5	6,0	0,9	116,5	422	538
	7507—08	6,1	106,2	6,2	6,2	1,6	120,2	439	558
	7509—10	6,5	137,5	6,3	4,7	1,5	150,0	359	509
	7511—12	6,1	103,9	12,1	8,1	2,0	126,1	439	565
	7513—14	5,2	54,1	10,0	7,6	2,3	74,0	493	567

Resultaten van het percolatie-onderzoek						Verzadigingstoestanden		
mE op 100 g drogen grond (105° C.)			mE op 100 g adsorbeerend materiaal = ag (zie noot Tabel II)			V (naar HISSINK) $= \frac{100\ S}{T}$	P (naar het percolatie-onderzoek) $= \frac{100\ S}{S\ (P)}$	$\frac{100\ S\ (P)}{T}$, dat is dus de V na het percoleeren (bij P = 100)
geadsorbeerde hoeveelheid base (CaO)	S (zie kolom 16 Tabel II)	Som van de twee vorige kolommen = S (P)	geadsorbeerde hoeveelheid base (CaO)	S (zie kolom 8 Tabel III)	Som van de twee vorige kolommen = S (P)			
lalgronden (Borgercompagnie)								
17,1	5,8	22,9	158	54	212	10	25	39
20,8	8,9	29,7	160	69	229	12	30	39
17,3	11,3	28,6	132	86	218	16	39	37
11,1	14,3	25,4	90	115	205	21	56	30
8,9	17,2	26,1	74	145	219	24	66	47
4,7	19,9	24,6	38	156	194	29	80	35
—	—	—	—	—	—	38	—	—
20,2	4,8	25,0	159	38	197	7	19	35
20,9	3,3	24,2	162	26	188	5	14	34
Humushoudende zandgronden								
6,1	3,2	9,3	121	65	186	14	35	40
5,9	4,5	10,4	123	94	217	21	43	48
13,4	14,8	28,2	84	93	177	18	53	35
14,4	16,0	30,4	90	101	191	19	53	36
13,3	16,0	29,3	83	100	183	20	55	36
12,6	17,4	30,0	77	109	186	21	58	36
21,7	8,3	30,0	138	52	190	10	28	37
21,8	9,0	30,8	137	57	194	11	29	37
19,7	9,6	29,3	121	60	181	11	33	35
21,0	9,0	30,0	127	54	181	11	30	35
12,7	5,5	18,2	140	60	200	12	30	40
8,3	10,6	18,9	92	118	210	22	56	39
4,9	14,0	18,9	53	152	205	29	74	38
8,4	2,0	10,4	140	33	173	6	19	32
7,2	3,2	10,4	114	51	165	10	30	33
5,5	5,2	10,7	86	81	167	15	49	31
4,1	7,0	11,1	63	110	173	20	64	32
2,9	7,5	10,4	49	127	176	23	72	32
2,1	9,3	11,4	35	152	187	30	81	37
10,2	1,6	11,8	161	26	187	4	14	31
9,5	2,3	11,8	148	36	184	7	20	33
7,3	4,8	12,1	112	74	186	14	40	34
5,1	6,3	11,4	80	98	178	18	55	33
4,7	8,2	12,9	65	117	182	21	64	34
2,9	7,8	10,7	45	120	165	22	72	29
2,6	9,6	12,2	41	150	191	29	79	38
4,6	8,3	12,9	70	126	196	22	64	35
7,3	5,2	12,5	105	74	179	13	41	32

TABEL IV

Potentiometrische kalktitratie

Herkomst	N°. B	S in mE per 100 g adsorbeerend materiaal = *ag* (zie noot Tabel II) bij een pH van				Verzadigingstoestand (V) bij een pH van			
		6,5	7,0	7,5	8,0	6,5	7,0	7,5	8,0
A. *Minerale gronden (zeekleigronden en rivierkleigronden)*									
Nieuw-Beerta Perceel 11	6900	30,2	33,8	38,3	42,2	36	40	45	50
	6901	—	32,7	37,2	41,0	—	39	45	49
	6902	—	—	37,1	40,7	—	—	44	48
	gemiddeld	30,2	33,3	37,5	41,3	36	40	45	49
Kloetinge	7454—56	—	35,3	40,0	44,9	—	41	47	52
	7457—59	—	36,2	41,3	45,0	—	43	50	54
	gemiddeld	—	35,8	40,7	45,0	—	42	49	53
Etten (Gelderland)	6894	27,5	32,3	37,8	43,4	33	39	45	52
	6895	28,5	32,9	37,9	42,5	34	39	45	51
	6898	27,4	32,5	38,0	44,5	34	40	47	55
	6899	27,7	31,8	37,8	42,6	33	38	45	50
	gemiddeld	27,8	32,4	37,9	43,3	34	39	45	52
Duur bij Olst	7387—91	26,9	32,0	39,0	44,1	32	38	46	52
	7392—96	—	32,2	37,5	42,9	—	41	47	54
	7397—7401	—	34,7	40,5	45,5	—	42	49	55
	gemiddeld	26,9	33,0	39,0	44,2	32	40	47	54
B. *Humusgronden. Oude dalgronden (Borgercompagnie)*									
Borger-compagnie, curve-proefveld	6905	141	200	—	—	26	37	—	—
	6906	154	205	—	—	26	35	—	—
	6907	153	199	—	—	28	37	—	—
	6908	154	198	247	—	28	35	44	—
	6909	165	202	—	—	28	34	—	—
	6910	—	183	219	—	—	33	40	—
	gemiddeld	153	198	233	—	27	35	42	—
Borger-compagnie, proef B	6912	132	181	—	—	24	33	—	—
	6913	129	170	—	—	23	30	—	—
	gemiddeld	130	175	—	—	24	32	—	—

Herkomst	N°. B	S in mE per 100 g adsorbeerend materiaal = *ag* (zie noot Tabel II) bij een pH van				Verzadigingstoestand (V) bij een pH van			
		6,5	7,0	7,5	8,0	6,5	7,0	7,5	8,0
B. *Humusgronden. Humushoudende zandgronden*									
Etten, bij Breda	7642	95	135	188	—	21	29	41	—
	7643	—	135	189	228	—	30	42	51
	gemiddeld	95	135	189	228	21	30	42	51
Elsloo	6978	129	172	223	—	25	34	44	—
	6979	131	174	223	—	25	33	42	—
	6980	143	189	242	—	28	37	47	—
	6981	144	185	235	—	28	36	46	—
	6982	128	180	—	—	25	35	—	—
	6983	133	178	—	—	25	34	—	—
	6984	134	181	—	—	26	35	—	—
	6985	132	181	—	—	26	35	—	—
	gemiddeld	134	180	231	—	26	35	45	—
IJhorst	7412—17	137	194	—	—	27	38	—	—
	7418—23	130	194	—	—	24	36	—	—
	7424—29	—	183	—	—	—	34	—	—
	gemiddeld	134	190	—	—	26	36	—	—
Warnsveld	7487—88	97	161	—	—	18	30	—	—
	7489—90	95	145	209	—	19	29	42	—
	7491—92	101	151	209	—	19	28	38	—
	7493—94	—	148	201	—	—	27	37	—
	7495—96	—	159	203	—	—	29	37	—
	7497—98	—	160	198	—	—	32	39	—
	7499—500	117	179	—	—	19	30	—	—
	7501—02	104	158	—	—	19	29	—	—
	7503—04	116	170	226	—	21	31	41	—
	7505	117	162	209	—	22	30	39	—
	7506	—	156	200	—	—	29	37	—
	7507—08	—	159	201	—	—	28	36	—
	7509—10	—	162	197	—	—	32	39	—
	7511—12	—	162	211	—	—	29	37	—
	7513—14	111	164	216	—	20	29	38	—
	gemiddeld	107	160	207	—	20	29	38	—

TABEL V

Gegevens omtrent de bekalking en het gedeelte, dat in den grond

Herkomst	N°. B	pH	Objekt	Kilogrammen droge grond per hectare in de bemonsterde laag	Gegeven kalkbemesting in kilogrammen kalk (CaO) per hectare
Nieuw-Beerta (perceel 11)	6901	5,8	Kalktoestand — 5	2 500 000 (V.G. = 1,25; laag 20 cm dik)	—
	6902	6,7	„ 0		3 104
	6903	7,6	Verzadigd met kalk		13 760
	6904	7,7	Idem + overmaat $CaCO_3$		29 440
Achlum	7377—79	7,7	Onbekalkt	2 500 000 (V.G. = 1,25; laag 20 cm dik)	—
	7380—82	7,8	5 000 kg gebluschte kalk/ha		3 500
	7383—85	7,8	10 000 kg gebluschte kalk/ha		7 000
Kloetinge	7454—56	5,8	Onbekalkt	2 500 000 (V.G. = 1,25; laag 20 cm dik)	—
	7457—59	6,2	Kalktoestand 0		1 070
	7460—62	7,0	„ + 10		2 770
	7464—65	7,3	„ + 20		4 180
	7466—68	7,5	„ + 30		5 600
Duur (bij Olst)	7387—91	5,2	Onbekalkt	2 250 000 (V.G. = 1,25; laag 18 cm dik)	—
	7392—96	5,9	Kalktoestand 0		3 780
	7397—7401	6,4	„ + 10		6 300
	7402—06	7,0	„ + 20		8 820
	7407—11	7,2	„ + 30		11 340
Etten (bij Breda)	7642	5,7	Onbekalkt	2 800 000	—
	7643	6,1	Bekalkt		2 760
IJhorst	7412—17	4,8	Onbekalkt	2 160 000	—
	7418—23	5,8	Kalktoestand — 10		5 340
	7424—29	6,3	„ 0		9 900

teruggevonden is in den vorm van uitwisselbare kalk of van koolzure kalk

Stijging van de gehalten aan uitwisselbare kalk (CaO) en koolzure kalk (omgerekend op CaO)					Stijging van de geadsorbeerde uitwisselbare kalk (CaO) in procenten van de kalkgift
In procenten op drogen grond (berekend uit de tabellen I en II)		Omgerekend op het aantal kilogrammen drogen grond per hectare in de bemonsterde laag (zie deze tabel, kolom 5)			
Uitwisselbare kalk (CaO)	Koolzure kalk (als CaO)	Uitwisselbare kalk (CaO)	Koolzure kalk (als CaO)	Som	
—	—	—	—	—	—
0,127	—	3 175	—	3 175	100
0,281	0,28	7 025	7 000	14 025	51
0,246	1,06	6 150	26 500	32 650	21
—	—	—	—	—	—
0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0
—	—	—	—	—	—
0,025	0	625	0	625	60
0,065	0	1 625	0	1 625	59
0,090	0	2 250	0	2 250	54
0,126	0	3 150	0	3 150	56
—	—	—	—	—	—
0,070	0	1 575	0	1 575	42
0,134	0	3 015	0	3 015	50
0,193	0	4 343	0	4 343	49
0,212	0	4 770	0	4 770	42
—	—	—	—	—	—
0,038	0	1 064	0	1 064	38
—	—	—	—	—	—
0,145	0,112	3 132	2 419	5 551	59
0,223	0,168	4 817	3 629	8 446	49

TABEL VI

Verdeeling von de basen, geadsorbeerd bij totale verzadiging (T), over de humusfractie en kleifracties (I en II) van de minerale gronden

Herkomst	N°. B	mE uitwisselbare basen bij totale verzadiging (T) aanwezig						
		in 100 g grond	in de humus-fractie	in de klei-fractie (I + II)	in fractie II	in fractie I	in fractie I + II per 100 g fractie I + II (= *b*)	in fractie I per 100 g fractie I (= *c*)
Nieuw-Beerta perceel 11	6900	76,1	26,4	49,7	3,4	46,3	75	109
	6901	74,9	26,9	48,0	3,3	44,7	72	105
	6902	75,9	26,9	49,0	3,4	45,6	74	110
	6903	74,6	26,4	48,2	3,4	44,8	73	106
	6904	70,2	25,9	44,3	3,2	41,1	68	98
Nieuw-Beerta perceel 3	6914	76,2	21,2	55,0	2,8	52,2	82	112
	6915	74,7	20,7	54,0	2,9	51,1	80	110
Achlum (Friesland)	7377–79	43,5	11,4	32,1	2,1	30,0	70	96
	7380–82	42,4	10,9	31,5	2,0	29,5	68	94
	7383–85	43,5	10,9	32,6	2,0	30,6	70	95
	7386	42,1	8,8	33,3	2,1	31,2	71	98
Kloetinge	7454–56	23,0	9,3	13,7	1,0	12,7	74	113
	7459–59	22,4	9,3	13,1	1,0	12,1	70	103
	7460–62	22,4	8,8	13,6	1,0	12,6	73	107
	7464–65	23,0	9,3	13,7	1,0	12,7	72	106
	7466–68	23,2	9,3	13,9	1,0	12,9	73	108
Etten (Gelderland)	6894	62,4	19,7	42,7	2,8	39,9	74	106
	6895	63,0	19,7	43,3	2,9	40,4	75	108
	6896	63,6	19,2	44,4	2,9	41,5	76	109
	6897	59,7	18,7	41,0	2,7	38,3	70	98
	6898	62,2	20,7	41,5	3,0	38,5	71	104
	6899	63,8	19,7	44,1	3,1	41,0	76	113
Duur (bij Olst)	7387–91	40,3	17,1	23,2	1,8	21,4	71	108
	7392–96	39,3	17,1	22,2	1,8	20,4	64	93
	7397–7401	39,1	16,1	23,0	1,9	21,1	70	107
	7402–06	39,7	16,1	23,6	1,9	21,7	70	108
	7407–11	39,1	16,1	23,0	1,9	21,1	69	108

TABEL VII

Eenige gemiddelde waarden voor elk van de twaalf proefvelden

Minerale gronden Proefveld		Nieuw-Beerta (11)	Nieuw-Beerta (3)	Achlum	Kloetinge	Etten (Geld.)	Duur (Olst)
Humus		5,1	4,1	2,1	1,8	3,8	3,2
Fractie I. . . .	% op	42,2	46,7	31,7	11,8	37,6	20,2
Fractie II . . .	drogen grond	23,8	20,4	14,5	7,0	20,6	13,2
Klei (I + II) . .	(105° C.)	66,0	67,1	46,2	18,8	58,2	33,5
Zand		28,4	28,2	48,8	79,4	37,9	63,3
% klei op klei + zand = 100		70	70	49	19	61	35
Benaming		z.zw.kl.	z.zw.kl.	zw.kl.	zavel	zw. tot z.zw.kl.	m.zw.kl.
% fractie I op I + II (*a*-cijfer)		63,9	69,6	68,7	62,6	64,5	60,4
adsorptiegetal = *ag* (factor 4,545)		89,3	85,5	55,8	26,9	75,4	48,0
T in mE op 100 g grond . . .		74,3	75,5	43,1	22,8	62,5	39,5
T in mE op 100 g adsorptiegetal = *b* (*ag*)		83,2	88,3	77,3	84,8	82,8	82,4
T in fractie I + II per 100 g I + II (*b*-cijfer)		72	81	70	72	74	69
T in fractie I per 100 g I (*c*-cijfer)		106	111	96	107	106	105

z. zw. kl. = zeer zware kleigrond; zw. kl. = zware kleigrond; m. = middelmatig

Humusgronden Proefveld		Borger-compagnie (1)	Borger-compagnie (2)	Etten (Breda)	Elsloo	IJhorst	Warns-veld
Humus	% op	11,0	11,7	3,0	14,9	8,3	4,3
Klei-leem (I + II)	drogen grond	5,4	5,1	9,0	5,6	3,6	9,5
Zand	(105° C.)	83,6	83,2	88,0	79,5	87,9	86,2
Adsorptiegetal = *ag* (factor 4,545)		12,2	12,8	4,9	16,1	9,1	6,4
T in mE op 100 g grond . . .		67,6	71,5	22,4	83,2	48,0	34,8
T in mE op 100 g adsorptiegetal = *d*.		555	558	456	518	527	544

TABEL VIII

Gegevens van een zestal Nederlandsche gronden (A, B, C, D, II en III) en een viertal buitenlandsche gronden, overgenomen uit het Recueil des Travaux Chimiques des Pays-Bas, Tome 59, juillet et août 1940, 659—664

Grondmonster		A	B	C	D	II	III	V	I	IV	VI
$CaCO_3$	in % op drogen grond (105° C.)	0	0	0	0	8,7	0	0	2,4	11,9	0
Humus		3,7	2,3	1,4	0,2	3,2	5,1	1,0	0,7	2,7	1,3
Fractie I		42,0	67,9	64,7	16,7	47,4	47,1	43,5	64,3	17,2	13,4
Fractie II		23,4	23,0	16,9	6,7	18,4	23,4	13,9	8,8	3,1	27,1
Fractie I + II		65,4	90,9	81,6	23,4	65,8	70,5	57,4	73,1	20,3	40,5
Zand		30,9	6,8	17,0	76,3	22,3	24,4	41,3	23,8	65,1	58,2
% fractie I van de kleisubstantie (I + II)	cijfer *a*	64	74	79	71	72	67	76	88	85	33
Adsorptiegetal (factor 4,545)	cijfer *ag*	82,2	101,4	88,0	24,3	80,3	93,7	61,9	76,3	32,6	46,4
T in mE op 100 g grond		67,0	93,9	77,1	20,6	66,8	71,9	55,7	106,5	43,7	20,1
T in mE op 100 g adsorptiegetal *(ag)*	cijfer *b(ag)*	81,4	92,6	87,6	84,8	83,2	76,7	90,0	139	134	43,3
T in de humus (humus × 5,19)		19,2	11,9	7,3	1,0	16,6	26,4	5,2	3,6	14,0	6,7
T in de kleisubstantie (fractie I + II)		47,8	82,0	69,8	19,6	50,2	45,5	50,5	102,9	29,7	13,4
T in fractie II (fractie II × 0,14)		3,3	3,2	2,4	0,9	2,6	3,3	1,9	1,2	0,4	3,8
T in fractie I		44,5	78,8	67,4	18,7	47,6	42,2	48,6	101,7	29,3	9,6
T in fractie I + II per 100 g fractie I + II	cijfer *b*	73	90	85	84	76	65	88	141	146	33
T in fractie I per 100 g fractie I	cijfer *c*	106	116	104	112	100	90	112	158	170	72

Toelichting. Grondmonster A bevat geen koolzure kalk, 3,7 % humus, 42,0 % fractie I (minerale deeltjes kleiner dan 0,002 mm diameter), 23,4 % fractie II (id. van 0,002 tot 0,016 mm), dus 65,4 % kleisubstantie (fractie I + II) en verder 30,9 % zandfractie (minerale deeltjes van 0,016 tot 2 mm). De gronden D en V bevatten een weinig zout. De kleisubstantie bevat 100 × 42,0 : 65,4 = 64 % fractie I (cijfer *a*). Het adsorptiegetal van grondmonster A, berekend met de factor 4,545, wordt *ag* = 3,7 × 4,545 + 65,4 = 82,2; 100 g grond A bevat dus 82,2 gram klei (+ humus op klei omgerekend). Bij totale verzadiging (barietmethode) bevat 100 g grond A totaal adsorptief gebonden 67,0 milligramequivalenten (mE) base (in uitwisselbaren vorm); het totaal basenbindend vermogen van 100 g grond A is dus T = 67,0 mE. Per 100 g klei wordt dit *b* (*ag*) = 100 × 67,0 : 82,2 = 81,4 mE. Van de 67,0 mE, die 100 g grond bij totale verzadiging adsorbeert (T), zijn aanwezig in den humus 519 × 3,7 : 100 = 19,2 mE, in fractie I + II dus 67,0 — 19,2 = 47,8 mE. In fractie II is aanwezig 14 × 23,4 : 100 = 3,3 mE; in fractie I dus 47,8 — 3,3 = 44,5 mE. Per 100 g fractie I + II is dus bij totale verzadiging gebonden 100 × 47,8 : 65,4 = 73 mE (cijfer *b*); 100 g fractie I houden bij totale verzadiging gebonden 100 × 44,5 : 42,0 = 106 mE (cijfer *c*). Voor de herkomst van bovenstaande 10 gronden wordt verwezen naar den text (blz. 567) en naar tabel A (blz 569).

NOTEN

(1) In dit verband zij hier naar de volgende literatuur verwezen: Verhandlungen der Zweiten Kommission, Teil B, Groningen 1927, Seite 123; verder: Soil Conditions and Plant Growth, by E. JOHN RUSSELL, 1932, page 187: BRADFIELD showed that the hydrogen in clay was not all replaced till a pH of 10 or 11 was reached. Soil Science, Vol. XXXVIII., page 464: In view of the fact that a soil is theoretically saturated only when a pH value of 14 is reached (A. Floyd Heck). Verhandlungen der Zweiten Kommission, Sowjet Sektion, Moskau, Ud.S.S.R., Band A, 1, Seite 35: *Jene Methoden, bei welchen der Boden mit Bariumionen gesättigt wird, indem man* ihn mit einer Barytlösung behandelt (z.B. die Methode von HISSINK), entsprechen offenbar den oben angeführten Bedingungen der Bestimmung der Adsorptionsfähigkeit des Bodens (B.P. NIKOLSKY).

(2) Verhandlungen der Zweiten Kommission und der Alkali-Sub-Kommission der Intern. Bodenk. Gesellschaft, Helsinki 26—30. Juli, 1938, Teil B, 9—17; zie blz. 13.

(3) De verwarring, die op dit gebied reeds heerscht, bleek mij nog weer bij een correspondentie in November 1940 met Dr. A. JACOB (Wissenschaftliche Abteilung des Deutschen Kalisyndikats, Berlin), naar aanleiding van diens artikel in de Tropenpflanzer (43. Jahrg., 1940, No. 7), getiteld: Die Tabakböden der Vorstenlanden. Ein Beispiel einer systematischen Untersuchung der Böden eines Tropengebietes. In dit artikel spreekt Dr. JACOB over Montmorillonit met een S-waarde = 100 en dit zou dan beteekenen de S-waarde bij volkomen verzadiging, waaronder Dr. JACOB evenwel verstaat de S-waarde bij de practisch te bereiken 100%-ige verzadiging. Hierbij is de methode van het Kalisyndikaat (zie Arbeiten über Kalidüngung, Band II, Seite 56), d.i. schudden met normaal-natriumacetaatoplossing, gevolgd. Voor de onderzochte Nederlandsche minerale gronden komt de waarde S, die bij percoleeren met een calciumacetaat-oplossing bereikt wordt en die ik in deze Mededeeling S(P) genoemd heb, overeen met ongeveer 0,5 T; voor de onderzochte humus-zandgronden met ongeveer 0,37 T.

(4) Zoo was het bijv. een groote fout, toen op het einde van de vorige eeuw sommige proefstations in Europa enkel en alleen aan de hand van de resultaten van een laboratoriumonderzoek van de gronden van Deli, adviezen voor de bemesting van de Deli-tabak gaven.

(5) Zie de Verslagen van Landbouwkundige Onderzoekingen der Rijkslandbouwproefstations (deze Verslagen worden verder aangehaald onder de letters V.L.O.R.) No. 41 B, 47—173: De bodemkundige gesteldheid van de achtereenvolgens ingedijkte Dollardpolders door Dr. D. J. HISSINK; aldaar blz. 69—70. Deze publicatie wordt verder aangehaald als Dollard-publicatie.

(6) V.L.O.R. No. 44, 1938, blz. 693—738; onderzoek van Drs. P. BRUIN.

(7) De Methodiek van de humusbepaling door Ir. C. SPITHOST; V.L.O.R., No. 38 (1932).

(8) Zie de Mitteilungen der Intern. Bodenk. Gesellschaft, Band IV (1929), blz. 217.

(9) Dr. J. VAN DER SPEK is, naar ik meen, wel de eerste geweest, die op dit verschijnsel heeft gewezen en er ook een verklaring voor heeft gegeven; zie: De inwerking van oplossingen van neutrale zouten op den bodem, V.L.O.R., No. 27 (1922).

(10) Ik moge hier nog eens er op wijzen, dat het bij de pH-metingen met de chinhydronelectrode beslist noodig is, onmiddellijk na het toevoegen van de chinhydron krachtig te schudden en direct, dat is enkele seconden na het toevoegen, te meten; zie o.a.: Soil Research, Volume II (1930), 77—139 en Volume II (1930), 140—152.

(11) Bepaling van het uitwisselbare magnesium, kalium en natrium in den grond volgens nieuw toegepaste analyse-methoden, door Dr. JAC. VAN DER SPEK en M. DEKKER; V.L.O.R., No. 44 (13) B, 1938, blz. 613—622.

(12) Naarmate het klimaat droger wordt, kunnen hoogere pH-waarden in de natuurlijke gronden voorkomen, maar zelfs in ariede gebieden komt de toestand van volkomen verzadiging niet voor. Zie o.m. Verhandlungen der zweiten Kommission und der Alkali-Subkommission der Int. Bodenk. Gesellschaft, Helsinki 1938, Teil B, blz. 13/14.

(13) Kortheidshalve zij voor de methodiek naar vroegere publicaties verwezen, in de eerste plaats V.L.O.R., No. 30 (1925), blz. 115—141 en verder: Transactions of the Faraday Society, No. 60, Vol. XX, April 1925, blz. 560—562; Verhandlungen der zweiten Kommission der Int. Bod. Gesellschaft, Groningen, 1927, Teil B, blz. 206—208; Soil Research, Band I (1928), blz. 22. Reeds in 1925 heb ik voorgesteld, niet gelijke hoeveelheden grond, maar gelijke hoeveelheden klei-humus in gebruik te nemen.

(14) Zie publicatie Faraday Society, blz. 566; Verhandlungen Zweite Kommission, Groningen 1926, Teil A, blz. 204.

(15) Dollardpublicatie, blz. 113.

(16) D. J. Hissink en Jac. van der Spek, Titratiecurven van humusgronden, V.L.O.R., No. 31 (1926).

(17) Recueil des Travaux Chimiques des Pays-Bas, Tome 59, No. 7/8 (juillet et août 1940), 659—664: Das Gesamtbasenbindungsvermögen (T-Wert) des mineralischen Bodenkomplexes und seiner Fraktionen von verschiedenen Bodentypen von D. J. Hissink.

(18) Reeds in 1925 heb ik gewezen op de noodzakelijkheid, na te gaan, wat er met een kalkbemesting in den grond plaats vindt; zie Landbouwkundig Tijdschrift, Jrg. 37 (1925) en 38 (1926); verder: What happens to the lime when soil is limed?, Transactions of the Second Commission of the Int. Soc. of Soil Science, Volume A (1926); en vooral: Verslag van het bekalkingsproefveld van de proefboerderij „Jacob Sypkens' Heerd" te Nieuw-Beerta, door D. J. Hissink en Jac. van der Spek; Versl. v. d. Ver. t. Expl. v. Proefb. in de klei- en zavelstreken Groningen, 1930 t/m 1934.

(19) Transactions of the Second Commission of the Intern. Soc. of Soil Science, Groningen (Holland), 1926, Vol. A, blz. 183. Hen, die niet in het bezit van deze Verslagen zijn, moge ik verwijzen naar Het Landbouwkundig Tijdschrift, 38e jrg. (1926), blz. 383—398, in het bijzonder blz. 384—385, betr. de begrippen K (klei) en K (humus).

(20) De omrekening van het basenbindend vermogen van de klei op humus en omgekeerd geschiedt gewoonlijk met behulp van de logarithme 0,65758, waarbij het getal 4,545 behoort (5,0 : 1,1); dit verhoudingsgetal in 3 decimalen maakt den indruk van een groote nauwkeurigheid, wat zeker niet de bedoeling is.

(21) Base Exchange in Soils, Transactions of the Faraday Society, No. 60, Vol. XX, Part 3, April 1925. In tabel VII (blz. 563) is het S-cijfer van B 1485 en de daaruit afgeleide cijfers (zie ook de tabel in mijn antwoord op de discussies, blz. 610) verkeerd opgegeven; het moet niet zijn 12,2, maar 29,3.

(22) Deze fout is reeds in 1926 gerectificeerd; zie Transactions Second Commission, Groningen 1926, Vol. A, blz. 207, noot 9.

(23) Zie o.a. Bodenkundliche Forschungen der Int. Bodenk. Gesellschaft, Bd. I (1928/29), blz. 25/26.

(24) Transactions Faraday Society, blz. 566.

(25) Bodenk. Forschungen, Bd. I (1928/29), tabel A, blz. 8/9 en tabel B, blz. 10/11.

(26) Results of the investigation of the seven Standard Soil Samples No. I—VII of the International Society of Soil Science by D. J. Hissink; Soil Research, Vol. VII (1940), No. 1/2, page 1—21. Zie ook publicatie noot 17.

(27) Der mineralische Bodenkomplex von D. J. HISSINK, S. B. HOOGHOUDT und JAC. VAN DER SPEK; Bodenkundliche Forschungen, Bd. V (1936), No. 1, 21—56.

(28) Indeeling en benaming van de Nederlandsche zeekleizandgronden, op grond van hunne mechanische samenstelling (slibcijfers); Groninger Landbouwblad, September 1928. Verder: Mededeelingen van de Proefpolder Commissie: De bodemkundige gesteldheid van den Andijker Proefpolder in het jaar 1927—1928 (Hoofdstuk III, blz. 102—140). En: Indeeling en benaming van Nederlandsche Landbouwgronden, Landbouwkundig Tijdschrift, Maart/April 1939, Jrg. 51, No. 622/623, blz. 129—147.

(29) Zie o.a. literatuur noot 26, blz. 16/17 aldaar.

(30) Titratiecurven van humusgronden, door D. J. HISSINK en JAC. VAN DER SPEK, V.L.O.R., No. 31 (1926), blz. 166—167.

(31) V.L.O.R., No. 27 (1922): De zuurgraad van den grond door D. J. HISSINK en JAC. VAN DER SPEK (blz. 142).

(32) Dit onderwerp is in verschillende publicaties behandeld; zie o.a. V.L.O.R., No. 31 (1926): Wat vindt er bij eene bekalking van den grond met de kalk plaats en verder later verschenen Verslagen van de Ver. tot Expl. van Proefboerderijen, Groningen.

(33) Dollardpublicatie, blz. 99.

(34) Zie de Verslagen van de Proefboerderij „Jacob Sypkens' Heerd", onder Nieuw-Beerta in de Verslagen Proefboerderij Groningen door D. J. HISSINK en JAC. VAN DER SPEK. Uiteraard vindt ook in gronden van het zware Dollardtype eenige jaren na de bekalking een verhuizing van kalk uit den bovengrond naar den ondergrond plaats; Dr. VAN DER SPEK constateert in het laatste Verslag van de Proefboerderij (Verslag over de jaren 1935 t/m 1939, blz. 55) van 1929 tot 1938 een toename, zij het dan ook een geringe, van de kleihumuskalk en soms van de koolzure kalk in den ondergrond (25—50 cm).

(35) Bij alle te Groningen verrichte (T—S)-bepalingen maakt de opgaande rechte lijn een hoek met de horizontale as, die iets kleiner is dan 45°, gemiddeld 43° (tusschen 42° en 44°). Dat wil dus zeggen, dat ook, nadat de theoretische verzadiging ingeterden is, nog voortdurend kleine hoeveelheden bariet worden opgenomen. Door het trekken van een lijn van 45° door één van de punten van de opgaande rechte lijn, wordt dus een te groote waarde voor T—S gevonden; dus ook te groote waarden voor T en te kleine waarden voor V. De fout is des te kleiner, naarmate het punt, waardoor de lijn van 45° getrokken wordt, dichter bij de horizontale as ligt. Zooals reeds is opgemerkt, zal eerst moeten worden vastgesteld, welke fouten bij een dergelijke snelmethode gemaakt kunnen worden. Het blijft natuurlijk altijd beter, minstens twee punten van het recht opgaande stuk te bepalen.

(36) Zooals bekend, bestaat er een Normalisatie-Commissie 38 voor de normalisatie van de classificatie en benaming van grondsoorten. Tot 1939 toe heeft deze Commissie zich alleen met de zandige minerale gronden beziggehouden; in 1939 is een nieuwe Commissie 38A ingesteld, welke een studie van de overige grondsoorten maakt.

(37) In 1924 heb ik in een in de landbouwbladen verschenen korte mededeeling een geval van de omzetting van de humus door te hooge bekalking en van de daaruit voortvloeiende schadelijke gevolgen behandeld. Het betrof het reeds veenige type met 35 à 40% humus. In 1903 werd een gedeelte van het betreffende perceel (onder Harkstede) met niet minder dan 60 000 kg schuimaarde bemest. In 1923 waren de pH-waarden van het onbekalkte en het bekalkte gedeelte resp. 4,9 en 7,1; de humusgehalten 41,9 % en 35,3 %. Met behulp van het volumegewicht is te berekenen, dat in den loop van 20 jaar 58 700 kg aan organische stof per ha in de laag van 0—20 cm verdwenen is; dat is gemiddeld per jaar rond 2900 kg, gelijk staande met ongeveer 12 000 kg stalmest (ongeveer 16 voer). En daarbij komt nog, dat deze bekalking nimmer eenig voordeel heeft opgeleverd. Of veenkoloniale haverziekte voorgekomen is, kon men zich niet meer herinneren; in de laatste jaren werd geen

haver verbouwd. De aardappelen waren steeds schurftig; de rogge tierde welig, doch werd bij eenigszins gunstig weer te geil. Als grasland gebruikt, was de zode veel te los geworden; er groeide hondsdraf en brandnetels, terwijl de grasopbrengst gering was. Het gedeelte van het perceel, dat geen schuimaarde ontving, doch dat overigens precies dezelfde bemesting en bewerking in de jaren 1903—1923 genoot, was veel beter en verdiende zoowel als gras- als bouwland verre de voorkeur.

(38) Zusammenhang zwischen der Azidität des Bodens und der Zersetzung der organischen Substanzen im Boden, von D. J. HISSINK; Festschrift Julius Stoklasa (Berlin, Paul Parey, 1928, 212—217).

(39) Bodenk. Forschungen, I (1928), No. 1, blz. 27.

(40) Reeds voor ongeveer 20 jaar, toen ik het zoogenaamde Comber-toestel de wereld instuurde, heb ik hierop gewezen. Ik had gehoopt, nog vóór mijn vertrek uit Groningen in 1939, een overzicht van de beteekenis van het Comber-onderzoek in de praktijk aan de hand van het omvangrijke materiaal, dat op het Bodemkundig Instituut te Groningen berust, te kunnen geven. Dit werk ware het best toevertrouwd geweest aan den analist M. DEKKER. Ik moge hier de hoop uitspreken, dat nà den dood van DEKKER een andere kracht van het Instituut lust voor het schrijven van een dergelijk overzicht bezit.

INHOUD

Blz.

Voorwoord 529

HOOFDSTUK I

Doel en opzet van het onderzoek 531

HOOFDSTUK II

Beschrijving en herkomst van de grondmonsters 536

A. Hoofdgroep kleigronden 536

1. Zeekleigronden 536

2. Rivierkleigronden 539

B. Hoofdgroep humusgronden 541

3. Oude dalgronden (Borgercompagnie) 541

4. Humushoudende zandgronden 542

Samenvatting 545

HOOFDSTUK III

Bijzonderheden betreffende het onderzoek van de grondmonsters, de toegepaste methodiek en de beteekenis hiervan 546

Koolzure kalk 546

Humus 546

Mechanische of granulaire samenstelling 547

Zuurgraad (pH) 547

Uitwisselbare basen 547

Adsorptiegetal (ag) 547

De waarde T — S 548

De waarde T 549

De waarde V 549

Andere methoden ter bepaling van de hoeveelheid base (kalk), die de grond onder bepaalde omstandigheden adsorbeert 549

De percolatiemethode 549

Potentiometrische kalktitratie 551

Samenvatting 552

HOOFDSTUK IV

Blz.

Toelichting van de resultaten van het onderzoek (zie de tabellen I tot en met VIII achter den text) 553

a. Mechanische samenstelling (tabel I) 553

b. Zuurgraad (pH) en adsorptiegrootheden (tabel II) 554

c. Adsorptiegrootheden; resultaten van het percolatie-onderzoek; verzadigingstoestanden (tabel III) 555

d. Potentiometrische kalktitratie (tabel IV) 556

e. Bekalking en kalkopname (tabel V) 557

Samenvatting 558

HOOFDSTUK V

Het basenbindend vermogen van de verschillende minerale fracties en van de humussubstantie (tabellen VI en VIII); eenige gemiddelde cijfers (tabel VII); gemiddelde T-cijfers van de kleifracties van drie groepen minerale gronden (tabel A, in den text) 559

De waarden b(ag) en d. 559

De verhouding van het basenbindend vermogen van de kleisubstantie en de humus 562

De waarden b en c 563

Invloed van de zandfractie 564

Tabel VII (gemiddelden) 566

Onderzoek van Nederlandsche en buitenlandsche gronden (tabel VIII) 567

Tabel A. 568

Samenvatting 570

HOOFDSTUK VI

Invloed van de bekalking op de basenhuishouding van den grond. Verband tusschen de waarden pH, S en V (tabel B) 572

I. Invloed van de bekalking op den grond 572

1. Invloed van de kalkbemesting, resp. kalkonttrekking (door bemesting met zwavel) op de waarden pH, S, T-S en V 572

Blz.

A. Minerale gronden 572

B. Humushoudende gronden 573

2. Invloed van de bekalking op de verschillende uitwisselbare basen (CaO, MgO, K_2O en Na_2O) en hun onderlinge verhouding (tabel III en verder vier laatste kolommen van tabel II) 574

A. Minerale gronden 574

B. Humusgronden 575

II. Verband tusschen de waarden pH, S en V (tabel B) 576

A. Minerale gronden (verband tusschen pH en S) 577

B. Humusgronden (verband tusschen pH en S) 579

III. Verband tusschen pH en verzadigingstoestand (V) 580

Tabel B, derde deel. 581

Samenvatting 582

HOOFDSTUK VII

De resultaten van het percolatie-onderzoek (tabel III en tabel C) . . . 583

Samenvatting 587

HOOFDSTUK VIII

Wat gebeurt er met de kalk van de kalkbemesting in den grond (tabel V)? 588

Samenvatting 592

HOOFDSTUK IX

Beteekenis van het verkregen cijfermateriaal uit een praktisch landbouwkundig oogpunt (tabel D, blz. 600). 593

Eerste rubriek. Beteekenis van de grootheden S, T en V (en pH) . . 593

De mariene minerale gronden 594

Het type van de humushoudende zandige gronden 596

Blz.

Tweede rubriek. De resultaten volgens de potentiometrische kalktitratie 599
Derde rubriek. De resultaten volgens het percolatie-onderzoek . . . 600

a. De zwaardere minerale gronden 601

b. Het type Kloetinge, dat is het type van de mariene, lichte zavelgronden 601

c. De humushoudende zandige gronden 602

Samenvatting 603

Tabellen I tot en met VIII 606
Noten 625
Inhoud 629