

Untersuchung von Boden- und
Baggererdeproben aus Poldern und Seen
östlich der Utrechter Vecht in Zusammenhang
mit den Plänen zur Trockenlegung dieser Seen.
Beitrag zur Kenntnis der chemischen
Zusammensetzung von
Flachmoorböden.

Sonderabdruck aus:

**INTERNATIONALE
MITTEILUNGEN
FÜR BODENKUNDE**

REVUE INTERNATIONALE | INTERNATIONAL REPORTS
DE PÉDOLOGIE | ON PEDOLOGY

XI. Bd. 1921.

1921
Verlag Franz W under
Berlin NW. 23.

Untersuchung von Boden- und Baggererdeproben¹⁾ aus Poldern und Seen östlich der Utrechter Vecht, in Zusammenhang mit den Plänen zur Trockenlegung dieser Seen. Beitrag zur Kenntnis der chemischen Zusammensetzung von Flachmoorböden.

Von Dr. D. J. Hissink, Groningen ¹⁾

Westlich des Hügellandes von Gooiland haben sich in früheren Zeiten auf dem diluvialen Sande Flachmoore gebildet, die im Westen durch den früheren Rheinarm der Utrechter Vecht begrenzt wurden. Diese Moore sind z. T. abgetorft. In den nicht abgetorften Teilen findet man schmale Strecken Landes, „Legakker“ genannt, welche durch ziemlich breite Gräben von einander getrennt sind. Das übrigbleibende Land ist kein ruhiger und ungestörter Besitz; wird andauernd vom Wellenschlag angegriffen.

Bereits im Jahre 1865, also einige Jahre nach der Trockenlegung des Haarlemmer Meeres, wurden schon Pläne für die Trockenlegung der Loosdrechter Seen vorgelegt. Doch erst ungefähr ein halb Jahrhundert später wurde eine Staatscommission ernannt, mit dem Auftrage, „eine Untersuchung bezüglich der Trockenlegung der Seen östlich der Utrechter Vecht anzustellen“. Die vierte durch diese Kommission zu beantwortende Frage lautete: „Welchen Wert kann man pro ha des trockengelegten Geländes annehmen?“. In seinem Schreiben vom 20. 1. 1913 wies der Landwirtschaftsminister die landwirtschaftliche Versuchsstation in Wageningen an, der Staatskommission bei der Beantwortung dieser vierten Frage behilflich zur Seite zu stehen. Meine Arbeiten nach

¹⁾ Kurze Zusammenfassung der Arbeit „Onderzoek van grond- en Baggermonsters uit polders en plassen, gelegen ten Oosten van de Utrechtsche Vecht, in verband met de plannen tot droogmaking van deze plassen. Bijdrage tot de kennis van de scheikundige samenstelling van laagveengronden“ door Dr. D. J. Hissink. Overgedrukt uit de „Verslagen van Landbouwkundige Onderzoekingen der Rijkslandbouwproefstations“, No. XXIV, 1920. 's-Gravenhage, Gebrs. J. & H. van Langenhuisen, 1920.

dieser Richtung hin sind ausführlich in meiner Publikation niedergelegt, während die wichtigsten Ergebnisse besonders nach der praktischen Seite hin in diese Uebersicht aufgenommen werden sollen.

Nach der Trockenlegung der Seen wird der neue Boden in den trockengelegten Poldern aus einem Gemenge von diluvialem Sand mit Baggererde und dem „Legakkerboden“ bestehen, unbeschadet den Fall, wo noch genügende „Legakker“ vorhanden sind, um auf sich selbst ohne Vermengung mit dem darunter liegenden Sande einen Ackerboden von genügender Dicke abzugeben. Es sind also die Baggererden²⁾ und die Legakkerböden, die in der Hauptsache den Wert des neuen Bodens bestimmen werden, und man muß deshalb Antwort geben auf die folgenden zwei Fragen:

1. Ist genügend Baggererde und Legakkerboden vorhanden, um eine Bauschicht von genügender Dicke zu geben,
2. Ist der vorhandene Bagger- und Legakkerboden von genügender Fruchtbarkeit?

Für die Beantwortung der ersten Frage ist es nötig, die Mächtigkeit der Baggerschichten in den Seen und in dem Legakkergebiet und die mittlere Mächtigkeit der Torfschichten der Legakker bei einer hinreichenden Anzahl von Stellen zu bestimmen. Für die genaue Beantwortung der Frage 1 muß zugleich das Verhältnis von Land (Legakker) und Wasser (Gräben) in dem Legakkergebiet festgestellt werden.

Die zweite Frage, ob die Bagger- und Legakkerböden von genügender Fruchtbarkeit sind, ist schwerer zu beantworten, da es — allgemein gesprochen — bis jetzt noch nicht gelungen ist, die Gesetze für die Fruchtbarkeit eines Bodens zahlenmäßig auszudrücken. Wohl ist es möglich, verschiedene physikalische und chemische Größen des Bodens zu bestimmen und in Zahlen auszudrücken, aber man weiß noch nicht in genügendem Maße, ob und inwiefern diese Größen mit dem Fruchtbarkeitszustande des Bodens in Verbindung stehen. Der einzige Weg, den die Bodenuntersuchung unter diesen Umständen vorläufig einschlagen kann, um wenigstens etwas von dem Fruchtbarkeitszustande des Bodens zu erfahren, ist

²⁾ Im holländischen Text steht „bagger“ und „baggeraarde“. Gemeint sind die Reste der Torfsubstanz, welche nach der Abtorfung auf dem Boden der Seen hinterbleibt. Für die Zusammensetzung siehe Tabelle 4, Rubriken C und D. Vielleicht könnte man am besten von „Moder, Modererde, Moderbildungen“ sprechen (siehe Ramann, Bodenkunde, 175.) Ich habe überall Baggererde stehen lassen.

der folgende: Durch vorausgehende Untersuchungen müssen die wichtigsten physikalischen und chemischen Größen, die vermutlich mit dem Fruchtbarkeitszustande des Bodens in Verbindung stehen, von den typischen Bodenarten bestimmt und in Zahlen ausgedrückt werden. Die zu untersuchenden Böden werden dann auf ganz dieselbe Weise untersucht, wobei man dann die erhaltenen Zahlen mit den feststehenden Zahlen der Bodentypen vergleichen kann. So weit es sich um die Feststellung von Normen für die Beurteilung des Fruchtbarkeitszustandes des Bodens handelt, ist die Bodenuntersuchung bis jetzt noch fast ausschließlich von vergleichender Art.

Es handelt sich hiernach also zunächst darum, nicht allein Baggererdeproben und Legakkerböden aus den Seen östlich der Vecht zu untersuchen, sondern auch Böden von demselben Bodentypus mit in Untersuchung zu nehmen, die bereits in Kultur waren, und von denen Erfahrungen über ihren Fruchtbarkeitszustand vorliegen. Es muß also eine Untersuchung eingeleitet werden über Niederungsmoorböden im allgemeinen, das sind also Böden, welche aus organischen Stoffen, vom Flachmoor herrührend bestehen, vermengt mit mehr oder weniger mineralischen Bestandteilen. Bestimmte Grenzen für den Gehalt von diesen oder jenen Bestandteilen kann man nicht geben. Die Böden von diesem Typus sind danach so reich an organischen Stoffen, daß die organische Substanz in der Hauptsache den Bodentypus bestimmt. Ferner tritt der Tongehalt nicht so in den Vordergrund, daß dieser einen überwiegenden Einfluß auf die Bodeneigenschaft gewinnen könnte.

Um das nötige Vergleichsmaterial zu bekommen, wurden an 5 Stellen im Bethunepolder und an 6 Stellen im Horstermeerpolder insgesamt 25 Bodenproben entnommen. Sodann war die Niederländische Heidekulturgesellschaft (Nederlandsche Heidemaatschappij) so freundlich, auf mein Ersuchen hin noch an 6 Stellen in den Poldern De Koekoek und Het Zwijsleger bei Kampen 15 Bodenproben zu entnehmen. Ferner verfügte ich über einige Bodenproben aus dem Spenger- und dem Kockengerpolder bei Utrecht, während ich zum Schluß noch von den Ergebnissen von Untersuchungen Gebrauch machen konnte, die durch van Bemmelen, Emmerling u. a. ausgeführt sind.

Im Monat September 1913 wurde z. T. durch den Sekretär der Staatskommission, Herrn W. H. Brinkhorst und mich, z. T. durch Herrn Brinkhorst allein, insgesamt 57 Bodenproben von Baggererde und Legakkerböden in den Seen östlich der Vecht entnommen.

Bei der Betrachtung der oben unter 2) gestellten Frage, ob die Bagger- und Legakkerböden genügende Fruchtbarkeit besitzen, wird man diese Frage in folgende drei Unterfragen gliedern müssen:

- a) Besitzen die Bagger- und Legakkerböden genügende Mengen von Pflanzennährstoffen,
- b) Ist die organische Substanz in diesen Bagger- und Legakkerböden in genügendem Maße humifiziert,
- c) Kommen schädliche Schwefelverbindungen vor und in solchen Mengen, daß sie mit der Zeit für den Pflanzenwuchs schädlich werden können?

Wie oben bereits auseinander gesetzt ist, wird man die Ergebnisse dieser Untersuchungen mit denen von normalem Flachmoorboden von bekannter Fruchtbarkeit vergleichen müssen.

Frage 2a. Vor der Beantwortung der Frage, ob die Bagger- und Legakkerböden genügende Mengen von Pflanzennährstoffen besitzen, ist eine Untersuchung aller Proben auf folgende Bestandteile vorgenommen worden: auf den Gehalt an Feuchtigkeit, auf das Volumengewicht, auf organische Stoffe, Stickstoff, Kalk und Phosphorsäure. Die Untersuchung auf Kali kann wegbleiben, da dieser Nährstoff in dem Flachmoorboden vollständig in den Hintergrund tritt. Außerdem sind die 82 Proben aus dem Gebiet östlich der Vecht auch auf ihre mechanische Zusammensetzung untersucht, also auf ihren Gehalt an Sand und Ton. In einigen Böden, die an kohlensaurem Kalk reich waren, wurde dieser Bestandteil besonders bestimmt.

Um einen Ueberblick über das Zahlenmaterial zu bekommen, sind die Proben in verschiedene Rubriken gebracht: je nach ihrem Gehalt an Humus in Sandböden (mit nur einigen Prozenten an organischen Stoffen), humushaltige Sandböden (mit ungefähr 10—30 pct. organischer Substanz), moorige Böden (mit ungefähr 30 bis 60 pct. organischer Substanz) und Moorböden (mit mehr als 60 pct. organischer Substanz). Diese Zahlen beziehen sich auf Trockensubstanz. Weiter sind angegeben die Legakkerböden in einer Rubrik B, die Baggererden, welche bei den Legakkerböden entnommen wurden, in einer Rubrik C, und die Baggererden aus den Seen in einer Rubrik D.

Von den Ergebnissen dieser Untersuchung seien hier nur die Mittelzahlen der Rubriken in den nachstehenden Tabellen wiedergegeben. (Tab. 1 und 2.)

Tabelle 1
Mittlere Zusammensetzung von den verschiedenen Rubriken
von der Boden- und Baggererdeproben aus dem
Gebiete östlich der Vecht.

Benennung der verschiedenen Gruppen		A. 1.	A. 2.	B.	A. 3.	C.	D.	A. 4.
Kurze Bezeichnung der verschiedenen Böden.		Poldergrund. Sandboden	Poldergrund. Humoser Sandboden	Legakkerboden. Mooriger Boden	Poldergrund. Mooriger Boden	Baggererde der Legakker Moorboden	Baggererde a. d. Plassen. Moorboden	Poldergrund. Moorboden
1	100 cbdm der ursprünglichen Substanz wiegen in kg	168,4	115,3	116,2	103,9	103,9	102,5	88,6
2	100 kg der ursprünglichen Substanz enthalten kg Trockensubstanz	84,0	56,8	34,3	34,6	11,0	9,3	20,3
3	100 cbdm der ursprünglichen Substanz enthält kg Trockensubst.	141,5	65,5	39,9	36,0	11,4	9,5	18,0
4	Die Trockensubstanz enthält in Proz.: Organische Stoffe	2,7	20,2	41,6	48,1	63,9	74,4	77,5
5	Fraction IV	28,0	18,2	20,9	11,2	7,6	2,6	2,2
6	Fraction III	64,7	41,2	22,3	23,0	13,9	8,4	9,0
7	Fraction II	2,2	13,2	6,8	10,0	5,2	5,1	4,9
8	Fraction I	2,4	7,2	8,4	7,7	9,4	9,5	6,4
9	Gesamtstickstoff (N)	0,13	0,70	1,43	1,70	1,92	2,14	2,17
10	Phosphorsäure. (P ₂ O ₅)	0,04	0,10	0,18	0,20	0,14	0,12	0,15
11	Kalk (Ca O)	0,70	1,33	1,94	2,40	3,50	3,49	2,95
12	Gesamtschwefelsäure (SO ₃)	—	0,36	1,33	1,21	2,52	2,14	1,23

Benennung der Böden		A. 1.	A. 2.	B.	A. 3.	C.	D.	A. 4.
Kurze Bezeichnung der Böden		Sandboden	Humushaltiger Sandboden	Legakkerboden	Mooriger Boden	Baggererde der Legakker	Baggererde a. d. Plassen	Moorboden
13	Organische Stoff	3,8	13,2	16,6	17,3	7,3	7,1	13,9
14	Fraction IV . . .	39,6	11,9	8,3	4,0	0,9	0,2	0,4
15	Fraction III . . .	91,6	27,1	8,9	8,3	1,6	0,8	1,6
16	Fraction II . . .	3,1	8,6	2,7	3,6	0,6	0,5	0,9
17	Fraction I . . .	3,4	4,7	3,4	2,8	1,0	0,9	1,2
18	Gesamtstickstoff (N)	0,184	0,458	0,570	0,611	0,219	0,204	0,390
19	Phosphorsäur. (P ₂ O ₅)	0,057	0,065	0,072	0,072	0,016	0,011	0,027
20	Kalk (Ca O) . . .	0,990	0,871	0,773	0,863	0,400	0,333	0,531
21	Gesamtschwefelsäure (SO ₃) . . .	—	0,236	0,530	0,435	0,288	0,204	0,221
100 cbdm ursprünglicher Proben enthalten kg								
22	100 gr Trockensubstanz enth. ngr Aequivalente							
	Kalk (Ca O) . .	25,0	47,3	69,3	85,6	124,9	124,7	105,5
23	Gesamtschwefelsäure (SO ₃)	—	9,1	33,2	30,2	63,0	53,6	30,8
24	Differenz Ca O-SO ₃ . .	25,0	38,2	36,1	55,4	61,9	71,1	74,7
25	Gehalt der organischen Substanz an Gesamtstickstoff in Proz. (berechnet aus den Mittelwerten unter 4 u. 9)	5,1	3,5	3,4	3,5	3,0	2,9	2,8
26	Volumgewicht. 1 cbdm ursprüngl. Substanz							
	wiegt insgesamt kg	1,684	1,153	1,162	1,039	1,039	1,025	0,886
27	enthält Gesamttrockensubstanz in kg	1,415	0,655	0,399	0,360	0,114	0,095	0,180

Tabelle 2

Mittlere Zusammensetzung von Böden aus dem Koekoek und dem Zwijnsleger.

	Benennung der verschiedenen Gruppen	E.				F.	G.	H.	I.	
		E1.	E2.	E3.	E4.					
	Kurze Bezeichnung der verschiedenen Böden	Vegetationsschichten				Böden mit ungefähr 50 Proz. Org. Subst.	Böden mit 70—90 Proz. Org. Subst.	Humushalt. Sand mit ungefähr 10 Proz. Org. Subst.	Sand mit nur wenigen Proz. Org. Subst.	
		Böden aus dem Zwijnsleger (mit wenig Kohlens. Kalk)	Böden a. d. Koekoek (mit ungefähr 10—25 Proz. Kohlens. Kalk)	Böden a. d. Koekoek (mit sehr hohem Gehalt an Kohlens. Kalk)	Böden (mit hohem Phosphorsäuregehalt)					
1	100 cbdm ursprüngl. Subst. wiegen in kg	122,2	118,7	119,4	113,—	110,2	103,7	147,1	184,2	
2	100 Kgr ursprüngl. Subst. enthalten kg Trockensubst.	40,61	33,49	37,81	23,47	21,21	12,10	54,24	78,35	
3	100 cbdm ursprüngl. Subst. enthalten kg Trockensubst.	49,62	39,75	45,14	26,52	23,37	12,55	79,79	144,32	
4	Trock.-Subst. enthält in Proz.	Organische Subst.	36,74	27,09	8,64	25,11	52,06	83,72	11,36	2,85
9		Gesamtstickstoff (N)	1,23	1,32	0,96	1,30	1,61	2,17	0,38	0,12
10		Phosphorsr. (P ₂ O ₅)	0,14	0,25	0,17	0,74	0,12	0,07	0,03	0,02
11		Kalk (Ca O)	1,76	3,32	0,93	3,35	2,77	3,84	0,80	0,29
28		Kohlens. Kalk. (CaCO ₃)	1,09	17,83	40,93	22,59	—	—	—	—
13	100 cbdm der ursprüngl. Proben enthi. in kg	Organische Subst.	18,23	10,77	3,90	6,66	12,17	10,51	9,06	4,11
18		Gesamtstickstoff (N)	0,61	0,52	0,43	0,34	0,38	0,27	0,30	0,17
19		Phosphorsr. (P ₂ O ₅)	0,07	0,10	0,08	0,20	0,03	0,01	0,02	0,03
20		Kalk (Ca O)	0,87	1,32	0,42	0,89	0,65	0,48	0,64	0,42
29		Kohlens. Kalk. (Ca CO ₃)	0,54	7,09	18,48	5,99	—	—	—	—
25	Gehalt der Org. Subst. an Gesamtstickstoff in Proz. (Berechn. aus Mittelwerten u. 4 u. 9)	3,3	4,9	11,1	5,2	3,1	2,6	3,3	4,2	
26	Volumgew. 1 cbdm. ursprüngl. Subst.	wiegt insges. in kg	1,222	1,187	1,194	1,130	1,102	1,037	1,471	1,842
27		enthält Gesamt-Trock.-Subst. in kg	0,496	0,397	0,451	0,265	0,234	0,125	0,798	1,443

Folgerungen betr. Frage 2 unter a. Aus der Tabelle 1 geht hervor, daß die Legakkerböden und die Baggererden ungefähr 15 Proz. tonhaltige Teile besitzen. Wenn diese Böden und Baggererdebildungen später nach der Trockenlegung mit dem darunter liegenden diluvialen Sande vermengt worden sind, wird der Tongehalt in den neu gebildeten Böden noch geringer sein und deshalb ganz in den Hintergrund treten. Der Stickstoffgehalt hängt von dem Gehalt an organischer Substanz ab. Auf diesen Punkt komme ich bei Besprechung der Frage 2 unter b noch zurück. Es bleibt also allein nur noch die Beantwortung der Frage über, ob die Bagger- und Legakkerböden genügende Mengen von Kalk und Phosphorsäure besitzen.

Kalk. Außer sehr kleinen Mengen, die in der Form von Muscheln an einigen Stellen vorkommen, besitzt keine von den Proben der Rubriken B, C und D kohlen-sauren Kalk. Bestimmt ist der in Salzsäure lösliche Kalk; die gefundenen Mengen an Kalk hängen von dem Gehalt an Ton und an Humus ab. Durch gegenseitige Vergleichung habe ich nun festzustellen versucht, ob in den Baggererden und Legakkerböden eine genügende Menge Kalk vorhanden ist. Bezüglich der weiteren Einzelheiten sei auf die Tabellen meiner Abhandlung und ferner auf die Betrachtungen, die jedesmal an der Hand dieser Tabellen von mir gegeben sind, verwiesen.

Die Folgerungen, die ich ziehe, sind die, daß die Baggererden und die Legakkerböden genügende Mengen Kalk besitzen.

Phosphorsäure. Im Vergleiche mit anderen Flachmoorböden ist der Gehalt an Phosphorsäure in den Vechtböden nicht hoch.

Frage 2 unter b. Die organische Substanz der Moore ist nicht imstande, unmittelbar die Stelle von Humus im Boden einzunehmen. Sie muß erst mehr oder weniger zersetzt, humifiziert werden. Bei diesem Humifikationsprozeß verschwinden die für das Auge sichtbaren Reste von Pflanzenteilen, und hierin besitzen wir ein, wenn auch nur unvollkommenes Mittel, um über den Zersetzungszustand organischer Stoffe im Boden überhaupt etwas auszusagen. Soweit man dies dem Augenschein nach beurteilen kann, scheint die organische Substanz der Baggererden und der Legakkerböden ziemlich gut zersetzt zu sein. Ich habe mich bemüht, das Zersetzungsstadium, in welchem sich die organische Substanz befindet, auf Grund folgender Ueberlegungen in Ziffern auszudrücken. Bei dem Humifikationsprozesse der organischen Stoffe im Boden finden bei Zutritt von Luftsauerstoff Oxydationsprozesse statt, welche die zusammengesetzten organischen Verbindungen in einfache Verbindungen überführen. Die Endprodukte dieser Zersetzung sind Kohlen-

säure und Wasser. Infolge dieser Oxydation findet also eine Verminderung der organischen Substanz im Boden statt. Je nachdem sich nun die organischen Stoffe zersetzen, werden auch Stickstoffverbindungen verfügbar. Sie gehen in Ammoniak- und Nitratverbindungen über und der Vorrat an Stickstoff nimmt gleichfalls ab. Die Kohlenwasserstoff-Verbindungen im Humus verschwinden bei diesem Zersetzungsprozesse jedoch in stärkerem Maße, als die Stickstoffverbindungen. Die Folge davon ist, daß der Stickstoffgehalt des Humus während der Humifikation steigt. Es will mir scheinen, als ob wir demnach in dem Prozentgehalt der organischen Stoffe an Stickstoff (Wert P) ein Mittel besitzen, um überhaupt etwas über den Zersetzungsstand der organischen Stoffe im Boden aussagen zu können.

Auch von einem anderen Gesichtspunkte aus ist die Kenntnis der Größe P von Bedeutung. In dem fast unzersetzten Torf ist der Stickstoff in einer für die Pflanzen nur schwer zugänglichen Form vorhanden, und je nach dem Grade der Zersetzung der organischen Substanz gehen die Stickstoffverbindungen in besser assimilierbare Verbindungen über. Der Prozentgehalt des Humus an Stickstoff — die Größe P — muß deshalb auch Aufschluß geben über den Grad der Assimilierbarkeit des Stickstoffes für die Pflanzen. Ein niedriger Wert für P weist auf schlechte, ein hoher Wert auf gute Assimilierbarkeit des Stickstoffes hin.

In Tabelle 3 sind die Werte für P aus allen Rubriken aufgenommen neben den P-Werten für einige von anderer Seite untersuchte Flachmoor- und Hochmoorböden. Weitere Tabellen vergleiche Abhandlung. Ferner verweise ich auf die Betrachtungen, die ich an die Zahlen der Tabelle 3 geknüpft habe.

Tabelle 3

gibt den Wert P an, d. i. der Prozentgehalt der Organ. Substanz an Gesamt-Stickstoff (N).

Nähere Bezeichnung der Bodenproben		Gehalt der Trock-Subst. an:		P.
		Organ. Subst.	Stickstoff	
Vecht-Proben	Sandböden A 1	2,7	0,13	5,1
	Humushaltige Sandböden . . . A 2	20,2	0,70	3,5
	Böden der Legakker B	41,6	1,43	3,4
	Moorige Böden A 3	48,1	1,70	3,5
	Baggererden der Legakker . . . C	63,9	1,92	3,0
	Baggererden der Plassen . . . D	74,4	2,14	2,9
	Moorböden A 4	77,5	2,17	2,8

Nähere Bezeichnung der Bodenproben				Gehalt der Trock-Subst. an:		P.
				Stickstoff	Organ-Subst.	
Koekoek-Proben	Vegetations-schichten m.Pr.	1,1	E 1	36,74	1,23	3,3
	Kohlens. Kalk.	17,8	E 2	27,09	1,32	4,9
		22,6	E 4	25,11	1,30	5,2
		40,9	E 3	8,64	0,96	11,1
	Moorige Böden		F	52,06	1,61	3,1
	Moorböden		G	83,72	2,17	2,6
	Humushaltige Sandböden		H	11,36	0,38	3,3
	Sandböden		I	2,85	0,12	4,2
Spengen u. Kockengen	Mittl. Zusammens. Oberkrume			33,0	1,36	4,1
	Spengen, Untergrund			45,8	1,63	3,6
	Kockengen, Untergrund			26,7	0,93	3,5
Emmerling Grünlands-moore. (Niederungs-moor).	Mittl. Zusammensetzung		a	70,9	2,13	3,0
	Proben unter Mittelwert		b	54,1	1,89	3,5
	Proben über Mittelwert		c	83,6	2,09	2,5
Emmerling Torfmoor. (Hochmoor).	Mittl. Zusammenstellung			91,5	1,24	1,36
	Proben unter Mittelwert			83,7	1,32	1,58
	Proben über Mittelwert			95,9	1,19	1,24
Niederungsmoor, unkultiviert (König, S. 124)				82,6	3,23	3,9
Ausgetorfte Hochmoorboden, unkultiviert (König, S. 124)				99,6	0,99	1,0

Aus den Zahlen von Tabelle 3 geht hervor, daß die organische Substanz in den Baggererden (Rubrik C und D) und den Legakkerböden (Rubrik B) — im Vergleich mit anderen Böden von demselben Typus — eine genügende Menge an Stickstoff besitzen (Größe P). Solange wir keine bessere Methode besitzen, um den Zersetzungs-zustand der organischen Substanz im Boden in Zahlen auszudrücken, meine ich, daß es wohl erlaubt sein kann, aus diesen P-Werten einige Schlußfolgerungen zu ziehen; ich komme dann an Hand der Tabelle 3 zunächst zu der Folgerung, daß die organische Substanz der Baggererden (Rubrik C und D) und auch von den Legakkerböden (Rubrik B) genügend humifiziert ist. Wenn dies bereits jetzt der Fall ist, dann kann man erwarten, daß diese organische Substanz nach der Trockenlegung, wenn der Luftsauerstoff in größerem Maße hinzutreten kann, ziemlich schnell in eine gut humifizierte Masse übergehen wird. In dieser Antwort liegt bereits enthalten, daß

die Nitrifikation der organischen Substanz der Baggererden und der Legakkerböden nach der Trockenlegung bei fernerer sachgemäßer Behandlung ziemlich schnell zu Ende kommen wird.

Die Humifikation der organischen Substanz bei den humushaltigen Sandböden aus den Bethune- und Horstermeerpoldern steht gegen diejenige der anderen humushaltigen Sandböden von demselben Typus zurück. Bezüglich der Maßregeln, die ergriffen werden müssen, um diese Humifikation zu beschleunigen, verweise ich auf den Schluß dieser Uebersicht.

Frage 2 unter c setzt Betrachtungen voraus über die Frage, unter welchen Umständen schädliche Schwefelverbindungen sich im Boden anhäufen können. Wenn organische Säuren unter Luftabschluß, also bei Abschluß von Luftsauerstoff, bei Gegenwart von Gips sich zersetzen, wird unter Mitwirkung einer reduzierenden Bakterie Schwefelwasserstoff gebildet. Infolge Einwirkung dieses Schwefelwasserstoffes auf das Eisenhydroxyd des Bodens entsteht Schwefeleisen (FeS) und Schwefel (S). Aus diesen beiden Stoffen kann sich dann weiter unter Luftabschluß eine schwarzgefärbte Verbindung bilden, welche in heißer Salzsäure nicht löslich ist. In einigen Fällen geht dieses Produkt wenigstens zum Teil in krystalline Form über (Pyrit und Markasit). Möglicherweise spielt die Anwesenheit von Diatomeen bei diesem Uebergange eine Rolle. Ob jedoch die ganze Menge des in Salzsäure nicht löslichen Schwefeleisens, das beispielsweise in einigen untersuchten Marschböden vorkommt, im krystallinen Zustande vorhanden ist, bleibt noch eine offene Frage. Dieser Uebergang des schwarzen amorphen Schwefeleisens in den krystallinen Zustand ist in verschiedenen Moorböden nicht beobachtet worden, jedenfalls nicht in den Proben, welche aus dem Vechtgebiete stammen. Der gegenwärtige Stand unserer Kenntnis auf diesem Gebiete wird vorläufig wohl am besten in der Weise wiedergegeben, daß man nicht von Pyrit, sondern nur von Schwefeleisenverbindungen spricht, die in heißer Salzsäure unlöslich sind, und daß man es dabei unentschieden läßt, ob die hier bestimmten Verbindungen von Schwefel und Eisen in einem stöchiometrischen Verhältnis auftreten, ob diese Verbindungen den krystallinen Zustand annehmen und schließlich, ob neben Schwefeleisenverbindungen auch noch Schwefel entweder im freien Zustande oder in organischer Verbindung vorhanden ist.

Für die Anhäufung von Schwefeleisenverbindungen im Boden ist die regelmäßige Zufuhr von Gips und eisenhaltigem Wasser nötig. Der Gips ist ein Bestandteil des Seewassers, und die Anwesenheit von großen Mengen von Schwefeleisenverbindungen in den

Böden und Baggererden aus den Seen östlich der Utrechter Vecht weist darauf hin, daß diese Böden eine Zeitlang regelmäßig mit Salzwasser durchtränkt werden. Sehr wahrscheinlich wurde das Seewasser durch Quellen herbeigeführt; möglicherweise ist das auch noch heute der Fall. Dergleichen Salzwasserquellen sind noch heute im Naardermeer festgestellt. Die Eisenverbindungen sind im vorliegenden Falle wahrscheinlich durch das Wasser aus dem östlich der Moore liegenden Gooilander Hügellande herbeigeführt.

Nach dem Gesagten entstehen also bei der Sulfatreduktion aus dem Gips Schwefeleisen (FeS), Schwefel (S) und ferner in Salzsäure unlösliche, schwarz gefärbte Schwefeleisenverbindungen. Bei Zutritt von Luft, wie das beispielsweise im hohen Maße nach der Trockenlegung der Seengebiete stattfindet, tritt wieder Oxydation auf. Bei dieser Oxydation bildet sich Schwefelsäure, die sich in erster Linie mit dem Eisen zu Ferrosulfat verbindet. Solange der Boden noch kohlen-säuren Kalk besitzt, setzt sich das Ferrosulfat mit dem Kalziumcarbonat unmittelbar in Gips und Eisenoxyd, zwei vollkommen unschädliche Verbindungen, um. Der kohlen-saure Kalk wird jedoch mit der Zeit aus dem Boden ausgewaschen, und wenn kein kohlen-saurer Kalk mehr vorhanden ist, kann das Ferrosulfat die oben angegebene Umsetzung nicht mehr eingehen. Es oxydiert dann teils zu Ferrisulfat, wobei es sich mit einem Teile des Eisenoxyds zu einem basischen Ferrisulfat vereinigt. Dieses basische Ferrisulfat, das man in einer Anzahl von sauren Böden als einen gelben Ausschlag beobachten kann, ist in Wasser so gut wie unlöslich. Es ist ein für die Pflanzen äußerst gefährlicher Bestandteil, da es in Wasser und besonders in kohlen-säurehaltigem Wasser regelmäßig kleine Mengen Schwefelsäure abgibt. In einem Boden, der reich ist an basischem Ferrisulfat, tritt deshalb ein Stillstand des organischen Lebens ein.

Bei Untersuchung der Vechtböden hat man festgestellt, daß einige von diesen Böden im Wasser löslichen Gips enthalten, einige in Salzsäure unlösliches basisches Ferrisulfat, während in fast allen Proben in Salzsäure unlösliche Schwefeleisenverbindungen vorkommen. Von den Ergebnissen dieser Untersuchung sind in Tabelle 1 die Mittelwerte der verschiedenen Rubriken angegeben.

Es geht aus dieser Untersuchung hervor, daß einige Proben Baggererde und einige Legakkerproben sehr kleine Mengen an basischem Ferrisulfat enthalten. Ferner sind ziemlich große Mengen in Salzsäure unlöslicher Schwefelverbindungen vorhanden. Diese sind jedoch weniger gefährlich, da sie bei Zutritt von Luftsauerstoff nur langsam oxydieren.

Es wird hier weiter die Frage besprochen, ob der Gehalt an schädlichen Schwefelverbindungen so groß ist, daß eine Gefahr für die Kultur daraus entsteht. Kohlensäuren Kalk enthalten die Utrechter Böden nicht. Bei der Bildung von Schwefelsäure aus dem basischen Ferrisulfat wird sich diese Säure meistens der Basen, die im Humus vorhanden sind, bemächtigen. Ich habe nun untersucht, ob genügende Mengen von Kalk in den verschiedenen Proben vorkommen, um die gesamte Schwefelsäure, die sich im Laufe der Jahre aus den sämtlichen vorhandenen Schwefelverbindungen bilden kann, binden zu können. Die Ergebnisse dieser Berechnungen sind mit in die Tabelle 1 aufgenommen worden. Bei allen Vechtproben (bis auf eine) übertrifft der Kalkgehalt den Gehalt an Schwefelsäure. Nun kann natürlich der Boden nicht allen anwesenden Kalk für die Neutralisation der Schwefelsäure zur Verfügung stellen, ohne sauer zu werden. Man muß dabei bedenken, daß die Böden anderseits außer

Tabelle 4.

100 gr Trockensubstanz enthält Milligramm- Aequivalente.	A 1	A 2	B	A 3	C	D	A 4
	Sand- boden	Humus- haltiger Sand	Legakker- Boden	Mooriger Boden	bagger.	bagger.	Moor- boden
Ca O + Mg O	30,7	58,2	85,2	105,3	153,6	153,4	129,8
Gesamt-SO ₃	0	9,1	33,2	30,2	63,0	53,6	30,8
mehr Kalk und Magnesia als Schwefelsäure	30,7	49,1	52,0	75,1	90,6	99,8	99,0

Kalk auch noch Magnesia, Kali und Natron besitzen. In Tabelle 4 ist berechnet, wieviel Kalk und Magnesia neben Schwefelsäure in jeder Rubrik auftreten. Die Differenzen (CaO+MgO)—SO₃ sind sehr hoch, und die Folgerung ist denn auch durchaus gerechtfertigt, daß die Baggererden und Legakkerböden genügend reich an Kalk und Magnesia sind, um die Schwefelsäure, die sich bei der Oxydation der Schwefelverbindungen bildet, zu neutralisieren, ohne daß dabei eine unmittelbare Gefahr für das Sauerwerden des Bodens besteht. Ein großer Vorteil ist hierbei, daß die Schwefeleisenverbindungen zum größten Teil in salzsäure-unlöslicher Form vorkommen und also erst allmählich oxydiert werden.

Ist genügende Baggererde und Legakkerboden vorhanden, um einen genügend tiefen Ackerboden zu bilden? Es ist oben schon betont worden, daß die Baggererden (Rubrik C und D) und die

Legakkerböden (Rubrik B) genügend reich an Pflanzennährstoffen sind bis auf Phosphorsäure und Kali, daß die organische Substanz der Baggererde in den Böden in genügendem Maße humifiziert ist und schließlich, daß die schädlichen Schwefeleisenverbindungen nicht in dem Maße vorhanden sind, daß eine unmittelbare Gefahr für das Sauerwerden des trockengelegten Bodens besteht. Es bleibt nur noch die eine Frage über, ob überall genügende Baggererde und Legakkerboden vorhanden ist, um durch Vermengung mit dem darunter liegenden Sande eine Ackerkrume von genügender Tiefe abzugeben. Ich glaube mich bei der Beantwortung dieser Frage auf die Teile des Geländes, wo sich keine „Legakker“ befinden, also auf die eigentlichen Seengebiete, beschränken zu können. Die Frage, ob in den Seengebieten genügende Baggererde vorhanden ist, um eine Ackerkrume von genügender Dicke abzugeben, ist auf diese Weise nicht präzise gestellt, da sie über die zu fordernde Zusammensetzung der Ackerkrume nichts aussagt. Ich werde daher die Frage folgendermaßen umschreiben. Ich suche durch Vermengung von Baggererde mit dem tieferliegenden Diluvialsande einen Humusboden zu bekommen, der in seiner Zusammenstellung ungefähr die Mitte hält zwischen den untersuchten humushaltigen Sandböden. Die Frage ist also, wie dick diese Ackerkrume an den verschiedenen untersuchten Stellen in den Seen wird.

Ich habe nun ausgerechnet, daß durch Vermengung von 200 cdm Baggererde (Rubrik D) mit 30 cdm Sand (Rubrik A. 1) ein Gemenge entsteht, in welchem die Trockensubstanz in der Zusammensetzung ganz gut übereinstimmt mit der Trockensubstanz der humushaltigen Sandböden in Rubrik A 2 (s. Tabelle 5). Jedoch enthält das Gemenge etwas weniger Ton und Phosphorsäure. Natürlich muß das Gemenge nach der Trockenlegung noch eintrocknen, bis es einen Feuchtigkeitsgehalt besitzt, der mit den Böden von Rubrik A 2 ungefähr übereinstimmt, also von ungefähr 45 pct. Nach dieser Berechnung gibt dann eine Baggererdeschicht von 2 dm Dicke, mit 0.3 dem Sand vermengt, eine schwarze Erde von 1 dm=10 cm Dicke. Auf Grund dieser Zahlen ist dann weiter ausgerechnet, wie dick diese Ackerkrume an den untersuchten Stellen sein wird. An acht Stellen ist die Ackerkrume weniger als 50 cm mächtig.

Mit Rücksicht auf die Weise, auf welche die Gebiete nach der Trockenlegung der Seen in Kultur gebracht werden sollen, kann man sich bei der Berechnung darauf beschränken, daß eine Baggererdeschicht von 5 dm Dicke bei der Mischung mit 0.75 dm Sand nach Eintrocknen eine schwarze Erde von 25 cm Mächtigkeit gibt. Weiter kann dann die Dicke der Torfschicht unter dieser Acker-

krume ermittelt werden. Auch in dieser Weise wird sich zeigen, daß in den meisten Fällen eine genügende Menge Baggererde vorhanden ist.

Die Antwort auf die zu Anfang dieser Uebersicht gestellten Fragen lautet also bejahend. Fast überall in den Seen östlich der Utrechter Vecht befindet sich eine genügende Menge Baggererden und Legakkerböden, so daß eine Ackerkrume von genügender Mächtigkeit hergestellt werden kann. Die Beschaffenheit dieser Baggererden und Legakkerböden ist weiter eine solche, daß bei ihrer Vermengung mit diluvialen Sande ein humushaltiger Sandboden entsteht, der den Vergleich mit anderen humushaltigen Böden von demselben Typus (Flachmoorboden) aushalten kann.

Bei der Beantwortung der Frage nach der Rentabilität der Trockenlegung der Seen östlich der Utrechter Vecht ist schließlich noch zu bedenken, daß an Pflanzennährstoffen arme Sandböden nicht wertlos sind.

In einem besonderen vierten Teile sind einige Winke gegeben, welche bei der Kultivierung der Böden nach vorhergegangener Trockenlegung der Seen beachtet werden müssen.

Regelung des Grundwasserstandes. Es ist zunächst ausführlich betont, daß es dringend nötig ist, solche Maßregeln zu ergreifen, daß man die Regelung des Grundwasserstandes vollständig in Händen hat. In dieser Hinsicht herrschen in vielen unserer Flachmoorpolder noch sehr traurige Zustände. Eine gute Abwässerung ist eine so vornehme Forderung, daß ich niemals Geld für Düngungszwecke ausgeben würde, bevor nicht vorher genügende Maßregeln für eine gute Entwässerung durch Wasserhebewerke getroffen sind. Hierbei tut man gut, im Auge zu behalten, daß ein Deich das Wasser nicht immer abhalten kann. Ich brauche wohl nicht ausführlich darzulegen, daß auch das Aufquellen von Grundwasser Schaden verursachen kann. Ich weise nur auf die Leidensgeschichte der Maarsseveen-Tienhovener Polder (Bethune-Polder) hin. Das Aufquellen von Wasser ist hier jahrelang so stark gewesen, daß Teile des Polders trotz der starken Entwässerung nicht trocken wurden, während hingegen der Wasserstand in der Umgegend niedriger wurde. Das über den Koekoek-Polder Mitgeteilte läßt erkennen, daß derartige Zustände noch heute vorkommen. Ganz besonders lenke ich schließlich die Aufmerksamkeit auf die Möglichkeit des Vorkommens von Salzwasserquellen. Da dieser Punkt als besondere Frage auf dem Programm der Staatskommission steht, gehe ich hier nicht näher darauf ein.

Wenn auch die Regelung des Grundwassers in unserem Lande mit seinem humiden Klima besonders in den niedrig gelegenen Teilen wohl größtenteils eine Frage der Entwässerung sein wird, will ich doch nicht unterlassen, auf die schlechten Folgen hinzuweisen, die eine so schnelle und zu intensive Entwässerung bei Moorböden haben kann. Die Moorsubstanz kann dann so stark eintrocknen, daß sie in eine feine pulverartige Substanz übergeht, die dann nicht mehr in der Lage ist, Wasser wieder aufzunehmen.

Düngung. Die neuen Böden in den trockengelegten Seen werden in der Hauptsache aus einem Gemenge von diluvialen Sande mit Flachmoor und etwas Ton bestehen. Sie enthalten keinen kohlensuren Kalk, abgesehen von kleinen Mengen, die stellenweise in der Form von Muschelresten vorkommen. Aus dieser Beschreibung folgt schon im allgemeinen, daß diese Böden in der Regel mit Kali und Phosphorsäure gedüngt werden müssen. Aus der Untersuchung der Baggererden und Legakkerböden geht ferner hervor, daß die neuen Böden selbst ärmer an Phosphorsäure sein werden als andere Böden von demselben Typus (s. Tabelle 5), welche sich als phosphorsäurebedürftig gezeigt haben. Dies macht eine Phosphorsäuredüngung für die neuen Böden doppelt notwendig.

Tabelle 5

Enthalten im K. G.	In 200 d. M. ³ bagger (D).	In 30 d. M. ³ Sand (A 1).	In dem Gemenge	In Prozenten enthält die Trockensubstanz	
				von dem Gemenge	von Rubrik A 2.
Trockensubstanz . . .	19,0	42,45	61,45	100	100
Organische Substanz . .	14,20	1,14	15,34	24,96	20,2
Sand (fraction IV + III) .	2,0	39,36	41,36	67,31	59,4
Ton (fraction II + I) . .	2,8	1,95	4,75	7,73	20,4
Stickstoff (N)	0,408	0,055	0,463	0,75	0,70
Phosphorsäure (P ₂ O ₅) .	0,022	0,017	0,039	0,06	0,10
Kalk (Ca O)	0,666	0,297	0,963	1,57	1,33

Hierbei ist ferner nicht aus dem Auge zu verlieren, daß die Düngung nicht allein den Ertrag erhöht, sondern zugleich auch von Einfluß auf die Zusammensetzung der Ernte ist. Besonders geht die große Bedeutung einer guten Phosphorsäuredüngung für die Qualität des Heus in unseren Flachmoorböden aus den mitgeteilten Zahlen hervor.

Die neuen Böden enthalten genügende Mengen an Stickstoff und Kalk, während die organische Substanz sich bereits in einem guten Zersetzungszustande befindet. Doch wird es angebracht sein, auch in dieser Beziehung die nötige Aufmerksamkeit walten zu lassen.

Aus folgenden Gründen meinen verschiedene Theoretiker und Praktiker, daß es erwünscht ist, die neuen Böden regelmäßig mit tierischem Dünger zu versehen. Tierischer Dünger befördert die Umsetzung der organischen Stoffe in gesunden Humus, wobei auch die in der organischen Substanz vorhandenen Stickstoffverbindungen in einen für die Pflanzen assimilierbaren Zustand übergehen. Die Humifikation der organischen Stoffe und die Nitrifikation des organischen Stickstoffes werden durch tierischen Dünger gefördert. Eine mäßige Düngung mit Chilisalpeter wirkt zuweilen günstig, besonders in den ersten Jahren nach der Trockenlegung, wenn die Stoffe noch schlecht humifiziert sind. In späteren Jahren, besonders bei geregelter Düngung mit Stallmist, kann die Düngung mit Chilisalpeter wahrscheinlich ganz unterbleiben. Die Vertreter dieser Anschauung meinen, daß die beste Art der Düngung wohl die ist, daß man ein Jahr Stalldüngung, das andere Jahr Kunstdünger (in der Hauptsache Kali und Phosphorsäure) gibt. Demgegenüber steht die Meinung anderer Forscher, daß dergleiche humushaltige Böden schon vom Anfang an bloß mit Kunstdünger gedüngt werden können.

Eine besondere Kalkdüngung ist in der Regel nicht nötig. Wenn sich jedoch das Moor weniger gut zersetzt oder wenn der Gehalt an schädlichen Schwefelverbindungen so groß ist, daß Gefahr für das Sauerwerden der Böden besteht, kann besondere Kalkdüngung angebracht sein. Man tut gut, dabei im Auge zu behalten, daß diese humushaltigen Böden kein großes Uebermaß an Kalk vertragen können, und daß dieses schädlich wirkende Uebermaß bereits vorhanden ist, lange bevor die Bodensäuren durch den Kalk neutralisiert sind. Sehr wahrscheinlich beruht die schädliche Wirkung dieses Uebermaßes an Kalk darauf, daß die bakteriologischen Vorgänge im Boden auf eine Weise beeinflußt werden, die nachteilig für den Pflanzenwuchs ist. Vorsicht bei der Kalkdüngung ist deshalb anzuraten.

Bei gutem Flachmoorboden ist die Kalkdüngung, die der Boden mit Thomasschlackenmehl empfängt, meistens bereits genügend, um für den Kalkbedarf zu sorgen. Doch selbst regelmäßige Düngung mit Thomasschlackenmehl kann auf die Dauer zuviel Kalk in den Boden hineinbringen. Tritt dieses Stadium ein, dann muß an Stelle von Thomasschlackenmehl Superphosphat gegeben werden. Man

soll die Kalkdüngung jedesmal in kleinen Mengen geben und immer im Voraus feststellen, ob das Land eine neue Kalkdüngung nötig hat.

Man soll ferner nicht aus dem Auge verlieren, daß das verfügbare Kapital an mineralischen Pflanzennährstoffen in Moorböden, mit dem niedrigen Volumengewicht (Gewicht an Trockensubstanz in Kilogramm per cdm) beträchtlich geringer ist als in Tonböden, so daß bei Moorböden bei ungenügender Düngung wohl bald von Raubbau die Rede sein kann. Es ist Tatsache, daß in einigen landwirtschaftlichen Betrieben in unseren Moor-Poldern ein solcher Raubbau bereits stattgefunden hat und noch stattfindet. Das sind unduldbare Zustände. Mehr und mehr muß die Anschauung Eingang finden, daß gegenüber dem Rechte des Eigentümers auf den Grund und Boden seine Pflicht bestehen bleibt, den ihm anvertrauten Besitz so gut wie möglich im Dienste der Gemeinschaft zu gebrauchen.

Schluß. Wenn ich die Ergebnisse meiner Untersuchungen noch einmal zusammenfasse, dann komme ich zu dem Schlusse, daß durch die Trockenlegung der Seen östlich der Utrechter Vecht eine Strecke Landes gewonnen werden wird, die bei guter Regelung des Grundwasserstandes und bei zweckmäßiger Düngung für die Ausübung sowohl des Garten-, wie auch des Acker- und Weidebaues ungemein geeignet sein wird. Dies Ergebnis wird bei dem Bedarf, welcher in unserem Lande an der Vergrößerung der kultivierten Bodenflächen besteht, unzweifelhaft von günstigem Einfluß auf die Pläne der Trockenlegung der Utrechter Seen sein. Sollte es jemals zur Trockenlegung dieser kommen, dann bedenke man, daß der Mensch nicht allein von nahrhaftem Brotkorn lebt, sondern daß auch die Schönheit der Landschaft ein glückbringender Faktor für ihn sein kann. Ich stimme ganz den Worten des Herrn W. H. DE BEAUFORT bei, welche er auf der 31sten allgemeinen Versammlung der Niederländischen Heidekulturgesellschaft gesprochen hat: „Das Erhalten der öden unberührten, zur Seele sprechenden Landschaft ist ein Ideal, dem von dem urbarmachenden Landwirt innerhalb seiner praktischen Interessen ein Platz eingeräumt werden muß.“
