

BODEMKUN

GRONINGEN

BODEMVRUCHTBAARHEID
GRONINGEN

DEPARTEMENT
No. 17000

DEPARTEMENT VAN ECONOMISCHE ZAKEN
EN ARBEID — DIRECTIE VAN DEN LANDBOUW

VERSLAGEN VAN LANDBOUWKUNDIGE
ONDERZOEKINGEN — N^o. 38. B.

BODEMKUNDIG INSTITUUT TE
GRONINGEN.



**HUMUSGEHALTEN
IN VERSCHILLENDE TYPEN GROND,
BIJ AANWENDING VAN VERSCHIL-
LENDE METHODEN VERKREGEN,**

DOOR Dr. D. J. HISSINK EN Ir. O. SPITHOST.

634407,2
631.423,7



RIJKSUITGEVERIJ
DIENST VAN DE
NEDERLANDSCHE
STAATSCOURANT

I · 9 · 3 · 2

'S-GRAVENHAGE — ALGEMEENE LANDSDRUKKERIJ

Prijs f 0,25

BODEMKUNDIG INSTITUUT GRONINGEN.

HUMUSGEHALTEN IN VERSCHILLENDE TYPEN GROND, BIJ
AANWENDING VAN VERSCHILLENDE METHODEN VERKREGEN,

DOOR

DR. D. J. HISSINK EN IR. C. SPITHOST.

(Ingezonden 28 Juli 1932.)

§ 1. Overzicht van de aangewende methoden.

Alle methoden ter bepaling van het gehalte aan organische stoffen (humus) in den grond komen tenslotte neer op een oxydatie van de organische stof. Hierbij kan bepaald worden:

1. de hoeveelheid gevormd koolzuur;
2. het gloeiverlies;
3. de hoeveelheid verdwenen zuurstof.

1. De hoeveelheid gevormd koolzuur wordt onder meer door verbranding van de koolstof van de organische stof bij de zoogenaamde elementairanalyse bepaald. Aangezien bij deze analyse ook het koolzuur van de koolzure kalk wordt uitgedreven, dient het gevonden gehalte aan totaal koolzuur met het gehalte aan koolzuur van de koolzure kalk te worden verminderd. Als factor, om uit het gevonden gehalte aan koolzuur (CO_2), resp. aan koolstof (C), het gehalte aan organische stof te berekenen, wordt algemeen 0,471, resp. 1,724, aangenomen ($\text{humus} = \text{CO}_2 \times 0,471 = \text{C} \times 1,724$). In dezen factor schuilt de zwakke zijde van deze methode; het is de vraag, of het koolstof-gehalte van alle organische stof in den grond op 58,0 % ($100 : 1,724$) mag worden aangenomen.

2. Bij de tweede methode is te bedenken, dat bij het gloeien van den grond niet alleen de organische stoffen, doch tevens het koolzuur van de koolzure kalk en het vastgebonden water uit de kleisubstantie verwijderd worden. Tegenover deze gewichtsvermindering bij het gloeien van den grond kan een gewichtsvermeerdering door oxydatie van oxydeerbare stoffen in den grond (als feroverbindingen) staan. Kan deze gewichtsvermeerdering verwaarloosd worden, dan is het gloeiverliescijfer van den bij 105° Celsius gedroogden grond alleen met het CO_2 -gehalte van de koolzure kalk en met

(1) B. 1.

het gehalte aan vastgebonden water van de kleisubstantie te verminderen. Dit laatste is door het Bodemkundig Instituut op 6,3 % van de klei (fractie I + II) aangenomen. Hebben we te maken met zoute gronden, dan moet een correctie aangebracht worden voor het keukenzout, dat tijdens het gloeien gedeeltelijk verdwijnt ¹⁾.

3. Verschillende methoden bepalen de hoeveelheid zuurstof, die bij de oxydatie van de organische stof wordt verbruikt. Van deze methoden is in deze verhandeling alleen de behandeling van den grond met een oplossing van kaliumpermanganaat (KMnO_4) aangewend. Bij deze methoden is het vooral de vraag, of het oxydatiemiddel (kaliumpermanganaat, chroomzuur, waterstofsulfoxyd) wel alle organische stof oxydeert. Bovendien geeft de aanwezigheid van andere oxydeerbare verbindingen (bijv. ferroverbindingen) te hoge waarden voor de humuscijfers.

§ 2. Resultaten bij een internationaal onderzoek verkregen.

(Zie tabel I.)

Dat de verschillende methoden zeer uiteenlopende gehalten aan humus kunnen geven, moge uit de gegevens van tabel I (zie blz. 47) blijken. Zelfs blijkt uit deze gegevens, dat ook dezelfde methode aan verschillende Instituten op één en hetzelfde monster aangewend, tot sterk uiteenlopende resultaten leiden kan. Het betreft hier een onderzoek naar de mechanische samenstelling (gehalten aan klei en zand) van een zestal grondmonsters aan een groot aantal laboratoria, over de geheele wereld verspreid. De zes grondmonsters waren, vóór de verdeeling over de verschillende instituten, door den leider van het onderzoek, Prof. Dr. V. NOVÁK, BRNO, uiterst zorgvuldig gemengd. In grondmonster n°. I liggen de gevonden gehalten aan humus tusschen 9,76 % (H_2O_2 -methode) en 2,59 % (methode KNOF); enz. In grondmonster n°. V worden zelfs gehalten van 0,65 % tot 7,56 % humus gevonden.

Het ligt voor de hand, dat een dergelijk resultaat het wenschelijk maakt, de methoden ter bepaling van het humusgehalte in den grond aan een verge-

¹⁾ Het moet hier worden erkend, dat dit cijfer van 6,3 % (gehalte aan vast gebonden water in de kleisubstantie) indertijd slechts voorloopig uit een vrij klein aantal monsters en dan nog op eenigszins benaderende wijze bepaald is. Door tijdgebrek is dit onderzoek niet verder voortgezet en werden de resultaten zelfs niet gepubliceerd. Het is op deze wijze geschied, dat van een vijftal ondergronden (van zware tot zeer zware zeekleigronden uit de provincie Groningen), die geen humus en geen koolzure kalk bevatten, het gloei-verlies bepaald is. Hierbij werd gevonden 6,67 % — 6,53 % — 6,15 % — 6,63 % — 5,79 %, gemiddeld 6,3 %. Zie verder de volgende publicatie over de methodiek van de humusbepaling.

lijkend onderzoek te onderwerpen en te trachten tot internationale voor-
schriften op dit punt te komen.

TABEL I.

*Gehalten aan humus in zes grondmonsters (I t/m VI), verkregen
aan 12 Instituten (a t/m m). (Humus = $\text{CO}_2 \times 0,471$.)*

Insti- tuut.	Monster n°.						Gevolgte methode.
	I.	II.	III.	IV.	V.	VI.	
	Benaming en herkomst						
	Redzina, Tsjecho- Slowakije.	Alluviaal, Tsjecho- Slowakije.	Czik, Hongarije.	Grond uit Joego- Slavië.	Grond uit Soedan.	Alluviaal- Kassala, Soedan.	
<i>a</i>	3,02	1,43	2,86	4,03	7,07	1,29	KJELDAAHL.
<i>b</i>	2,73	0,18	2,61	—	0,65	1,09	KNOP.
<i>c</i>	3,09	1,45	3,00	3,93	1,53	1,43	KNOP.
<i>d</i>	2,59	1,28	—	3,74	—	—	KNOP.
<i>e</i>	2,73	1,22	2,59	3,38	1,11	1,23	KNOP.
<i>f</i>	3,45	—	—	4,17	—	—	Vermoedelijk KNOP.
<i>g</i>	5,00	1,0	2,0	6,0	—	—	Elementairanalyse.
<i>h</i>	3,1	1,5	—	4,3	—	1,6	Idem.
<i>i</i>	3,68	1,65	3,63	4,31	1,18	1,65	Idem
<i>k</i>	9,76	3,80	5,85	6,85	7,56	6,78	H_2O_2 -methode.
<i>l</i>	7,8	4,5	5,5	7,9	6,2	7,2	Niet vermeld.
<i>m</i>	2,85	1,72	2,93	3,59	1,17	1,49	Niet vermeld.

In deze verhandeling worden de resultaten van de hierboven genoemde drie methoden op verschillende Nederlandsche grondsoorten medegedeeld. In het bijzonder lag het in de bedoeling, deze methoden op de versche, slik-
kige Zuiderzeegronden aan te wenden.

§ 3. Resultaten van het onderzoek van eenige cultuurgronden (grootendeels zeekleigronden).

In een twaalfstal minerale gronden van verschillend kleigehalte (van zeer zware kleigronden tot lichte zandgronden) en van verschillenden ouderdom (liggende tusschen zeer oude en slechts enkele jaren oude Dollardkleigrond), zijn de gehalten aan humus volgens de drie in § 1 genoemde methoden bepaald; te weten : 1) elementairanalyse (humus = $\text{C} \times 1,724$); 2) gloeiverlies (aftrekken van 6,3 % vastgebonden water in de kleisubstantie); 3) oxydatie met

kaliumpermanganaat. Bij deze laatste methode is zoowel het resultaat bij gebruik van 4 cm³ zwavelzuur, als van 20 cm³ zwavelzuur bepaald (methoden 3 en 4). De resultaten van dit onderzoek zijn in tabel II (zie blz. 49) opgenomen; de grondmonsters zijn naar de afdalende gehalten aan klei gerangschikt. Het zijn alle 12 minerale gronden; het hoogste humusgehalte komt voor in den kleigrond uit den IJ-polder (B 2529), nl. 5,6 % (volgens methode 1).

Methode 1 (elementairanalyse) geeft, op twee uitzonderingen na, de hoogste humuscijfers; dan volgen, met betrekkelijk kleine verschillen, de humuscijfers van methode 2 (gloeiverlies). De laagste humuscijfers worden bij de methoden 3 en 4 (KMnO₄) gevonden; methode 3 (4 cm³ H₂SO₄) is gewoonlijk lager, een enkele maal gelijk, doch nooit hoger dan methode 4 (20 cm³ H₂SO₄). Gemiddeld wordt in de 12 monsters cultuurgronden (zee-kleigronden) gevonden volgens:

methode 1 (elementairanalyse)	3,70 % ;
methode 2 (gloeiverlies)	3,25 % ;
methode 3 (KMnO ₄ ; 4 cm ³ H ₂ SO ₄)	2,44 % ;
methode 4 (KMnO ₄ ; 20 cm ³ H ₂ SO ₄)	2,65 %.

De verschillen tusschen methode 1 en 2 zijn niet groot (gem. 3,70 % tegen 3,25 %). In twee gevallen is het gloeiverliescijfer (methode 2) iets hoger dan het koolstofcijfer (methode 1), nl. bij B 2968 (4,3 % tegen 4,2 %) en B 2235 (2,0 % tegen 1,9 %). Het grootste verschil geeft B 2528 met 5,2 % humus (methode 1) tegen 4,1 % humus (verschil 1,1 %). Hoewel een verschil van ongeveer 1 % op slechts 4 à 5 % humus vrij aanzienlijk is, is dit verschil in vergelijking met de in tabel I vermelde verschillen nog niet bepaald groot te noemen.

De oorzaak van de verschillen in de humusgehalten tusschen methode 1 en 2 ware o. m. in het cijfer van 6,3 te zoeken, dat is dus in het procentisch gehalte aan vastgebonden water, dat in de kleisubstantie is aangenomen. Uitgaande van het humusgehalte volgens de elementairanalyse (humus = C × 1,724), kan nu omgekeerd uit het gloeiverlies, aannemende dat dit de som van humus en vastgebonden water in de kleisubstantie is, dit laatste gehalte berekend worden. Een voorbeeld moge dit toelichten.

In B 2018 (zie tabel II) is ir procenten op drogen grond (105° Celsius) gevonden 1,3 % CaCO₃ en 23,8 % zand, samen 25,1 %; dat geeft dus 100 — 25,1 = 74,9 % klei + humus.

Verder is gevonden 6,6 % gloeiverlies, dat is dus humus plus vastgebonden water in de kleisubstantie. Het gehalte aan klei min vastgebonden water bedraagt dus 74,9 — 6,6 = 68,3 %. Onder aanname, dat het gehalte

TABEL II.

Humuscijfers van normale cultuurgronden (bouwland), volgens methoden 1, 2, 3 en 4.

1e deel.

N ^o . B.	Herkomst en benaming.	Diepte in cm.	Jaar van		Gehalten in % op dr. stof.		
			bedij- king.	bemon- stering.	Klei (I + II)	Zand (III + IV)	CaCO ₃
2968	Proefboerderij, Nieuw- Beerta, oude Dollard- kleigrond.	0—20 bovengr.	1657	1929	88,9	6,1	0,7
3083			1550	1929	72,8	22,7	0,0
2529	IJpolder, vrij jonge zee- kleigrond.	bovengr.	± 1875	1927	78,2	10,4	6,7
2018	Schildwolde, oudste Dol- lardkleigrond.	25—50	± 1550	1925	72,9	23,8	1,3
2528	Groetpolder (N. H.)	bovengr.	1844	1927	64,2	26,9	4,8
2561	C.C.-polder, jonge Dollard- kleigrond.	0—25	1925	1928	57,5	29,2	9,3
2518	Anna Paulowna-polder, vrij jonge zee- kleigrond.	bovengr.	1846	1927	48,5	44,7	1,9
2516			1846	1927	36,8	52,4	8,1
2235	Beesd (Betuwe), rivierklei- grond.	0—25	—	1926	32,1	65,5	0,4
2242			—	1926	26,4	72,1	0,5
2510	Anna Paulowna-polder, iets kleihoudend zand.	bovengr.	1846	1927	7,9	87,3	2,6
2508			1846	1927	4,1	92,8	0,5

2e deel.

N ^o . B.	Gehalten in procenten op drogen grond (105° C)								
	aan humus, volgens methode				G = humus plus vastgebonden water in de klei.	Klei, berekend uit humuscijfer vol- gens methode 1.	Vastgebonden water in de klei, be- rekend uit humus- cijfer volgens methode 1.	Gehalte aan vastge- bonden water in de klei- substantie, berekend uit humuscijfer volgens methode 1.	Humus berekend uit G, onder aanname van 6,5 % vastgebonden water in de klei-substantie.
	1. (El.an)	2. (Cl.).	3. (KMnO ₄ 4 cc.)	4. (KMnO ₄ 20 cc.)					
2968	4,2	4,3	2,8	3,1	0,9	89,0	5,7	6,4	5,0
3083	4,8	4,5	2,8	3,1	0,1	72,5	4,3	5,9	5,1
2529	5,6	4,7	3,8	3,8	0,6	77,3	4,0	5,2	5,3
2018	3,0	2,0	1,7	1,8	6,6	71,9	3,6	5,0	2,6
2528	5,2	4,1	3,7	3,7	8,1	63,1	2,9	4,6	4,6
2561	5,0	4,0	3,3	3,8	7,6	56,5	2,6	4,6	4,5
2518	5,3	4,9	3,5	4,1	7,9	48,1	2,6	5,4	5,2
2516	3,0	2,7	2,2	2,6	5,0	36,5	2,0	5,5	3,0
2235	1,9	2,0	1,3	1,4	4,0	32,2	2,1	6,5	2,2
2242	1,0	1,0	0,6	0,8	2,7	26,4	1,7	6,4	1,3
2510	2,3	2,2	1,6	1,6	2,7	7,8	0,4	5,1	2,3
2508	3,1	2,6	2,0	2,0	2,9	3,6	0,2		2,7
Gem.	3,70	3,25	2,44	2,65				5,5	3,65

aan vastgebonden water in de kleisubstantie 6,3 % bedraagt, wordt het kleigehalte dus $100 \times 68,3 : (100 - 6,3) = 72,9 \%$ en het humusgehalte $74,9 - 72,9 = 2,0 \%$; dat zijn de cijfers, die in tabel II ad B 2018 voor klei (fractie I + II) en humus (sub methode 2) zijn opgenomen. Neemt men evenwel voor het humusgehalte 3,0 % (gevonden volgens methode 1) aan, dan wordt het gehalte aan klei $74,9 - 3,0 = 71,9 \%$ en het gehalte aan vastgebonden water in de klei $6,6 - 3,0 = 3,6 \%$; in procenten bevat de kleisubstantie in dat geval dus $100 \times 3,6 : 71,9 = 5,0 \%$ vastgebonden water (zie tweede deel tabel II).

Voor de 12 gronden van tabel II zijn de gehalten aan vastgebonden water op bovenaangegeven wijze berekend. Zij liggen tusschen 4,6 en 6,5 in; gemiddeld wordt 5,5 % vastgebonden water in de kleisubstantie gevonden (zie tweede deel tabel II op één na laatste kolom). Met behulp van dit gemiddelde van 5,5 % zijn dan opnieuw de humuscijfers volgens de gloeiverliesmethode (n°. 2) berekend. In de bovenstaande berekening wordt nu voor het kleigehalte gevonden $100 \times 68,3 : (100 - 5,5) = 72,3 \%$ en dus voor het humusgehalte $74,9 \% - 72,3 \% = 2,6 \%$. Ook deze cijfers zijn in tabel II opgenomen (laatste kolom, humuscijfers volgens methode 2, doch berekend met 5,5 % vastgebonden water). Het gemiddelde van deze nieuwe humuscijfers (methode 2) is natuurlijk nagenoeg 3,70 (gemiddelde humuscijfers methode 1), nl. 3,65, maar de onderlinge afwijkingen van de 12 humuscijfers volgens methode 1 en nieuwe methode 2 blijven vrijwel evengroot; de afwijkingen zijn nu evenwel evenveel aan den positieven als aan den negatieven kant. Het grootste positieve verschil geeft B 2968 (met 5,0 % tegen 4,2 % sub methode 1); het grootste negatieve verschil B 2528 (met 4,6 % tegen 5,2 % sub methode 1).

Zooals reeds hierboven is opgemerkt (zie noot 1 op blz. 46), is het gehalte van 6,3 % vastgebonden water in de kleisubstantie indertijd uit een vrij gering aantal cijfers berekend. Men kan zich de vraag stellen, in hoeverre het aanbeveling zou verdienen, met behulp van het humuscijfer volgens methode 1 uit een groot aantal monsters cultuurgronden het gehalte aan vastgebonden water in de kleisubstantie nauwkeuriger te bepalen. Men dient dan altijd te bedenken, dat het humuscijfer volgens methode 1 berekend is, door het gehalte aan koolstof (C) met 1,724 te vermenigvuldigen en het blijft nog altijd een open vraag, in hoeverre deze factor van 1,724 op de organische stof van verschillende gronden mag worden toegepast.

Ten overvloede zij er hier nog op gewezen, dat de gloeiverliesmethode (methode n°. 2, met 6,3 %) tot nu toe door ons alleen is toegepast op de werkelijke kleigronden, dat zijn de gronden, wier kleinste deeltjes (fractie I en II) inderdaad uit klei bestaan ¹⁾. Gronden, wier kleinste deeltjes

(fractie I en II) groote hoeveelheden mineraal-fragmenten, in hoofdzaak wel fijn kwartsmeel ²⁾ bevatten, zullen natuurlijk een lager gehalte dan 6,3 %, resp. dan 5,5 %, aan vastgebonden water op fractie I en II bezitten ³⁾. Zoo spoedig de tijd daarvoor beschikbaar is, zal een onderzoek in deze richting worden ingesteld; voorloopig zijn onze humuscijfers volgens methode 2 (bij de normale cultuurgronden evenwel nog met het gehalte van 6,3 % vastgebonden water in de kleisubstantie (fractie I + II) berekend.

Blijkens tabel II, zijn alle humuscijfers volgens de KMnO_4 -methode, zoowel volgens methode 3 (4 $\text{cm}^3 \text{H}_2\text{SO}_4$) als volgens methode 4 (20 $\text{cm}^3 \text{H}_2\text{SO}_4$) lager dan die volgens de methode 1 en 2; gemiddeld 2,44 % humus (methode 3) en 2,65 % humus (methode 4) tegen 3,70 % (methode 1) en 3,25 % (methode 2). Gemiddeld geeft methode 1 dus 0,45 % humus meer dan methode 2 en resp. 1,26 % humus en 1,05 % humus meer dan methode 3 en 4. Zeer waarschijnlijk is de oorzaak van deze groote verschillen tusschen methode 1 en methode 3 en 4 hierin te zoeken, dat niet alle organische stof bij de behandeling met KMnO_4 geoxydeerd wordt ⁴⁾.

¹⁾ Voor de definitie van de begrippen klei, leem en zand, zij hier naar de Verslagen van Landbouwkundige Onderzoekingen der Rijkslandbouwproefstations, n°. XXX (1925), blz. 169—202, verwezen.

²⁾ In de in noot 1 (blz. 51) aangehaalde publicatie is op blz. 194/195 een dergelijk type van een grond beschreven (ontleend aan Dr. FROSTERUS). Het betreft een grond met 41,5 % van fractie I en 16,0 % van fractie II, samen dus 57,5 % van fractie I + II. Volgens dit cijfer zou deze grond (monster n°. 6) tot de zware kleigronden gerekend moeten worden, wat intusschen op grond van de physische eigenschappen (geringe plasticiteit, geringe inkrimping bij drogen, lage watercapaciteit en hoog volumegewicht) niet het geval bleek te zijn. De oorzaak van dit gedrag van n°. 6 is bekend. Bij de onderzochte kleigronden is ongeveer de helft van fractie I in zoutzuur oplosbaar (methode FROSTERUS); bij n°. 6 daarentegen is van de 41,5 % van fractie I slechts 6,3 % in HCl oplosbaar en 35,2 % onoplosbaar. De deeltjes kleiner dan 0,002 mm diameter (fractie I) bestaan bij monster n°. 6 voor het grootste gedeelte uit zeer fijne minerale bestanddeelen (kwartsmeel) en slechts voor een klein gedeelte uit verweerde aluminiumsilikaten (FROSTERUS spreekt van kolloidale substantie).

³⁾ Door het humusgehalte van dergelijke gronden met behulp van methode 1, (elementairanalyse) te bepalen, kan uit het gloeiverlies het gehalte aan vastgebonden water in fractie I + II berekend worden. Door uit te gaan van de onderstelling, dat het gehalte aan vastgebonden water in de eigenlijke kleisubstantie van deze fractie I + II ook in dit geval 6,3 %, resp. 5,5 % bedraagt, ware het gehalte aan eigenlijke kleisubstantie, resp. aan fijn kwartsmeel in fractie I + II, althans met eenige benadering vast te stellen. Dit resultaat zou dan met de op andere wijze verkregen resultaten vergeleken kunnen worden (o. m. bepaling van het door zoutzuur ontleedbare verwerings-silikaat in fractie I + II; kataphoretische metingen).

⁴⁾ In dit verband zij hier verwezen naar een verhandeling van G. W. ROBINSON en J. O. JONES, Bangor (Wales) in het *Journal of Agricultural Science*, Volume XV (1925), blz. 26—29, over: A method for determining the degree of humification of soil organic matter. ROBINSON heeft de oxydeerende werking van waterstofsperoxyd (H_2O_2) op de organische stoffen van den grond onderzocht. H_2O_2 blijkt slechts een gedeelte van de organische stoffen te oxydeeren, volgens het voorloopig onderzoek van ROBINSON van

De slotsom van ons onderzoek op de normale cultuurgronden is dus deze, dat de overeenstemming tusschen de beide eerste methoden 1 (elementair-analyse) en 2 (gloeiverlies, met 6,3 % vastgebonden water in de kleisubstantie) vrij goed en zelfs in vergelijking met de resultaten van het internationale onderzoek (zie tabel I) zeer goed te noemen is; dat de overeenstemming tusschen deze twee methoden en de KMnO_4 -methode, zelfs als men in dit geval het hoogste cijfer neemt (methode 4 met $20 \text{ cm}^3 \text{ H}_2\text{SO}_4$), minder goed is.

§ 4. Onderzoek van eenige Andijker slikgronden.

Onmiddellijk na het droogkomen, in het najaar van 1927, zijn van een groot aantal slikgronden van den Andijker Proefpolder monsters genomen, welke te Groningen onderzocht zijn. Het humusgehalte in de slikgronden is volgens methode 2 (gloeiverliesmethode, onder aannahme van 6,3 % vastgebonden water in de kleisubstantie) bepaald; de resultaten van dit onderzoek zijn in Blauwboek n°. I ¹⁾ opgenomen. Zooals uit de cijfers van dit Blauwboek blijkt, is het Andijker slik van zeer gelijkmatige samenstelling, zoodat een gemiddeld gehalte berekend kon worden. Gemiddeld bevat het Andijker slik (zie tabel VII op blz. 143 van het Blauwboek) in procenten (afgerond) op drogen grond (105° Celsius): 12 % koolzure kalk, 3,5 % humus, 61 % klei en 21 % zand (de rest is NaCl).

Van een 7-tal van deze versche slikmonsters is het humusgehalte later volgens de koolstofmethode (methode 1, dus humus = $C \times 1,724$) en eveneens volgens de KMnO_4 -methoden (methode 3 en 4, met resp. 4 en $20 \text{ cm}^3 \text{ H}_2\text{SO}_4$) bepaald. De resultaten van dit onderzoek zijn in het eerste gedeelte van tabel III (zie blz. 53) opgenomen (An 21 — An 121). Gemiddeld is in deze 7 gronden gevonden:

methode 1 (elementairanalyse)	5,8 % humus;
methode 2 (gloeiverlies)	3,8 % „
methode 3 ($\text{KMnO}_4 + 4 \text{ cm}^3 \text{ H}_2\text{SO}_4$)	3,9 % „
methode 4 ($\text{KMnO}_4 + 20 \text{ cm}^3 \text{ H}_2\text{SO}_4$).....	4,3 % „

42 % tot 82 %; het is zonder inwerking op de vezelachtige stoffen, als cellulose en lignine²⁾ ROBINSON meent, dat de behandeling met H_2O_2 te gebruiken is als basis voor een methode, om bij benadering den graad van humificatie van de organische stoffen in den grond te bepalen.

¹⁾ Mededeelingen van de Commissie van Advies omtrent de landbouwtechnische aangelegenheden betreffende den proefpolder nabij Andijk, n°. I (1929); blz. 95 en o.m. tabel VII, blz. 143.

TABEL III.

Humuscijfers van versche en vier jaar oude Andijker slijkgronden, volgens methode 1, 2, 3 en 4.

N ^o . An.	Diepte van de laag in cm.	Gehalten in procenten op drogen grond (105° C).								
		NaCl.	CaCO ₃ .	Klei ¹⁾ .	Zand.	Humus volgens methode				
						1.	2 ^{a)} .	3.	4.	2 ^{a)} .
<i>Versch slijk uit het jaar 1927-</i>										
21	0—37	2,3	11,6	51,2	30,3	4,6	2,8	3,3	3,5	3,2
25	0—32	2,5	11,4	55,1	26,1	4,9	3,5	3,2	3,7	4,0
49	0—21	2,6	12,8	66,3	12,0	6,3	4,3	4,1	4,6	4,9
54	0—15	2,8	12,1	61,7	17,2	6,2	4,3	4,0	4,2	4,9
59	0—25	2,6	12,6	61,2	17,4	6,2	4,0	4,3	4,3	4,6
60	25—52	3,0	15,2	63,0	12,7	6,1	3,6	4,5	5,0	4,1
121	0—31	3,2	12,2	64,0	14,5	6,1	4,1	3,8	4,8	4,6
Gem.						5,8	3,8	3,9	4,3	4,3

Slijk, vier jaar oud, uit het jaar 1931.

Bouwland (Kavel III, vak 1).

4612	0—10	0	11,3	53,7	30,0	5,0	4,5	3,3	3,5	5,0
4614	0—10	0	11,2	64,6	18,5	5,7	5,1	3,9	4,1	5,7
4616	0—10	0	10,7	62,4	21,3	5,6	4,8	3,6	3,9	5,4
Gem.						5,4	4,8	3,6	3,8	5,4

Grasland (Kavel IV, vak 1).

4624	0—10	0	11,2	54,2	18,3	6,3	6,3	4,1	4,3	6,7
4626	0—10	0	11,0	65,6	17,0	6,4	5,6	3,9	4,3	6,2
4628	0—10	0	11,3	67,7	14,5	6,5	5,8	4,1	4,3	6,4
Gem.						6,4	5,9	4,0	4,3	6,4

¹⁾ Berekend uit het humuscijfer van methode 1.

²⁾ Berekend uit het gloeiverlies, onder aanname van 6,3 % vastgebonden water in de kleisubstantie.

³⁾ Berekend uit het gloeiverlies, onder aanname van 5,5 % vastgebonden water in de kleisubstantie.

Uit deze resultaten blijkt, dat de gloeiverliesmethode hier aanzienlijk lagere humusgehalten geeft dan methode 1 (elementairanalyse), nl. gem. 3,8 % tegen 5,8 %; ook de humuscijfers volgens de methoden 3 en 4 (KMnO_4) zijn aanzienlijk lager dan die van methode 1, nl. gem. 3,9 % en 4,3 % tegen 5,8 %. De onderlinge verschillen tusschen de methoden 2, 3 en 4 zijn thans vrij gering.

Alvorens op de oorzaak van de betrekkelijk groote verschillen tusschen methode 1 en 2 in te gaan, is het gewenscht de resultaten van het tweede deel van tabel III te bespreken. In dit tweede gedeelte zijn de humuscijfers van een 6-tal Andijker slikgronden (bovengronden) uit het jaar 1931 opgenomen. Het betreft hier de bovengronden van een 6-tal perceelen, gelegen op vak 1 en wel een 3-tal op kavel III (bouwland) en een 3-tal op kavel IV (grasland). Vak 1 is gelegen onmiddellijk ten Noorden van de maalsloot en in het bijzonder het gedeelte van vak 1 op kavel III en IV heeft vanaf 1927 in de meest gunstige omstandigheden ten opzichte van de ontwatering verkeerdt. De bovengrond van dit vak (kavel III en IV) was in 1928 reeds goed gescheurd, terwijl toen tevens reeds de zwarte kleur van den bovengrond, afkomstig van het zwavelijzer (FeS), geheel in grijs was overgegaan, wat op een goed binnendringen van de lucht en dus op poriënvorming in het slik wijst. Ook om andere redenen mag worden aangenomen, dat deze zes bovengronden reeds in het jaar 1931 in vrijwel normalen cultuurgrond waren omgezet ¹⁾.

De resultaten van het onderzoek 1931 zijn in het tweede gedeelte van tabel III opgenomen. Dit tweede gedeelte is in twee onderdeelen gesplitst, omvattende resp. de drie bovengronden An 4612/14/16 van het perceel bouwland (kavel III) en de drie bovengronden An 4624/26/28 van het perceel grasland (kavel IV). Gemiddeld worden thans volgens de vier methoden de volgende humusgehalten gevonden:

bouwland (kavel III) : 5,4 % — 4,8 % — 3,6 % — 3,8 %;

grasland (kavel IV) : 6,4 % — 5,9 % — 4,0 % — 4,3 %.

In de eerste plaats valt op te merken, dat het verschil tusschen de humuscijfers volgens de methoden 1 en 2 thans wederom zeer gering is, resp. 5,4 % tegen 4,8 % (verschil 0,6 %) en 6,4 % tegen 5,9 % (verschil 0,5 %). Bij de normale cultuurgronden (tabel II) was gevonden gem. 3,70 % tegen 3,25 % (verschil 0,55 %). Worden de humuscijfers volgens methode 2 met behulp

¹⁾ Zoo is o. m. gebleken, dat deze bovengronden in 1931 practisch vrij van keukenzout waren, terwijl het gehalte aan uitwisselbare natron in de kleihumussubstantie tot vrijwel op het bedrag van normale cultuurgronden teruggebracht was.

van het in § 3 uit methode 1 berekende gehalte aan vastgebonden water in de kleisubstantie van 5,5 % berekend, dan worden gemiddelde gehalten van resp. 5,4 % en 6,4 % (zie tabel III, laatste kolom) gevonden, die dus volkomen met de humuscijfers volgens methode 1 (gem. 5,4 % en 6,4 %) overeenstemmen.

Wat de humuscijfers volgens methode 3 en 4 (KMnO_4) betreft, zij in de eerste plaats opgemerkt, dat methode 4 weer iets hogere cijfers geeft dan methode 3 (gem. 3,8 % tegen 3,6 % en 4,3 % tegen 4,0 %). Zelfs de humuscijfers volgens methode 4 blijven nog aanzienlijk onder die van methode 1, gem. resp. $5,4 - 3,8 = 1,6$ % (bouwland) en $6,4 - 4,3 = 2,1$ % (grasland). Voor de normale cultuurgronden (tabel II) werd gem. gevonden $3,70 - 2,65 = 1,05$ %.

De resultaten van het humusonderzoek van de Andijker slikgronden van het jaar 1931 (tweede gedeelte tabel III) geven dus weer hetzelfde beeld als de resultaten van het onderzoek van de normale cultuurgronden (tabel II). Op grond van deze laatste resultaten is het mogelijk althans iets over de vermoedelijke oorzaak van het groote verschil in humusgehalten volgens de methoden 1 en 2 van het verse slik uit het jaar 1927 (eerste gedeelte van tabel III) te zeggen.

In de eerste plaats is het wel zeer waarschijnlijk, dat ook voor de Andijker slikgronden, zoowel in verschen toestand (jaar 1927) als vier jaar later (jaar 1931), de factor 1,724 geldt; d. w. z., dat het koolstofgehalte van de organische stof in beide jaren op het normale gehalte van 58,0 % (zie blz. 45) mag worden aangenomen.

In de tweede plaats kan wel worden aangenomen, dat de kleisubstantie van dit Andijker slik, wat haar gehalte aan vastgebonden water betreft, met die van de kleigronden van tabel II (normale cultuurgronden, zeekleigronden) overeenkomt. Hierop wijst vooral het feit, dat alle zes humuscijfers van het jaar 1931 volgens methode 2, doch berekend met een gehalte van 5,5 % aan vastgebonden water in de kleisubstantie, volkomen met de humuscijfers volgens methode 1 (gem. 5,4 % en 6,4 %) overeenstemmen.

Dat de verschillen in humusgehalten van de verse Andijker slikken (jaar 1927) volgens methoden 1 en 2 niet door een ander gehalte aan vastgebonden water in de kleisubstantie veroorzaakt worden, volgt ten overvloede uit de cijfers van de laatste kolom van het eerste gedeelte van tabel III. Gemiddeld wordt volgens methode 2, doch met 5,5 % vastgebonden water in de kleisubstantie, 4,3 % humus gevonden, dat is dus nog altijd 1,5 % lager dan het gemiddelde volgens methode 1 (5,8 %).

Hoewel het ons tot nu toe niet gelukt is, de oorzaak van de groote verschillen tusschen methode 1 en 2 in het jaar 1927 op te sporen, vermoeden we toch dat deze, althans gedeeltelijk, in de aanwezigheid van vrij groote

hoeveelheden gereduceerde verbindingen in het versche Andijker slik van het jaar 1927 gezocht moet worden. Dergelijke gereduceerde verbindingen nemen bij gloeien in gewicht toe en verminderen dus het gloeiverliescijfer, kunnen dit zelfs negatief maken. Wij denken hier in de eerste plaats aan ferroverbindingen, die dus bij het gloeien tot ferriverbindingen oxydeeren. Om evenwel op deze wijze een verschil van niet minder dan 2 % in humusgehalte ($5,8\% - 3,8\% = 2,0\%$) te verkrijgen, zou het versche Andijker slik in den winter van 1927/'28 zeer hoge gehalten aan ferroverbindingen hebben moeten bevatten.

Ook het feit, dat de humusgehalten volgens methode 4 (en 3) in 1931 iets meer van die volgens methode 1 afwijken dan in 1927, wijst in deze richting. Bevat het versche slik toch nog minerale verbindingen in gereduceerden toestand, dan is het niet uitgesloten, dat een gedeelte hiervan door het KMnO_4 geoxydeerd zal worden, waardoor de humuscijfers volgens de methoden 3 en 4 te hoog worden.

Tenslotte zijn bij versche gronden uit den Wieringermeerpolder (zie de volgende §), die hetzelfde resultaat als de versche Andijker slikgronden gaven (humuscijfers volgens methode 2 aanzienlijk kleiner dan volgens methode 1), na bevochtiging met water en opnieuw langzaam drogen aan de lucht, hogere humusgehalten volgens methode 2 gevonden dan bij het éénmaal drogen op een glasplaat. Vermoedelijk vindt bij dit herhaalde, langzame drogingsproces eenige meerdere oxydatie van de gereduceerde verbindingen plaats.

Zooals uit § 6 zal blijken, zijn ook in de versche slikgronden uit den toekomstigen Noord-Oost-polder vrij aanzienlijk lagere humusgehalten volgens methode 2 dan volgens methode 1 gevonden (gem. 1,8 % tegen 2,8 %). Het onderzoek naar de oorzaken van dit verschil wordt nog voortgezet.

§ 5. Onderzoek van jonge Wieringermeergonden.

Van den Wieringermeerpolder, die in den loop van de tweede helft van het jaar 1930 boven water kwam, werden een aantal monsters volgens de vier methoden op humus onderzocht. De zeer natte monsters werden te Groningen gedeeltelijk op platen, dus aan de lucht, gedeeltelijk in een droogstoof, bij een temperatuur van ten hoogste ongeveer 80°C ., gedroogd. Op het motief voor dit verschil in drogingsproces komen wij hieronder terug. Hoewel elk monster eerst na goed kneden in twee porties, resp. voor de plaat en voor de stoof bestemd, verdeeld werd, bleken er bij het onderzoek van elk der porties toch kleine verschillen in de gehalten aan koolzure kalk en aan zand, en dus ook aan klei, te bestaan. Deze verschillen waren evenwel zoo gering (voor koolzure kalk hoogstens enkele tiende procenten (1), voor

zand steeds kleiner dan 1 %), dat het geoorloofd was gemiddelde gehalten voor de plaat- en stoffmonsters op te maken.

Het onderzoek omvat 23 boven- en ondergronden uit de derde afdeling; 10 boven- en ondergronden van kavel D 48 (bij Aartswoud), 11 boven- en ondergronden van het ontwateringsproefveld nabij Kolhorn, genomen in October 1930 en 24 boven- en ondergronden van hetzelfde proefveld, genomen in Mei 1931.

De gehalten aan de verschillende bestanddeelen van deze 68 monsters zullen later elders medegedeeld worden. Hier volgen, in tabel IV slechts de gemiddelde gehalten aan humus van deze vier groepen volgens de vier methoden, terwijl tevens de gemiddelde humuscijfers voor alle 68 monsters zijn opgegeven.

TABEL IV.

Gehalten aan humus in versche Wieringermeergronden, volgens de vier methoden.

Herkomst.	Jaar en maand van bemonstering.	Aantal monsters.	% humus volgens methode			
			1.	2.	3.	4.
Proefveld Kolhorn	Oct. 1930	11	2,54	min 0,2	2,24	2,51
Proefveld Kolhorn	Mei 1931	24	2,34	0,9	2,04	2,32
Kavel D 48 (Aartswoud)	Juni 1931	10	2,00	0,5	1,4	1,6
Derde Afdeling	Aug. 1931	23	2,55	1,05	2,15	2,50
Gemiddeld	1930/1931	68	2,39	0,71	2,02	2,31

Hetzelfde beeld, dat de versche Andijker slikgronden uit het jaar 1927 (1ste gedeelte tabel III) in tegenstelling met de normale cultuurgronden (tabel II) en de vier jaar oude Andijker slikgronden (2de gedeelte tabel III) gaven, keert hier terug. Methode 2 (gloeiverlies met 6,3 % vastgebonden water) geeft aanzienlijk lagere humuscijfers dan methode 1 (elementairanalyse), nl. gem. 0,71 % tegen 2,39 %. Daarentegen geven methode 3 en 4 humus-

¹⁾ Hierbij moet nog bedacht worden, dat de gehalten aan koolzure kalk door het voorkomen van kleine stukjes schelpmateriaal, ook in de gezeefde monsters, dikwijls niet met grootere nauwkeurigheid dan enkele tiende procenten te bepalen zijn. Om deze reden wordt bij de humusbepaling, waar het op een nauwkeurige kennis van het gehalte aan koolzure kalk aankomt, van de uiterst fijn gewreven monsters uitgegaan.

gehalten, die zeer dicht bij die van methode 1 komen; in drie gevallen is het gemiddelde cijfer sub methode 4 zelfs vrijwel gelijk aan dat sub methode 1. Het gemiddelde van methode 4 (2,31 %) is nagenoeg gelijk aan dat van methode 1 (2,39 %).

Bij de beoordeeling van het cijfermateriaal van Andijk en van den Wieringermeerpolder (tabellen III en IV) moet niet uit het oog verloren worden, dat de humusgehalten van de Andijker slikgronden niet onaanzienlijk hooger zijn, dan die van de Wieringermeergronden. Gemiddeld geven de versche Andijker slikgronden (jaar 1927) 5,8 % humus volgens methode 1 tegen de Wieringermeergronden gem. 2,4 %; volgens methode 2 zijn deze gemiddelde cijfers resp. 3,8 % (Andijk) en 0,71 % (Wm). Het verschil tusschen de methoden 1 en 2 bedraagt bij de Andijker monsters $5,8 - 3,8 = 2,0$ % tegen $2,39 - 0,71 = 1,68$ % bij de Wm-gronden. Deze verschillen liggen niet ver uit elkander, zoodat men, waar het hier overigens ongeveer hetzelfde type grond betreft (vrij zware tot zeer zware, versche zeekleigronden), den indruk verkrijgt, met een zelfde oorzaak voor de lagere humuscijfers volgens methode 2 te doen te hebben. Zooals reeds in § 4 werd opgemerkt, werd de oorzaak van de lage humuscijfers volgens methode 2 in de versche, slikkige gronden gezocht in de aanwezigheid van gereduceerde verbindingen in den grond, vermoedelijk ferroverbindingen, die bij het gloeien zuurstof opnemen en dus het gloeiverliescijfer (methode 2) naar beneden drukken. Teneinde dit na te gaan, werd het volgende onderzoek aangezet.

Voor dit onderzoek zijn een vijftal monsters van het proefveld Kolhorn (PK 25, enz.; zie tabel V, blz. 60), die niet in de stoof, doch op de plaat aan de lucht gedroogd waren, uitgekozen. De humusgehalten volgens methode 3 (KMnO_4 met $4 \text{ cm}^3 \text{ H}_2\text{SO}_4$) liggen tusschen 1,7 en 4,9 %; volgens methode 2 zijn aanzienlijk lagere humuscijfers verkregen, gedeeltelijk zelfs negatieve (zie tabel V, Iste gedeelte, sub : nà éénmaal drogen aan de lucht). Deze vijf luchtdroge monsters werden opnieuw op glazen platen, in zeer dunne lagen, uitgespreid, met wat water bevochtigd en opnieuw eenige dagen aan de lucht gedroogd, daarna fijngewreven en gezeefd (zie tabel V, 2de gedeelte). Bij dit tweede drogingsproces moeten omzettingen opgetreden zijn. De aanvankelijke monsters (éénmaal drogen) reageerden niet meer op zwavelwaterstof, doch wel sterk op ferro en sulfaat, behalve PK 155, dat een zwakke reactie op ferro en sulfaat vertoonde. Nà het herhaalde drogen was de ferro-reactie wel is waar nog niet geheel verdwenen, doch sterk verminderd. Tegelijkertijd nemen we een daling van alle CaCO_3 -gehalten van het eerste gedeelte van tabel V naar het tweede gedeelte waar, bij PK 25 van 1,2 % op 0,7 %; enz. Een en ander kunnen we ons als volgt verklaren. Bij het eerste drogingsproces gaat het aanwezige ijzersulfide (FeS) in ferrosulfaat (FeSO_4) over.

Zoolang de drogende grond nog voldoende vocht bevat, zet zich dit ferrosulfaat met de koolzure kalk om tot gips en ferrocarbonaat, waaruit zich onder opname van zuurstof en afgave van koolzuur bruin gekleurd ijzeroxyde vormt ¹⁾. Bij afwezigheid van voldoende water werkt ferrosulfaat evenwel niet op koolzure kalk in. Het is dus niet onwaarschijnlijk, dat de eerste serie (nà éénmaal drogen) nog ferrosulfaat bevat heeft, welk bestanddeel, nà het bevochtigen, op de koolzure kalk heeft ingewerkt en gips plus ijzeroxyde gevormd heeft. Ook bestaat de mogelijkheid, dat tijdens het eerste drogen een gedeelte van de sulfiden in een vorm overgegaan is, die bij kokken met azijnzuur (10 %) geen zwavelwaterstof-ontwikkeling geeft. Worden de monsters daarna vochtig gemaakt en opnieuw gedroogd, dan kunnen deze sulfiden oxydeeren tot ferrosulfaat, wat dan in gaat werken op de koolzure kalk. Bij slikmonsters afkomstig van den proefpolder nabij Andijk is het namelijk gebleken, dat het gehalte aan in water oplosbare sulfaten in de luchtdroge monsters, die in stopflesschen bewaard werden, tijdens de bewaring toe kan nemen. Deze toename van het gehalte aan in water oplosbare sulfaten werd alleen geconstateerd bij monsters, die meer dan 7 % vocht bevatten. Hier zij nog opgemerkt, dat deze verschillen in de koolzure kalkgehalten niet aan ongelijkmatigheid van de monsters kan worden toegeschreven; daarvoor treden de verschillen in CaCO_3 te regelmatig bij alle 5 monsters op. Ook het feit, dat de gehalten aan keukenzout (NaCl) bij alle 5 monsters in beide gevallen volkomen gelijk zijn, wijst er op, dat de beide series monsters homogeen waren.

De humusgehalten zijn volgens de methoden 2 (gloeiverlies) en 3 (kaliumpermanganaat met $4 \text{ cm}^3 \text{ H}_2\text{SO}_4$) bepaald. In de eerste plaats valt op te merken, dat de verschillen in de humuscijfers van de eerste serie (tabel V, eerste gedeelte) zeer groot zijn, resp. 3,1 % (3,2 — 0,1) — 3,8 % (4,1 — 0,3) — 5,2 % (2,2 + 3,0) — 2,7 % (1,7 + 1,0) — 0,3 % (4,9 — 4,6), gem. dus 3,0 %. Sub methode 2 komen hier zelfs negatieve gehalten van min 3,0 % en min 1,0 % voor. Na het herhaalde drogen zijn de humuscijfers volgens methode 2 vrij aanzienlijk gestegen, terwijl die volgens methode 3 practisch gelijk ge-

¹⁾ De inwerking van ijzersulfaat (FeSO_4) op koolzure kalk (CaCO_3) kan op zeer eenvoudige wijze, ook op lezingen, gedemonstreerd worden. Het groengekleurde, poedervormige ferrosulfaat wordt daartoe bij 105° gedroogd, waardoor het zijn kristalwater verliest en een witte kleur aanneemt. Ook de poedervormige koolzure kalk wordt bij deze temperatuur gedroogd, waarna de droge witte poeders vlug gemengd en in een goed sluitend fleschje worden bewaard. Men neemt nu op de lezing een glazen plaatje van ongeveer 7 cm in het vierkant, belegt dit met een stukje filtreerpapier, maakt dit nat met water en strooit wat van het witte poeder op het natte filtreerpapier. Reeds bij even zwaaien van het plaatje aan de lucht neemt het oorspronkelijke witte poeder een min of meer bruine kleur aan (vorming van ijzeroxyde), die na eenigen tijd in vrij donker bruin overgaat.

TABEL V.

*Wieringermeergronden (proefveld Kolhorn 1930).**Eerste gedeelte. De monsters zijn op de gewone wijze aan de lucht gedroogd.*

N°. PK.	Gehalten in procenten op drogen grond (105° C.)					
	NaCl.	CaCO ₃ .	Klei.	Zand.	Humus volgens methode	
					2. (Gloeien).	3. (KMnO ₄).
25	2,2	1,2	82,8	13,7	0,1	3,2
109	3,1	5,0	83,6	8,0	0,3	4,1
111	1,6	9,9	64,0	24,5	min 3,0	2,2
155	1,5	20,8	31,3	46,4	min 1,0	1,7
165	3,0	0	85,4	7,0	4,6	4,9

Tweede gedeelte. De luchtdroge monsters zijn, na met water bevochtigd te zijn, opnieuw aan de lucht gedroogd.

N°. PK.	Gehalten in procenten op drogen grond (105° C.)					
	NaCl.	CaCO ₃ .	Klei.	Zand.	Humus volgens methode	
					2. (Gloeien).	3. (KMnO ₄).
25	2,2	0,7	82,0	12,6	2,5	3,1
109	3,1	4,1	82,5	8,0	2,3	4,3
111	1,6	9,1	64,6	24,7	min 2,0	2,2
155	1,5	19,8	31,1	46,4	1,2	1,7
165	3,0	0	83,4	7,1	6,5	4,5

bleven zijn. De verschillen zijn nu (zie tabel V, tweede gedeelte) teruggelopen tot resp. 0,6 % — 2,0 % — 4,2 % — 0,5 % en min 2,0 %, gem. dus 1,1 %. Bij de beoordeeling van de humuscijfers volgens methode 2 moet intusschen niet uit het oog verloren worden, dat de tweede serie in het nieuwe gebouw van het Bodemkundig Instituut, de eerste serie daarentegen in het oude gebouw (Herman Colleniusstraat n°. 25) onderzocht zijn; het is niet onmogelijk, dat in het nieuwe gebouw bij het gloeien wat hogere temperaturen

bereikt zijn. Toch maakt een en ander den indruk, dat het herhaald drogen aan de lucht, onder bevochtiging met water, de oorzaak van de lage humuscijfers in de versche Zuiderzeegronden zoo niet geheel, dan toch gedeeltelijk wegneemt en dat dit zeer waarschijnlijk met het verminderen van het ferrogelalte bij het drogen in verband zal staan. We hadden verwacht, dat hiermede een daling van de humuscijfers volgens methode 3 gepaard zou gaan. Dit is evenwel niet het geval geweest; de beide series volgens methode 3 zijn practisch gelijk gebleven, gem. 3,22 % tegen 3,16 %.

Het vraagstuk van de oorzaak van de lage humuscijfers in de versche Zuiderzeegronden volgens methode 2 is met dit onderzoek dus niet geheel opgelost. Wel is gebleken, dat deze methode op de versche Zuiderzeegronden, ook al worden ze op de gewone wijze aan de lucht gedroogd, aanzienlijk lagere humusgehalten dan methode 1 geeft. Methode 2 kan dus op deze versche Zuiderzeegronden, op de gewone wijze gedroogd, niet worden toegepast. In hoeverre herhaald drogen van deze gronden aan de lucht, onder bevochtiging met water, deze gronden zóódanig veranderen zal, dat ze beter overeenstemmende humuscijfers volgens de methoden 1 en 2 zullen geven, zal nader onderzocht worden. Dat dit na eenige jaren in de natuur het geval is, heeft het onderzoek van de Andijker slikgronden uit het jaar 1931 be-
wezen (zie § 4).

Aangezien de gehalten aan humus van de versche Wieringermeergronden volgens methode 4 slechts weinig van die van methode 1 afwijken (zie tabel IV, blz. 14, gem. 2,31 % tegen 2,39 %), is voor deze gronden het volgens methode 4 bepaalde humusgelalte aangenomen.

§ 6. Onderzoek van versche gronden uit den toekomstigen Noord-Oostpolder of Urker-polder.

Toen het Bodemkundig Instituut begin 1932 voor de taak kwam te staan, binnen vrij korten tijd een zeer groot aantal monsters van den toekomstigen Noord-Oostpolder te onderzoeken, werd besloten het onderzoek op humus volgens methode 4 (KMnO_4 met $20 \text{ cm}^3 \text{ H}_2\text{SO}_4$) uit te voeren. Van een 24-tal van deze monsters zijn tevens de humusgehalten volgens methode 1 en 2 bepaald. Gemiddeld werd gevonden:

volgens methode 1 ($\text{C} \times 1,724$)	2,8 %
volgens methode 2 (gloeiverlies)	1,8 %
volgens methode 4 (kaliumpermanganaat)	2,3 %

Hier wordt dus weer hetzelfde beeld als bij de versche Andijker slik

gronden en de versche Wieringermeergronden verkregen, nl. groote verschillen tusschen methode 1 en methode 2.

Het onderscheid tusschen de humuscijfers volgens methode 1 en 4 is niet groot; bovendien gaat het hier om vrij kleine humusgehalten. Op grond hiervan zijn de humuscijfers volgens methode 1 met voldoende nauwkeurigheid uit die van methode 4 te berekenen. Daartoe is de factor 1,22 (2,8 : 2,3) aangenomen. Bij toepassing van deze factor op de bovengenoemde 24 monsters worden als uitersten gevonden 3,4 % humus volgens methode 1 tegen 2,8 % humus ($= 2,3 \times 1,22$) en idem 3,3 % (volgens methode 1) tegen 4,0 % ($= 3,3 \times 1,22$). Gemiddeld bevatten de N. O. P.-gronden 2,8 % humus volgens methode 1.

§ 7. Overzicht van de verkregen resultaten.

In tabel VI (zie blz. 63) zijn de resultaten van het hier besproken onderzoek volgens de methoden 1 (elementairanalyse; $\text{humus} = C \times 1,724$), 2 (gloeiverlies) en 4 (oxydatie met kaliumpermanganaat) vereenigd. Tevens zijn in deze tabel de verhoudingscijfers tusschen de methoden 1 en 2 eenerzijds ($3,70 : 3,25 = 1,14$; $5,4 : 4,8 = 1,13$; enz.) en de methoden 1 en 4 anderzijds ($3,70 : 2,65 = 1,40$; $5,4 : 3,8 = 1,42$; enz.) opgenomen. De drie rubrieken zijn in deze slottabel zóódanig gerangschikt, dat verhoudingscijfers tusschen methode 2 en 1 opklimmen en wel van 1,14 bij de normale cultuurgronden en 1,13 en 1,08 bij de vier jaar oude Andijker gronden (eerste rubriek), tot 1,53 bij het versche Andijker slik en 1,56 bij de Noord-Oosterpoldergronden (tweede rubriek) en gem. 3,36 (van 2,43 tot 4,0) bij de Wieringermeergronden (derde rubriek). Het blijkt, dat de verhoudingscijfers van methode 4 : methode 1 in dezelfde richting dalen, nl. van 1,40 — 1,42 — 1,49 (eerste rubriek), tot 1,35 — 1,22 (tweede rubriek), tot gem. 1,03 (van 1,25 — 1,01) bij de Wieringermeergronden (derde rubriek). Het is niet onwaarschijnlijk, dat deze stijging, resp. daling, door dezelfde oorzaak beheerscht worden, nl. door de aanwezigheid van gereduceerde verbindingen, die het gloeiverliescijfer (methode 2) te laag en het KMnO_4 -cijfer (methode 4) te hoog maakt.

Terwijl dus methode 2 bij normale cultuurgronden en bij het vier jaren oude Andijker slik humuscijfers geeft, die slechts weinig van die volgens methode 1 afwijken, zijn de humuscijfers volgens methode 2 van de versche Zuiderzeegronden aanzienlijk lager dan die volgens methode 1. De gloeiverliesmethode is zonder meer op deze versche Zuiderzeegronden niet toe te passen. In hoeverre nà een herhaald drogen aan de lucht, onder bevochtiging met water, een betere overeenstemming tusschen de methoden 1 en 2

TABEL VI.

*Verhouding van de humusgehalten volgens de methoden 1 en 2
en volgens de methoden 1 en 4.*

Herkomst en ouderdom. (Wm. = Wieringermeerpolder.)	Humuscijfers volgens methode			Verhoudings- cijfers.	
	1. (elementair- analyse).	2. (gloeien).	4. (kalium- permanga- naat).	2 : 1.	4 : 1.
Normale cultuurgronden (zeeklei- gronden)	3,70	3,25	2,65	1,14	1,40
Andijker slik, vier jaar oud (1931), bouwland	5,4	4,8	3,8	1,13	1,42
Andijker slik, vier jaar oud (1931), grasland	6,4	5,9	4,3	1,08	1,49
Andijker slik, versch (1927)	5,8	3,8	4,3	1,53	1,35
Noordoostpolder, verse gronden (1931)	2,8	1,8	2,3	1,56	1,22
Wm., derde Afdeling, Aug. 1931	2,55	1,05	2,50	2,43	1,02
Wm., Proefveld Kolhorn, Mei 1931	2,34	0,9	2,32	2,60	1,01
Wm., Kavel D 48, Juni 1931	2,00	0,5	1,6	4,00	1,25
Wm., Proefveld Kolhorn, Oct. 1930	2,54	min 0,2	2,51	?	1,01
Wm., gemiddelden (zie tabel IV) .	2,39	0,71	2,31	3,36	1,03

bij deze verseke Zuiderzeegronden verkregen wordt, zal nader onderzocht worden. Omgekeerd geeft de KMnO_4 -methode (n°. 4) bij normale cultuurgronden en eveneens bij het vier jaren oude Andijker slik aanzienlijk lagere humuscijfers dan methode 1, terwijl juist bij de verseke Zuiderzeegronden deze verschillen geringer worden; de verseke Wieringermeergronden geven zelfs practisch gemiddeld evenveel humus volgens methode 4 als volgens methode 1 (gem. 2.31 % tegen 2,39 %).

Tenslotte zij er hier nog op gewezen, dat de humuscijfers van de verseke Andijker slikgronden in Blauwboek n°. I (10) volgens de gloeiverliesmethode (methode n°. 2) bepaald en dus te laag zijn. Op blz. 169 van dit Blauwboek wordt het gemiddeld gehalte aan humus van de Andijker slikgronden op 3,4 % aangegeven. Nemen we een zelfde verhoudingscijfer aan, als in tabel V voor het verseke Andijker slik (jaar 1927) gevonden is, nl. 1,53, dan wordt

het humusgehalte van het versche Andijker slik (1927) volgens methode 1 $1,53 \times 3,4 = 5,2$ %. Daartegenover bevatten de onderzochte versche Wieringermeergronden (jaar 1930/'31) volgens methode 1 gem. slechts 2,4 % humus, dat is ongeveer de helft van de Andijker slikgronden. De onderzochte gronden uit den toekomstigen Noord-Oostpolder zijn iets rijker aan humus dan de Wieringermeergronden; volgens methode 1 gem. 2,8 %. In humusrijkdom komt het Andijker slik dus met de humusrijkste gronden van tabel II overeen, nl.: IJ-polder 5,6 %; Anna Paulowna-polder 5,3 %; Groetpolder 5,2 %; Carel Coenraadpolder 5,0 % en Nieuw-Beerta (oudere Dollardkleigrond) 4,8 %, gem. 5,2 %, alle cijfers volgens methode 1 (elementairanalyse) bepaald.