Zur Phosphorsäurebestimmung nach Pemberton.

Von

G. H. G. Lagers.

(Assistent an der landwirtschaftlichen Reichsversuchsanstalt in Hoorn.)

Bei der sehr bedeutenden Zunahme der chemischen Analysen an den landwirtschaftlichen Untersuchungsanstalten versteht es sich, dass man immer nach Methoden sucht, welche richtige Resultate geben und dazu in kurzer Zeit ausgeführt werden können.

Eine der am häufigsten vorkommenden Arbeiten dieser Art ist die Bestimmung der Phosphorsäure. Nach der offiziellen, gewichtsanalytischen Methode wird dabei zuerst mit molybdänsaurem Ammoniak die Phosphorsäure niedergeschlagen, darauf dieser Niederschlag durch Dekantieren und so weiter gereinigt, dann wieder in verdünntem Ammoniak gelöst, der Überschuss an Ammoniak mit Salzsäure neutralisiert und zuletzt nach Abkühlung Magnesia-Mixtur zugefügt. Jetzt kann man zum Abfiltrieren des endgültigen Niederschlages übergehen, der dann noch sorgfältig ausgewaschen, gegläht und gewogen werden muss.

Bei sehr grosser Umständlichkeit bietet diese Methode noch verschiedene Schwierigkeiten, welche für die Richtigkeit der Resultate gefährlich sind, wie ich als allgemein bekannt voraussetzen darf. Das Vermeiden dieser Schwierigkeiten macht diese Methode noch komplizierter.

Weiter arbeitet man mit bedeutenden Quantitäten Molybdän, welche oft als verloren zu betrachten sind, weil die Verarbeitung der Rückstände wegen der damit verbundenen Mühe manchmal unterlassen wird.

Schon seit mehreren Jahren hat man versucht, den gelben Niederschlag selbst direkt für die Bestimmung zu benutzen. Unter den Methoden, welche dieses bezwecken, ist an erster Stelle zu nennen die titrimetrische Bestimmung der Phosphorsäure nach A. Grete¹⁾. Diese schnelle Methode ist im Jahre 1905 unter die offiziellen Methoden der niederländischen Versuchsstationen aufgenommen worden. Zu einer abgemessenen Menge der die Phosphorsäure enthaltenden Lösung fügt man aus einer Bürette eine Molybdänsäurelösung hinzu, welche Leim enthält. Diese Methode gibt sehr genaue Resultate.

In Betreff der anderen Methoden, welche von demselben Prinzip ausgehen, erinnere ich an eine Abhandlung von Dr. D. J. Hissink²⁾.

1) König: Die Unters. landw. und gewerbl. wicht. Stoffe.

2) Chem. Weekblad 1905, S. 115.

Er behandelt da die Methoden von A. Grete, Dr. Franz Hundeshagen¹⁾, Meineke²⁾, Dr. Woy³⁾, Dr. A. Seyda⁴⁾, Gregory Paul Baxter⁵⁾, Dr. N. v. Lorenz⁶⁾ Wien, M. Henry Pemberton⁷⁾, M. de Molinari⁸⁾, Schoorl und Kuipers⁹⁾, W. Ostwald¹⁰⁾ und P. Nyssens¹¹⁾.

Aus dieser Abhandlung von Dr. D. J. Hissink entnehme ich folgendes:

Die Methoden, bei denen der gelbe Niederschlag nach Trocknen bei bestimmter Temperatur oder nach sorgfältigem Glühen gewogen wird, haben die schwachen Seiten:

a) dass mit dem Phosphormolybdat bei hoher Temperatur freie Molybdänsäure ausfällt; arbeitet man aber bei niedriger Temperatur, so kommt man viel weniger schnell zum Ziele;

b) dass dem gelben Niederschlage Ammoniummolybdat beigemischt sein kann, das beim Erhitzen grösstenteils als Molybdäntrioxyd hinterbleibt, und

c) dass das Ammoniak des Ammoniummolybdates oder des gelben Niederschlages beim Erhitzen entweichen kann.

Aus diesen Gründen will ich die Aufmerksamkeit auf Dr. Hissink's Bemerkungen zu Pemberton's Methode lenken, eine Methode, welche die niederländischen Versuchstationen in etwas abgeänderter Form vor einiger Zeit als intern — also nur zur Kontrolle der Bestimmung nach der offiziellen Methode — zu benutzende Phosphorsäure-Bestimmung eingeführt haben, und die wahrscheinlich in kurzem als offizielle angenommen werden wird. Wie bekannt, wird die Methode wie folgt ausgeführt: 5 g Substanz, zum Beispiel Thomasphosphat, kocht man mit 150 cc Wasser, 40 cc Salpetersäure (spezifisches Gewicht 1,20) und 10 cc Salzsäure (25-prozentig) 30 Minuten in einem 500 cc-Kolben. Nach Abkühlung bringt man das Volum auf 500 cc und filtriert. 10 cc dieser Lösung, entsprechend 0,1 g Substanz, pipettiert man in ein Jenaer Becherglas (zweckmässig sind Gläser von 150 cc

1) Diese Zeitschrift 28, 141 (1889).

2) Repert. d. anal. Chem. 5, 153 (1895); Chem. Ztg. 1896, S. 100.

3) Chemiker Zeitung 1897, S. 441 u. 469.

4) Chemiker Zeitung 1901, S. 759.

5) Amer. Chem. Journ. 28, 290.

6) Landw. Vers.-Stat. 55, 183.

7) Journ. de Pharm. et de Chim. 1895, S. 262.

8) Bull. de l'association belge des chimistes 1895—1896, S. 213 u. 280; Méth. de convention, herausgegeben vom belg. Minist. f. Landw., No. 7, S. 27 Januar 1903).

9) Pharm. Weekblad.

10) Grundlinien der anorg. Chem. S. 371 u. 372.

11) Bull. de l'association des chim. belges 1900, S. 132.

Inhalt), neutralisiert mit Ammoniak, fügt dann 10 cc Salpetersäure von etwa 38 % (man mischt ein Liter Salpetersäure vom spezifischen Gewicht 1,4 mit einem Liter Wasser), 15 cc einer bei 15° C. gesättigten Ammoniumnitrat-Lösung und 35 cc Wasser hinzu. Jetzt erhitzt man bis zum Kochen, nimmt das Becherglas vom Kupferdrahtnetze, fügt nach 1 bis 3 Minuten unter tüchtigem Rühren 10 cc einer Lösung von molybdänsaurem Ammoniak (90 g werden gelöst in fast einem Liter Wasser und einige Tropfen Ammoniak zugefügt, das Volum wird auf ein Liter gebracht und nach 12 Stunden filtriert) hinzu, und, wenn der Niederschlag sich auf dem Boden gesammelt hat, noch 5 cc derselben Lösung. Nach etwa 10 Minuten fängt man zu filtrieren an, nach Dekantation bringt man den ganzen Niederschlag auf das Filter und spritzt so lange kaltes Wasser auf den Rand desselben, bis die saure Reaktion verschwunden ist. Um dies zu erkennen, hebt man (Schoorl und Kuipers) das Filter ein wenig empor und legt ein Lackmuspapierchen gegen die äussere Seite. Jetzt wird das Filter mit dem Niederschlage in das Becherglas gebracht, etwa 25 cc Wasser zugefügt und in 0,3265-normaler Natronlauge gelöst. Der Überschuss an Lauge wird dann durch Schwefelsäure derselben Stärke bestimmt. 10 Tropfen Phenolphthaleïn (1 g in 100 cc 60-prozentigem Alkohol) dienen als Indikator: die rote Farbe soll bei dem letzten Tropfen Säure wirklich ganz verschwunden sein. Jeder Kubikzentimeter der verbrauchten Lauge (gemessen durch die gleichwertige Säure) entspricht 1 % Phosphorsäure in der untersuchten Substanz.

Falls der gelbe Niederschlag nur 12 Moleküle Molybdäntrioxyd enthielte, würde die Lauge und Säure $\frac{23}{71} = 0,3239$ normal sein müssen, und doch titriert man mit Lauge und Säure von 0,3265 normal, um richtige Resultate zu bekommen. Um die Ursache dieser Eigentümlichkeit kennen zu lernen, haben Dr. D. J. Hissink und H. van der Waerden¹⁾ die Zusammensetzung des gelben Niederschlages auf seinen Gehalt an Molybdäntrioxyd untersucht. Pro Molekül fanden sie 12,23 Moleküle MoO_3 . Dieser höhere Gehalt erklärt sich durch die für den Niederschlag der Phosphorsäure notwendige Menge Salpetersäure, denn die dissoziierende Wirkung von mehr Salpetersäure wird durch Molybdäntrioxyd aufgehoben. Dem genannten Resultate zufolge soll die Lauge und Säure 0,3304 normal sein, und doch fanden auch sie, dass, wenn Thomasphosphatmehl nach der Methode Pemberton

1) Chemisch Weekblad 1905, S. 179.

Ich habe sehr viele Thomasphosphate nach dieser veränderten Methode untersucht. Die Resultate stimmten ziemlich gut mit den Resultaten der Methode Pemberton und der gewöhnlichen gewichtsanalytischen Methode überein; jedoch waren sie zu niedrig selbst bis um $0,5\%$, so dass ich dachte, dass die $25\text{ mg H}_2\text{SO}_4$ nicht ausreichten, um wirklich den gelben Niederschlag mit $12,65$ Molekülen MoO_3 zu bekommen. Darum erhöhte ich den Gehalt an Schwefelsäure und so fand ich empirisch, dass die Resultate genau mit denjenigen der anderen Methoden stimmten, als ich den Gehalt an Schwefelsäure um etwa 33 mg erhöhte, also pro Bestimmung etwa 58 mg benutzte. Man darf noch mehr Schwefelsäure anwenden, selbst sehr viel, wie die Untersuchungen von Dr. D. J. Hissink und H. van der Waerden lehren, aber einen Überschuss an Säure soll man vermeiden, denn er muss ja mit Wasser wieder entfernt werden.

Weil es bei vielfältiger Anwendung der Methode einfacher ist, eine Mischung der nötigen Flüssigkeiten zu haben, halte ich in einer Flasche 595 cc Salpetersäure (spezifisches Gewicht $1,4$), 1785 cc einer gesättigten Ammoniumnitrat-Lösung, 7 g starke Schwefelsäure und 4757 cc Wasser in Vorrat. Für eine Phosphorsäure-Bestimmung benutze ich 60 cc , also 5 cc Salpetersäure = 10 cc der halben Stärke, 15 cc Ammoniumnitrat-Lösung, 59 mg Schwefelsäure und 40 cc Wasser.

Diese Mischung wende ich bei allen Phosphorsäure-Bestimmungen an, also

a) in Düngern mit wasserlöslicher Phosphorsäure, wie Superphosphaten, aufgeschlossenem Peruguano und derartigen Mischungen, Doppelsuperphosphaten,

b) in Dungstoffen mit mineralsäurelöslicher Phosphorsäure, wie Thomasphosphaten, rohem Guano, Knochenmehl und

c) in anderen, viele organische Stoffe enthaltenden Substanzen, welche mit starker Schwefelsäure zerstört werden.

Bei Doppelsuperphosphaten (auch 20 g pro 1 Liter) füge ich zu 50 cc des Filtrates das gleiche Volum Wasser; 5 cc entsprechen jetzt $0,05\text{ g}$ Substanz.

Wenn man einen Dünger mit bedeutenden Mengen organischer Substanzen zersetzt (auf 5 g Substanz 30 oder 40 cc Säure) und das Volum auf 500 cc gebracht hat, kann man, wenn man einen niedrigen Phosphorsäuregehalt erwartet, nicht nur 5 oder 10 , sondern 15 und selbst 20 cc für die Bestimmung benutzen. Ich glaube recht gern, dass diese Quantität Säure keinen störenden Einfluss ausübt, aber doch füge ich Ammoniak bis zu neutraler Reaktion hinzu, bevor ich die 60 cc der Mischung zu-

fließen lasse. Es ist vielleicht nicht notwendig, aber man muss sonst alle Säure mit Wasser entfernen.

Die Anwendung der Methode Pemberton in dieser etwas abgeänderten Form bei der Bestimmung der zitronensäurelöslichen Phosphorsäure hat auch gute Resultate gegeben.

Nun möchte ich noch einige Bemerkungen hinzufügen, die, wie ich glaube, für die Praxis von Bedeutung sind. Wenn man das Becherglas auf das Drahtnetz stellt, stösst die Mischung oft, ehe der Siedepunkt erreicht ist (ich erhitze immer auf mässiger Flamme). Dies geschieht nicht, wenn man einen Glasstab mit einem kurzen Stückchen Gummischlauch über dem Ende in das Becherglas stellt. So kann man auch die Lösung des molybdänsauren Ammoniaks mit der Phosphat-Lösung gut mischen und mit den 60 cc Mischung, was wirklich notwendig ist, um nicht zu niedrige Resultate zu bekommen. Der Glasstab hat auch später seinen Nutzen beim Lösen des Niederschlages, denn dieser haftet oft stark am Filter und nach sorgfältigem Drücken mit dem Glasstab gegen den Boden und gegen die innere Seite des Becherglases verschwindet er leichter. Da die Elastizität des Gummischlauches nach mannigfaltiger Benutzung meistens verschwindet und er dann nicht mehr an dem Glasstab fest haftet (Glas auf Glas reiben ist gefährlich!), lasse ich dieses Ende in der Flamme anschwellen; jetzt bleibt der Gummischlauch besser an dem Ende haften.

Um besser sehen zu können, ob die rote oder rosa Farbe beim Zufügen der Schwefelsäure wirklich verschwunden ist, empfehle ich das Hineingiessen von zirka 50 cc Wasser.

Mit anderen Indikatoren, zum Beispiel Patentblau, salizylsaurem Natron und Luteol bekam ich unrichtige Resultate.

Ich habe bei vielen Untersuchungen statt 10 und 5 sofort 15 cc molybdänsaure Ammoniak-Lösung zugesetzt. Bei den Bestimmungen der wasserlöslichen Phosphorsäure zeigten sich keine nennenswerten Unterschiede; bei den Bestimmungen der Gesamtphosphorsäure in Thomasphosphaten fand ich in dieser Weise oft bedeutend zu viel. Das Hineingiessen von 5 cc verdünnter Schwefelsäure hatte oft keinen Erfolg.

Der Ausdruck: »keine nennenswerten Unterschiede« bedeutet, dass die Differenz der Resultate höchstens = 0,1 oder 0,2 Prozent ist. Weil man nur 5 oder 10 cc benutzt und alsdann beim Titrieren 0,1 cc auch 0,1 Prozent Phosphorsäure entspricht, versteht es sich, dass sich beim Analysieren von zum Beispiel 6 Portionen derselben Lösung, mit einem

Gehalt von zum Beispiel 16 ‰ Phosphorsäure, zu gleicher Zeit Fehler beim Pipettieren einschleichen können, deren Folge ist, dass man den Gehalt 0,1 oder selbst 0,2 Prozent zu hoch oder zu niedrig findet. Dies ist allerdings eine schwache Seite der Methode, welche jedoch durch ruhiges und genaues Pipettieren grösstenteils zu umgehen ist. Unbequem ist das langwierige Auswaschen des gelben Niederschlages, bevor die saure Reaktion verschwunden ist, besonders bei der Untersuchung von Thomasphosphaten. Hier spielt vielleicht die Kieselsäure eine Rolle. Arbeitet man mit einer Anzahl Bestimmungen von zum Beispiel 6 bis 12 zu gleicher Zeit, so hat diese Unannehmlichkeit weniger zu bedeuten.

Die folgenden Tabellen enthalten den prozentischen Gehalt an Phosphorsäure hier untersuchter Düngerarten.

Zum Schluss danke ich Herrn Dr. K. H. M. van der Zande, dem Direktor der Landwirtschaftlichen Reichsversuchsstation in Hoorn, der mir gestattet, diese offiziellen Analysen-Zahlen zu publizieren.

Thomasphosphate.

B. No.	Gewichtsanalytische Methode ‰	Methode Pemberton ‰	Methode Pemberton Schwefelsäure ($\pm 58\text{ mg}$) ‰
1282	15,9	16,1	15,9
1283	15,7	15,8	15,8
1286	16,3	16,6	16,4
1289	17,0	17,2	17,0
1293	16,5	16,6	16,45
1294	15,5	15,8	15,55
1297	16,4	16,3	16,2
1298	16,4	16,4	16,3
1300	15,8	15,95	15,85
1304	17,3	17,15	17,35
1306	15,6	15,75	15,55
1308	16,1	16,3	16,1
1309	16,1	16,35	16,1
1310	16,7	17,05	16,8
1314	15,9	16,0	15,85
1315	17,2	17,1	17,05
1317	17,1	16,8	16,85
1325	17,0	16,85	16,9
1328	16,5	16,4	16,45
1329	15,7	15,65	15,65

Thomasphosphate.

B. No.	Gewichts- analytische Methode o/o	Methode Pemberton o/o	B. No.	Gewichts- analytische Methode o/o	Methode Pemberton o/o
758	17,4	17,5	941	15,9	16,0
768	15,8	16,0	945	14,5	14,6
769	17,6	17,7	951	16,6	16,6
770	17,2	17,35	952	15,04	15,25
771	17,0	17,2	958	16,45 16,77	16,9 17,2
775	15,9	16,0	960	16,7	16,7
779	16,6	16,8	963	15,4	15,45
781	16,8 16,45	16,8	979	16,1	16,25
782	15,0 15,1	15,3	980	17,7	18,0
783	16,3	16,3	982	16,4	16,5
784	16,5	16,4	983	15,9	16,15
785	16,8	16,7	987	16,0	16,2
786	16,6	16,55	989	16,5	16,6
787	17,1	16,95	994	15,3	15,25
789	16,4	16,4	1000	16,3	16,5
790	16,45	16,35	1002	16,6	16,6
796	15,8	15,95	1008	16,1	15,75
797	15,6	15,75	1011	17,1	17,0
799	15,9	15,95	1013	16,5	16,8
800	16,3	16,3	1019	15,6	15,95
801	16,9	17,0	1020	16,8	16,95
813	16,6	16,8	1026	16,5	16,45
817	15,4 15,7	15,8 15,7	1028	14,85	15,05
825	15,5	15,55	1029	15,1	15,25
840	16,4	16,55	1075	15,1	15,05
902	15,6	15,65	1080	17,3	17,2
904	17,15	17,15	1086	16,4	16,75
905	16,45	16,55	1089	16,2 16,5	16,8
911	16,7	17,0	1091	15,8	16,0
912	15,5	15,6	1100	16,3	16,6
914	16,9	16,9	1116	14,6	14,75
921	17,2	17,35	1118	16,3	16,5
922	16,8	16,75	1120	16,0	16,2
924	16,9	16,8	1121	16,8	16,7
927	16,0	16,0	1126	15,8	15,95
930	16,6 16,4 16,3	16,55	1128	16,1	16,1
937	15,8	15,6	1133	16,3	16,55
939	16,3	16,65	1137	16,2	16,2
940	15,8	15,55	1138	16,7	16,65

Thomasphosphate.

B. No.	Gewichts- analytische Methode o/o	Methode Pemberton o/o	B. No.	Gewichts- analytische Methode o/o	Methode Pemberton o/o
1141	15,9	15,9	1215	16,1	16,1
1142	15,7	16,05	1216	17,7	17,75
1145	16,6	16,35	1218	15,5	15,85
1154	17,4	17,4	1220	15,55	15,65
1156	16,5	16,3	1221	16,7	16,9
1160	16,9	17,05	1223	15,4	15,6
1162	17,1	17,05	1224	16,1	16,3
1167	17,6	17,65	1230	16,5	16,7
1170	16,9	16,8	1233	16,7	17,0
1173	16,2	16,5	1235	15,3	15,25
1176	16,8 16,4	16,25	1236	15,7	15,75
1179	17,3	17,0	1237	17,3	17,05
1180	17,0	16,9	1239	14,6	14,75
1189	15,55	15,7	1241	16,3	16,25
1191	15,7	15,6	1247	15,7	15,85
1195	14,85 15,0	15,3	1248	16,8	16,7
1196	15,7	15,85	1250	16,3	16,4
1197	15,7	15,8	1253	17,0	17,2
1198	16,2	16,6	1256	16,5	16,65
1200	16,8	17,05	1257	16,6	16,7
1204	15,9	16,05	1272	17,9	18,1
1211	16,4	16,45	1273	15,9	16,0
1212	14,8 14,8	15,5	1276	14,5	14,7

B. No.	Gewichts- analytische Methode o/o	Methode Pemberton Schwefelsäure (± 58 mg) o/o	B. No.	Gewichts- analytische Methode o/o	Methode Pemberton Schwefelsäure (± 58 mg) o/o
1342	17,3	17,15	49	15,55	15,65
1343	16,6	16,5	55	16,5	16,6
1344	16,45	16,4	65	15,8	16,1
1350	16,9	16,6	68	17,7	17,5
1357	17,5	17,5	76	14,6	14,5
1359	16,4	16,5	88	17,7	17,55
1362	16,3	16,5	89	16,7	16,5
1365	16,4	16,3	123	15,2	15,3
1367	16,7	16,8	125	16,1	16,3
2	16,5	16,7	139	15,7	15,4
8	16,6	16,8	150	16,0	15,75
13	14,2	14,2	183	16,1	15,65
19	16,5	16,6	283	15,4	15,15
23	16,2	16,4	356	16,4	16,6
26	16,2	16,3	369	15,4	15,45
30	15,9	16,1	518	16,3	16,35

Thomasphosphate.

B. No.	Gewichts- analytische Methode %	Methode Pemberton Schwefelsäure ($\pm 58 \text{ mg}$) %	B. No.	Gewichts- analytische Methode %	Methode Pemberton Schwefelsäure ($\pm 58 \text{ mg}$) %
645	16,4	16,7	894	18,9	18,8
712	17,3	17,45	897	14,5	14,8
746	16,7	16,9	898	16,3	16,6
750	16,5	16,8	900	16,45	16,4
751	17,4	17,55	915	16,5	16,3
754	15,6	16,0	916	17,0	17,0
760	16,8	16,5	924	15,2 15,6 15,4	15,65
761	19,3	19,0	925	16,6	16,8
763	16,5	16,5	927	16,4	16,65
764	16,77 16,64	16,6 16,7	928	17,2	17,4
814	17,6 17,6	17,85 17,85	930	16,1	15,75
815	15,6	15,9	931	15,8	15,75
817	17,0	16,8	932	17,0	17,05
819	16,45	16,5	933	17,1	16,95
820	17,5	17,4	941	16,45	16,45
821	18,8	18,8	950	16,3	16,2
823	16,4	16,55	952	15,4	15,6
824	19,0	19,0	954	16,3	16,15
826	17,4	17,7	956	16,0	15,95
827	16,2	16,5	962	16,5	16,4
828	16,3	16,5	969	15,55	15,55
829	16,1	16,4	973	16,1	16,1
842	16,5	16,6	976	17,7	17,6
844	18,9	19,1	977	14,3	14,55
846	15,6	15,75	982	15,6	15,9
847	16,7	16,8	983	14,1 14,3	14,4
852	16,7	16,45	1005	18,9	18,9
858	16,2	16,3	1013	15,6	15,8
859	16,4	16,15	1014	16,3 16,3 16,0 16,2	16,6
860	16,9	16,6	1017	16,1	16,35
866	16,5	16,7	1026	16,45	16,5
867	14,8 14,5	14,85 14,5	1027	16,3	16,5
868	18,9	19,2	1028	15,6	15,8
876	16,2	16,0	1032	14,85 15,1	14,95 15,0
879	19,2 19,1	18,8	1034	16,2	16,55
884	16,0	15,9	1035	18,2	18,15
886	15,2	15,2	1037	16,6	16,55
889	15,6	15,75	1038	16,1	16,25
892	18,1	17,9	1046	16,3	16,4

Thomasphosphate.

B. No.	Gewichts- analytische Methode 0/0	Methode Pemberton Schwefelsäure ($\pm 58 \text{ mg}$) 0/0	B. No.	Gewichts- analytische Methode 0/0	Methode Pemberton Schwefelsäure ($\pm 58 \text{ mg}$) 0/0
1047	15,2	15,5	1072	16,6	16,45
1050	16,1	16,25	1078	16,1	15,85
1054	16,4	16,15	1082	16,3	16,05
1060	16,9	16,75	1083	17,7	17,5
1062	16,5	16,4	1085	16,8	16,65
1064	15,7	15,75	1089	16,8	16,5
1065	15,5	15,5	1090	15,7	15,55

Superphosphate, Doppelsuperphosphate und andere, wasserlösliche
Phosphorsäure enthaltende Düngemittel.

B. No.	Methode Grete 0/0	Methode Pemberton Schwefelsäure ($\pm 58 \text{ mg}$) 0/0	B. No.	Methode Grete 0/0	Methode Pemberton Schwefelsäure ($\pm 58 \text{ mg}$) 0/0
535	13,8	13,6	571	9,2	9,2
541	9,0	9,1	575	5,7	5,7
543	14,0	13,8	585	14,0	14,2
545	10,2	9,9	586	13,5	13,6
547	9,3	9,4	624	42,1	42,2 ¹⁾
548	12,8	12,8	629	42,1	42,2 ¹⁾
555	10,7	10,6	730	41,1 41,2	41,6 ¹⁾
564	14,2	14,1	804	40,0	40,1
568	9,4	9,6	850	40,8	41,2 ¹⁾ 41,0 ¹⁾
569	13,8	13,8	877	40,4	40,6 ¹⁾
570	10,8	10,9	945	39,0 39,0	39,3 ¹⁾

Dünger, bei denen die organische Substanz mit Schwefelsäure
zerstört wurde.

B. No.	Gewichts- analytische Methode 0/0	Methode Pemberton Schwefelsäure ($\pm 58 \text{ mg}$) 0/0	B. No.	Gewichts- analytische Methode 0/0	Methode Pemberton Schwefelsäure ($\pm 58 \text{ mg}$) 0/0
1352	2,4	2,4	830	33,5	33,3
1295	31,7 32,3	32,2	831	33,8	33,65
604	2,34	2,5	832	33,7	33,85
728	20,0	19,7	833	33,7	34,0
822	19,4	19,65	1056	28,4	28,2 ¹⁾ 28,1

¹⁾ Ich untersuchte 0,05 g Substanz.